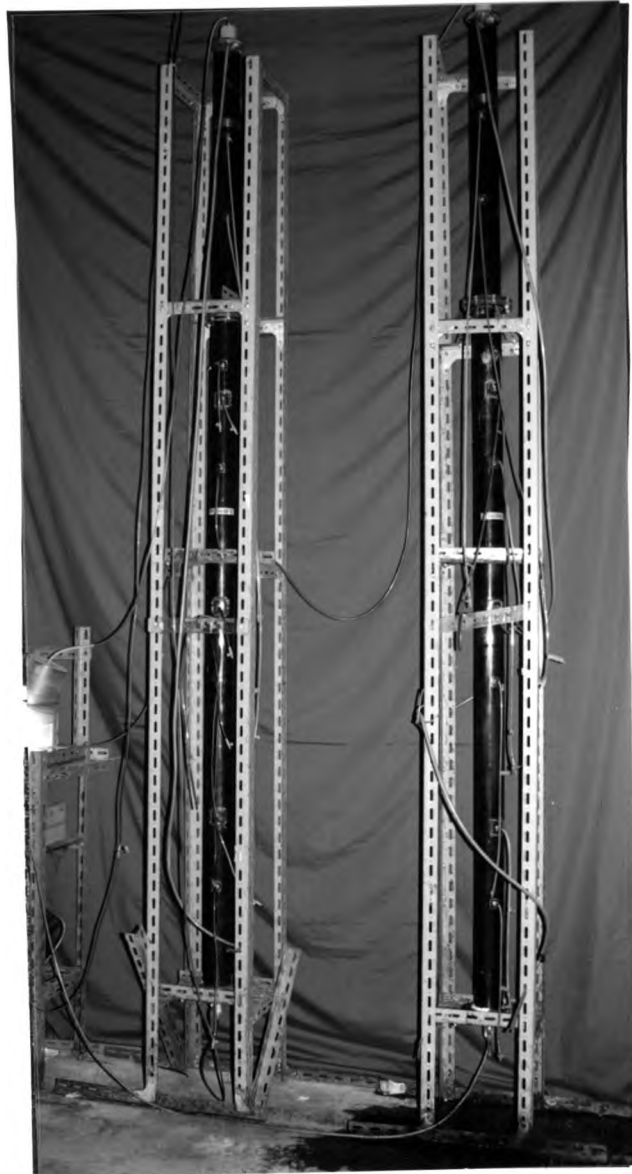


## ผลการทดลองและการวิจารณ์

## 4.1 ผลการทดลองของระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศต่ออัตราการเจริญเติบโต

การศึกษาระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศต่ออัตราการเจริญเติบโต โดยใช้ถังปฏิกรณ์สำหรับระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศ จำนวน 2 ชุด ปริมาตรถึงเท่ากับ 11.25 ลิตร การติดตั้งอุปกรณ์การทดลองแสดงดังรูปที่ 4.1 การดำเนินการทดลองทั้งชุดที่ 1 และ 2 มีระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียและอัตราการไหลเท่ากันที่ 36 ชั่วโมง และ 7.5 ลิตร/วัน ตามลำดับ โดยแปรเปลี่ยนค่าซีโอดีจากความเข้มข้นต่ำไปจนถึงค่าซีโอดีที่ต้องการสำหรับการทดลอง ดังสรุปชุดการทดลองที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 โดยเชื้อตะกอนจุลินทรีย์ในที่ใช้ในการเริ่มต้นระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศนี้ นำมาจากระบบยูเอเอสบี

ก่อนการเดินระบบด้วยน้ำเสียจากสา จะเริ่มเดินระบบด้วยน้ำเสียสังเคราะห์จากน้ำตาลทรายขาว ที่ความเข้มข้นของค่าซีโอดี 5,500 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการเริ่มต้นระบบสูงมาก เนื่องจากเชื้อตะกอนจุลินทรีย์ที่นำมาจากระบบยูเอเอสบี ใช้สำหรับการบำบัดน้ำเสียที่ค่าความเข้มข้นซีโอดีประมาณ 800 มิลลิกรัมต่อลิตรเท่านั้น ดังนั้นจึงต้องค่อยๆ เพิ่มค่าความเข้มข้นซีโอดี ซึ่งการเพิ่มค่าความเข้มข้นซีโอดีแต่ละครั้ง จะพิจารณาจากปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจากก๊าซมิเตอร์ หากพบว่า ภายหลังจากเพิ่มค่าความเข้มข้นซีโอดีแล้วระบบยังสามารถผลิตก๊าซในปริมาณที่เพิ่มขึ้น จึงสามารถเพิ่มค่าความเข้มข้นซีโอดีได้ แต่หากระบบหยุดผลิตก๊าซ หรือผลิตก๊าซได้ในปริมาณที่ลดลง จะหยุดการเพิ่มความเข้มข้นซีโอดีทันที เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของซีโอดีจนถึงที่วางแผนการทดลองไว้คือ 3,500 มิลลิกรัมต่อลิตร จะเริ่มเก็บผลการทดลองจนระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ ให้เพียงพอสำหรับวิเคราะห์การทำงานของระบบได้ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 3 เดือน หลังจากนั้นจึงเริ่มทำการทดลองชุดที่ 2 โดยทำการเพิ่มระดับความเข้มข้นซีโอดีขึ้นเรื่อยๆ จนถึง 4,500 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจากการทดลองชุดที่ 2 พบว่าการใช้น้ำเสียจากสาเป็นแหล่งอาหารแหล่งเดียวสำหรับการทดลอง ก่อให้เกิดปัญหาในการเพิ่มความเข้มข้นของซีโอดี เนื่องจากน้ำเสียจากสาจะมีซีโอดีสูงแต่มีบีโอดีต่ำ ทำให้มีปริมาณอาหารสำหรับจุลินทรีย์น้อยนั่นเอง ดังนั้นจึงต้องค่อยๆ เพิ่มความเข้มข้นของซีโอดี เพื่อให้ระบบสามารถปรับตัวได้ เพื่อป้องกันการเสียสมดุลย์ของระบบ นอกจากนี้ในการทดลองชุดที่ 2 ได้เกิดปัญหาการหลุดออกของตะกอนแบคทีเรีย (seed) ในถังปฏิกรณ์ ทำให้ต้องใช้ระยะเวลาในการทดลองยาวนานกว่าการทดลองชุดที่ 1 โดยใช้เวลาในการเริ่มต้นเดินระบบประมาณ 7 เดือนและทำการเก็บผลการทดลองประมาณ 1 เดือน



รูปที่ 4.1 แสดงอุปกรณ์ของระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศ

ตารางที่ 4.1 สรุปชุดการทดลอง

ตั้งปฏิกรณ์ ที่	การ ทดลองที่	เวลากักเก็บน้ำ (ชม.)	ซีโอดีในน้ำเสีย (มก./ล.)	อัตราการบำบัดทุกสารอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	อัตราสูบน้ำ (ลิตรต่อวัน)
1 ตัวกลาง รูปวงแหวน	1	36	3,500	2.33	7.5
	2	36	4,500	3	7.5
2 ตัวกลาง รูปทรงกลม	1	36	3,500	2.33	7.5
	2	36	4,500	3	7.5

ผลการทดลองที่อัตราการอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ของทั้งคอลัมน์ที่ 1 (ตัวกลางรูปวงแหวน) และคอลัมน์ที่ 2 (ตัวกลางรูปทรงกลม) แสดงไว้ในตารางที่ ค.1 และ ค.2 ตามลำดับ ในภาคผนวก ค. โดยผลการทดลองที่นำมาแสดงเป็นค่าเฉลี่ยของผลการทดลองระบบทำงานอยู่ในช่วงสภาวะคงที่ (steady state) ผลการทดลองของตัวแปรต่าง ๆ จะแสดงถึงความแตกต่างและพฤติกรรมการทำงานของสำหรับระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศ ดังต่อไปนี้

ค่าพีเอชน้ำทิ้งของสำหรับระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศที่อัตราการอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 8.02 และ 7.64 สำหรับคอลัมน์ที่ 1 และมีค่าเท่ากับ 7.78 และ 7.34 สำหรับคอลัมน์ที่ 2 ตามลำดับ จะพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการอินทรีย์ ค่าพีเอชของน้ำทิ้งของระบบมีค่าลดลงเล็กน้อย

ค่าไออาร์พีน้ำทิ้งของระบบที่อัตราการอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ -365 และ -374 มิลลิโวลท์ สำหรับคอลัมน์ที่ 1 และมีค่าเท่ากับ -374 และ -374 สำหรับคอลัมน์ที่ 2 ตามลำดับ จะพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการอินทรีย์ ค่าไออาร์พีของน้ำทิ้งของระบบไม่ได้มีค่าเปลี่ยนแปลงเท่าใดนัก

ค่าอุณหภูมิน้ำทิ้งของระบบที่อัตราการอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 27.8 และ 27.2 องศาเซลเซียส สำหรับคอลัมน์ที่ 1 และมีค่าเท่ากับ 28.6 และ 26.8 องศาเซลเซียส สำหรับคอลัมน์ที่ 2 ตามลำดับ โดยพบว่าอุณหภูมิน้ำทิ้งของระบบ มีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้องขณะที่ทำการทดลอง และมีค่ามากกว่าน้ำเสียเข้าระบบเล็กน้อย

ค่าตะกอนแขวนลอยน้ำทิ้งของระบบที่อัตราการอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 198 และ 110 มก./ล. สำหรับคอลัมน์ที่ 1 และมีค่าเท่ากับ 137 และ 63 มก./ล. สำหรับคอลัมน์ที่ 2 ตามลำดับ จะพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการอินทรีย์ ค่าตะกอนแขวนลอยของน้ำทิ้งจะมีค่าลดลง เนื่องมาจากระบบ

มีการเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์บริเวณบนตัวกลางมากขึ้น ทำให้มีประสิทธิภาพในการเก็บกักเซลล์ได้ดีขึ้น และค่าตะกอนโวลูมิทริกที่อัตราการเจริญ 2.33 และ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 178 และ 122 มก./ล. เซลล์เชื้อยีส สำหรับคอลัมน์ที่ 1 และมีค่าเท่ากับ 98 และ 49 มก./ล. สำหรับคอลัมน์ที่ 2 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าคอลัมน์ที่ 2 มีประสิทธิภาพในการกักเก็บเซลล์ได้ดีกว่าคอลัมน์ที่ 1 เนื่องจากความแตกต่างระหว่างลักษณะของตัวกลางที่ใส่อยู่ภายในคอลัมน์

ค่าสภาพความเป็นด่างในน้ำทิ้งของระบบที่อัตราการเจริญ 2.33 และ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 2293 และ 1831 มก./ล. ในเทอมแคลเซียมคาร์บอเนต สำหรับคอลัมน์ที่ 1 และมีค่าเท่ากับ 2019 และ 1989 มก./ล. ในเทอมแคลเซียมคาร์บอเนต สำหรับคอลัมน์ที่ 2 ตามลำดับ จะพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการเจริญ ค่าสภาพความเป็นด่างในน้ำทิ้งของถังกรองไร้อากาศมีแนวโน้มลดต่ำลงเล็กน้อย

ค่าปริมาณกรดไขมันระเหยในน้ำทิ้งของระบบที่อัตราการเจริญ 2.33 และ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 133 และ 113 มก./ล. ในเทอมกรดอะซิติก สำหรับคอลัมน์ที่ 1 และมีค่าเท่ากับ 120 และ 111 มก./ล. ในเทอมกรดอะซิติก สำหรับคอลัมน์ที่ 2 ตามลำดับ จะพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการเจริญ ค่าปริมาณกรดไขมันระเหยในน้ำทิ้งจะมีแนวโน้มต่ำลง แต่ไม่มากนัก

อัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างทั้งหมดในน้ำทิ้งของระบบที่อัตราการเจริญ 2.33 และ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 0.07 และ 0.04 สำหรับคอลัมน์ที่ 1 และมีค่าเท่ากับ 0.07 และ 0.04 สำหรับคอลัมน์ที่ 2 ตามลำดับ พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการเจริญ ค่าอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างทั้งหมดในน้ำทิ้งมีค่าลดลง

ค่าซีโอดีน้ำทิ้งของระบบ ที่อัตราการเจริญ 2.33 และ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 1430 และ 1600 มก./ล. สำหรับคอลัมน์ที่ 1 และมีค่าเท่ากับ 1560 และ 1594 มก./ล. สำหรับคอลัมน์ที่ 2 ตามลำดับ พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการเจริญ ค่าซีโอดีในน้ำทิ้งจากระบบมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบที่อัตราการเจริญ 2.33 และ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 58% และ 65% สำหรับคอลัมน์ที่ 1 และมีค่าเท่ากับ 55% และ 65% สำหรับคอลัมน์ที่ 2 ตามลำดับ จะพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการเจริญประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบมีค่าลดลง

ปริมาณก๊าซทั้งหมดที่ผลิตได้ของระบบที่อัตราการเจริญ 2.33 และ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 4.6 และ 6.9 ลิตร/วัน สำหรับคอลัมน์ที่ 1 และมีค่าเท่ากับ 5.2 และ 8 ลิตรต่อวัน สำหรับคอลัมน์ที่ 2 ตามลำดับ พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการเจริญปริมาณก๊าซทั้งหมดที่ผลิตได้มีค่าเพิ่มขึ้น

เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพของระบบที่อัตราการเจริญ 2.33 และ 3 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน มีค่าเท่ากับ 57.43% และ 66.76% สำหรับคอลัมน์ที่ 1 และมีค่าเท่ากับ 56.7% และ 77.77% สำหรับคอลัมน์ที่ 2 ตามลำดับ พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการเจริญ เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนจะมีค่าเพิ่มขึ้น

## 4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆของระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองใโรอากาศ

### 4.2.1 ค่าพีเอช อุณหภูมิ และค่าไออาร์พี

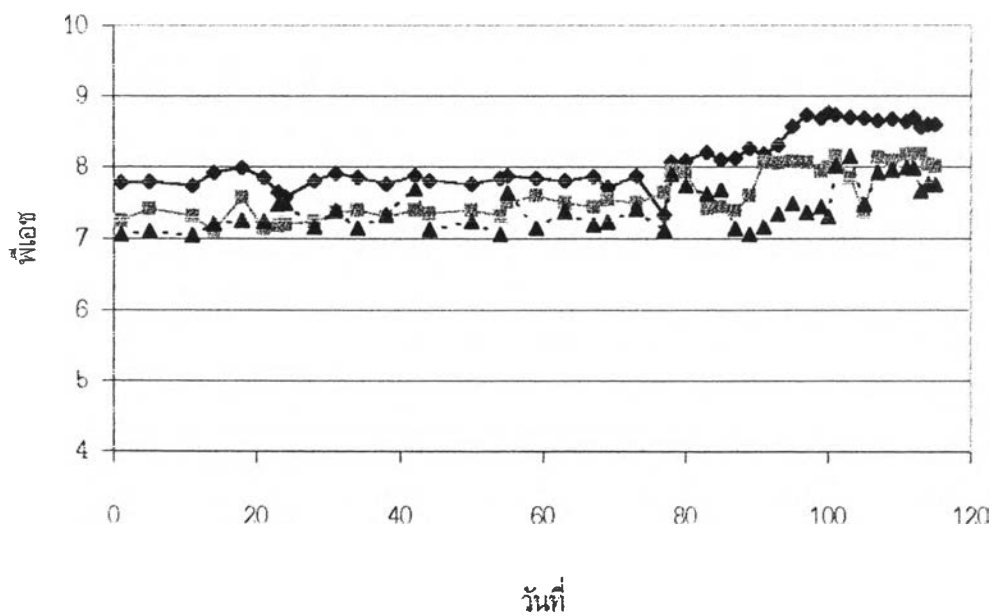
#### พีเอช

จากตารางที่ 4.2 พบว่าค่าเฉลี่ยพีเอชในน้ำทิ้งที่สภาวะคงที่ของระบบมีค่าเท่ากับ 8.02 และ 7.64 สำหรับคอลัมน์ที่ 1 และมีค่าเท่ากับ 7.78 และ 7.34 สำหรับคอลัมน์ที่ 2 ที่อัตราการเอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ ดังแสดงในภาคผนวก ก. จะเห็นได้ว่า ค่าพีเอชมีค่าลดลงเล็กน้อย เมื่อเพิ่มอัตราการเอินทรีย์ แต่ยังคงอยู่ในช่วงประมาณ 7 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมที่ทำให้แบคทีเรียในระบบใโรอากาศทำงานได้ ส่วนค่าพีเอชในน้ำเข้าของระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองใโรอากาศ มีค่าประมาณ 7.96-8.67 เป็นผลมาจากคุณลักษณะของน้ำเสียจากสาจริงที่ใช้ ทำให้น้ำเข้ามีปริมาณแอมโมเนียมสูงมากพอที่จะทำให้ระบบมีความสมดุลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของระบบ ที่อัตราการเอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช ระหว่างคอลัมน์ทั้งสอง จะพบว่าไม่มีอะไรที่แตกต่างกันมากนัก และมีแนวโน้มไปทางเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.2

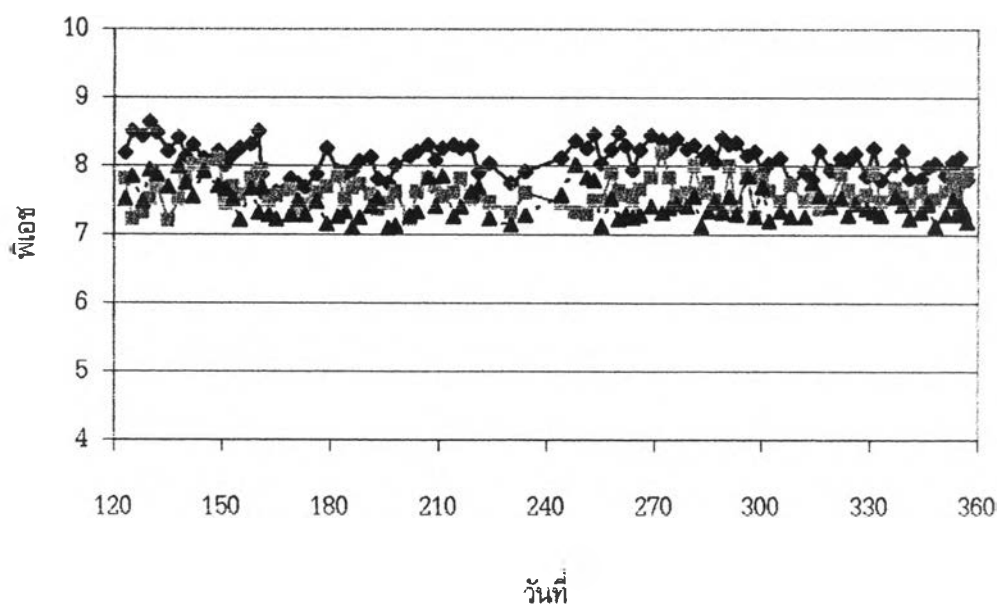
ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยพีเอชในสภาวะคงตัวของระบบ

ถึงปฏิกรณ์ที่	ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย (ชั่วโมง)	อัตราการเอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	พีเอช	
			น้ำเข้า	น้ำทิ้ง
1	36	2.33	8.67	8.02
	36	3	7.96	7.64
2	36	2.33	8.67	7.78
	36	3	7.96	7.34

อัตราภาระอินทรีย์ 2.33 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน



อัตราภาระอินทรีย์ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน



รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของน้ำเข้าและออกจากระบบที่อัตราภาระอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก ซีโอดี/ลบ.ม -วัน ของคอลัมน์ที่ 1 และ 2

## อุณหภูมิ

ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของน้ำเข้าและน้ำทิ้งของทั้งสองคอลัมน์ มีค่าประมาณ 27-28 องศาเซลเซียส ดังตารางที่ 4.3 ซึ่งอุณหภูมิของน้ำทิ้งจะสูงกว่าน้ำเข้าระบบเพียงเล็กน้อยเท่านั้น รูปที่ 4.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำเข้าและน้ำทิ้งของระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศ ที่อัตราการอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการเพิ่มอัตราการอินทรีย์ไม่มีผลต่อค่าอุณหภูมิ โดยค่าอุณหภูมิจะใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้องขณะทำการทดลองที่อัตราการอินทรีย์นั้น โดยอุณหภูมิของน้ำเข้าทิ้งจะสูงกว่าน้ำเข้าระบบเล็กน้อย

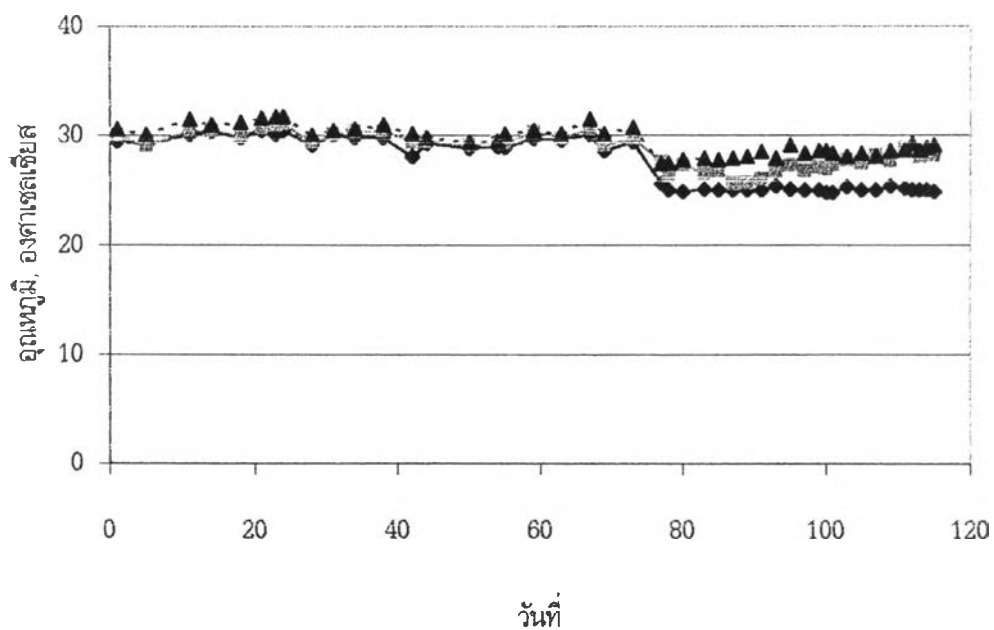
ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ ในสภาวะคงตัวของระบบ

ถึงปฏิกรณ์ที่	ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย (ชั่วโมง)	อัตราการอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	
			น้ำเข้า	น้ำทิ้ง
1 ตัวกลางรูปวงแหวน	36	2.33	25.0	27.8
	36	3	26.2	27.2
2 ตัวกลางทรงกลม	36	2.33	25.0	28.6
	36	3	26.2	26.8

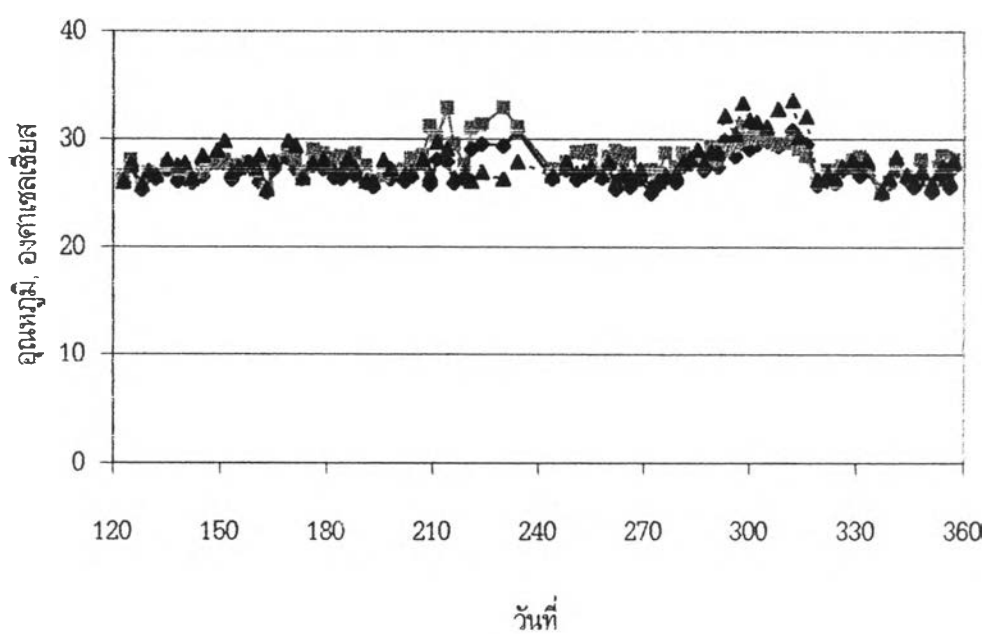
## โออาร์พี

ค่าเฉลี่ยโออาร์พีที่สภาวะคงที่ของระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศ แสดงดังตารางที่ 4.4 และการเปลี่ยนแปลงค่าโออาร์พีของระบบตลอดการทดลองของทั้งสองคอลัมน์ ที่อัตราการอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน แสดงดังรูปที่ 4.4 พบว่าค่าโออาร์พีมีค่าเป็นลบมาก แสดงว่าเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายแบบไร้อากาศ และเมื่อเพิ่มอัตราการอินทรีย์ ค่าโออาร์พีไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงตามอัตราการอินทรีย์มากนัก แสดงให้เห็นว่า ค่าโออาร์พีไม่ได้แสดงลักษณะการทำงานของระบบให้เห็นอย่างชัดเจน และที่อัตราการอินทรีย์ 2.33 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ซึ่งเป็นช่วงแรกของการเริ่มต้นระบบ ค่าโออาร์พี จะมีค่าเปลี่ยนแปลงในช่วง -300 ถึง -350 และเมื่อระบบเริ่มเข้าสู่สภาวะคงตัว ค่าโออาร์พีก็เริ่มคงที่อยู่ระหว่าง -350 ถึง -370 และเมื่อเพิ่มอัตราการอินทรีย์ไปที่อัตราการอินทรีย์ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน จะพบว่าค่าโออาร์พีมีค่าลบมากขึ้นอยู่ระหว่าง -400 ถึง -430 เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว

อัตราภาระอินทรีย์ 2.33 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน



อัตราภาระอินทรีย์ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

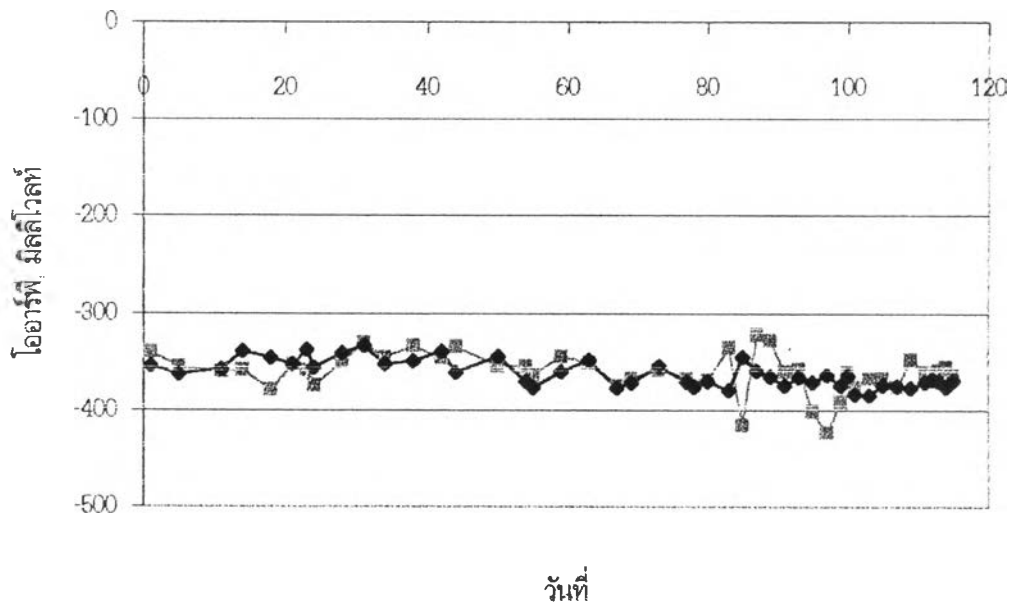


—◆— Influent    - - -■- - - Effluent Column1    · · ·▲·· Effluent Column2

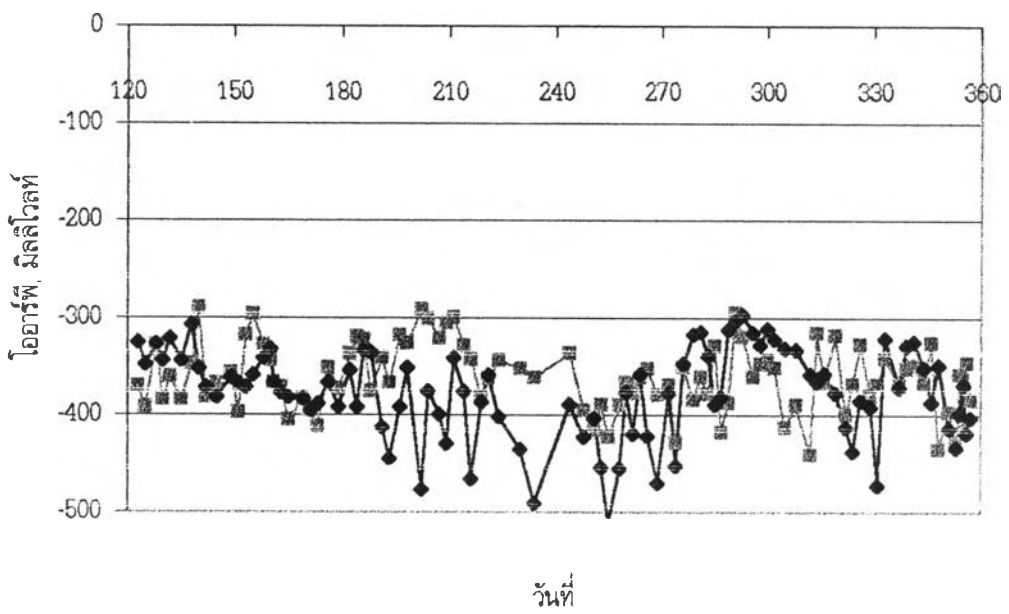
รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำเข้าและออกจากระบบที่อัตราภาระอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ของคอลัมน์ที่ 1 และ 2



อัตราการระเหยอินทรีย์ 2.33 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน



อัตราการระเหยอินทรีย์ 3 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน



—■— Effluent Column1 —●— Effluent Column2

รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงค่าไออาร์พีของน้ำเข้าและออกจากระบบที่อัตราการระเหยอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน ของคอลัมน์ที่ 1 และ 2

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยโออาร์พีในสภาวะคงตัวของระบบ

ถังปฏิกรณ์ที่	ระยะเวลาเก็บกัก น้ำเสีย (ชั่วโมง)	อัตราการอินทรีย์ (กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน)	โออาร์พี (มิลลิโวลท์)
1 ตัวกลางรูปวงแหวน	36	2.33	-365
	36	3	-374
2 ตัวกลางทรงกลม	36	2.33	-374
	36	3	-374

#### 4.2.2 กรดระเหยง่ายและสภาพต่างทั้งหมด

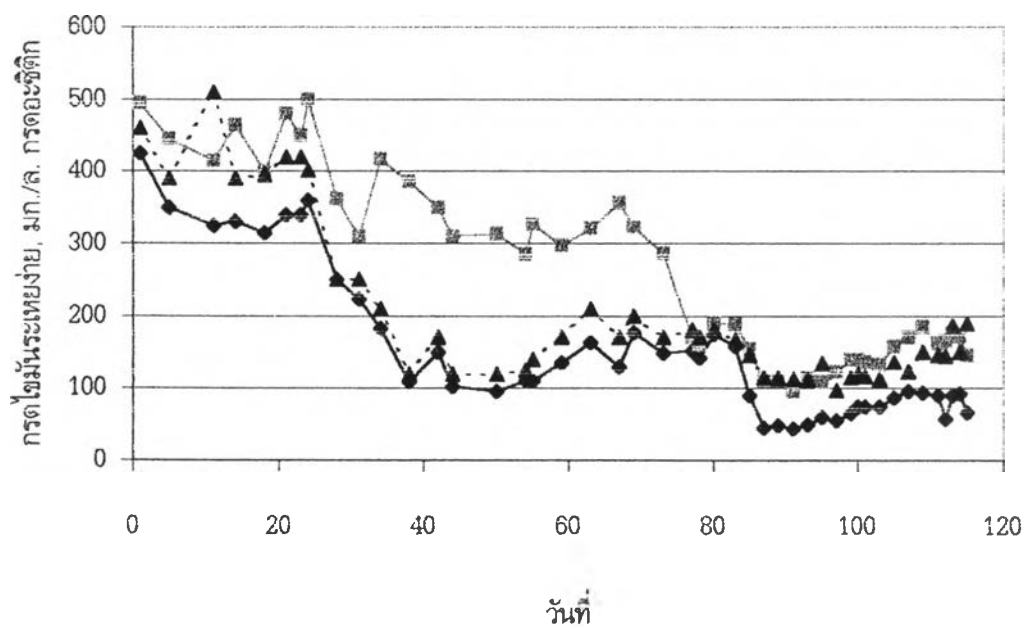
##### กรดระเหยง่าย

ค่าเฉลี่ยกรดระเหยง่ายในน้ำทิ้งที่สภาวะคงที่ของระบบ แสดงดังตารางที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มอัตราการอินทรีย์ ปริมาณกรดระเหยง่ายในน้ำทิ้งไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักเนื่องจากในน้ำเสียกากสำมีค่าบีฟเฟอร์สูงมากพอที่จะยับยั้งการผลิตกรดระเหยง่ายไม่ให้สูงเกินไป และมีแบคทีเรียช่วยลดปริมาณกรดระเหยง่ายอยู่ในระบบเป็นปริมาณมากด้วย รูปที่ 4.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงกรดระเหยง่ายของระบบตลอดการทดลองทั้งสองคอลัมน์ พบว่าที่อัตราการอินทรีย์ทั้งสอง ปริมาณกรดระเหยง่ายในน้ำทิ้ง มีค่าสูงกว่าปริมาณกรดระเหยง่ายในน้ำเข้าเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่า แบคทีเรียสร้างมีเทนในระบบมีปริมาณเพียงพอ กับกรดระเหยง่ายที่เกิดขึ้นภายในในระบบ โดยทั้งสองคอลัมน์ได้ผลที่ใกล้เคียงกัน

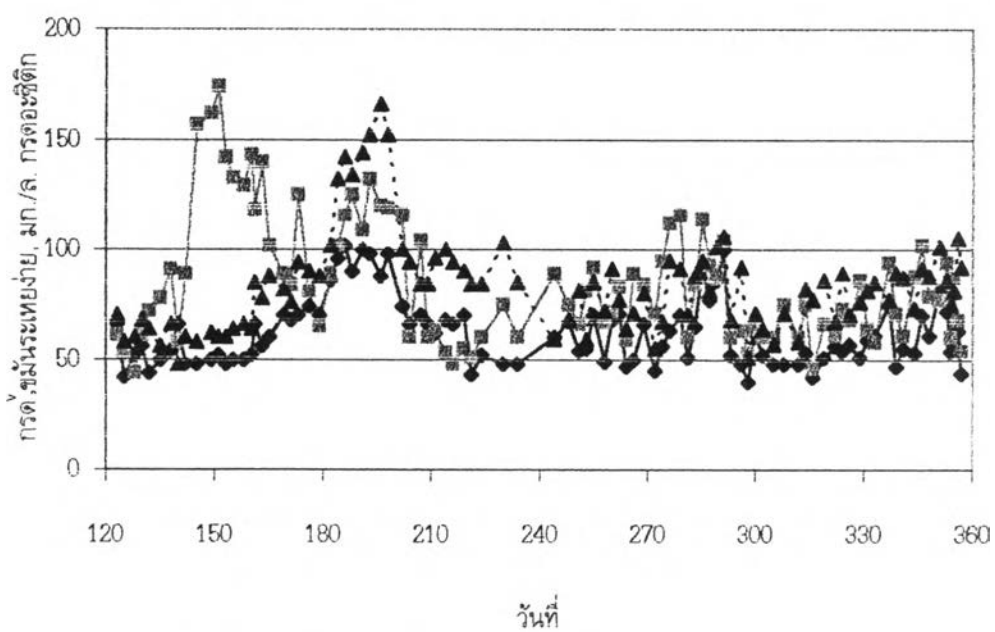
ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยกรดระเหยง่ายในสภาวะคงตัวของระบบ

ถังปฏิกรณ์ที่	ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย (ชั่วโมง)	อัตราการอินทรีย์ (กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน)	กรดระเหยง่าย (มก./ล. กรดอะซิติก)	
			น้ำเข้า	น้ำทิ้ง
1 ตัวกลางรูปวงแหวน	36	2.33	80	133
	36	3	61	113
2 ตัวกลางทรงกลม	36	2.33	80	120
	36	3	61	111

อัตราภาระอินทรีย์ 2.33 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน



อัตราภาระอินทรีย์ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน



—●— Influent    - - - ■ - - - Effluent Column1    ···▲··· Effluent Column2

รูปที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงค่ากรดไขมันระเหยง่ายของน้ำเข้าและออกจากระบบ  
ที่อัตราภาระอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ของคอลัมน์ที่ 1 และ 2

## สภาพต่างทั้งหมด

ค่าเฉลี่ยสภาพต่างทั้งหมดในน้ำเสียที่สภาวะคงที่ของระบบแสดงดังตารางที่ 4.6 และการเปลี่ยนแปลงค่าสภาพต่างทั้งหมดของระบบตลอดการทดลองในแต่ละอัตราการอะโรบิกของทั้งสองคอลัมน์ แสดงดังรูปที่ 4.6 พบว่า ค่าเฉลี่ยสภาพต่างทั้งหมดในน้ำเข้ามีค่าเปลี่ยนแปลงไป แต่ยังคงรักษาระดับของระบบเอาไว้ได้ ประกอบกับการที่มีปริมาณกรดไขมันระเหยน้อย ทำให้ไม่จำเป็นต้องเติมสารเพิ่มบีโอฟอรีให้แก่ระบบ ทำให้แบคทีเรียสร้างมีเทนสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสภาพต่างทั้งหมดในน้ำทิ้งมีแนวโน้มลดลงตามการเพิ่มอัตราการอะโรบิก คาดว่าเนื่องมาจากน้ำเสียเข้าระบบมีสภาพความเป็นด่างที่ลดลง แต่สภาพต่างทั้งหมดในน้ำทิ้งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อน้ำเสียผ่านระบบบำบัด เนื่องจากปริมาณไบคาร์บอเนต ที่เพิ่มขึ้นจากการออกซิไดซ์กรดอะซิติก ซึ่งทั้งสองคอลัมน์มีแนวโน้มของผลการทดลองไปทางเดียวกัน

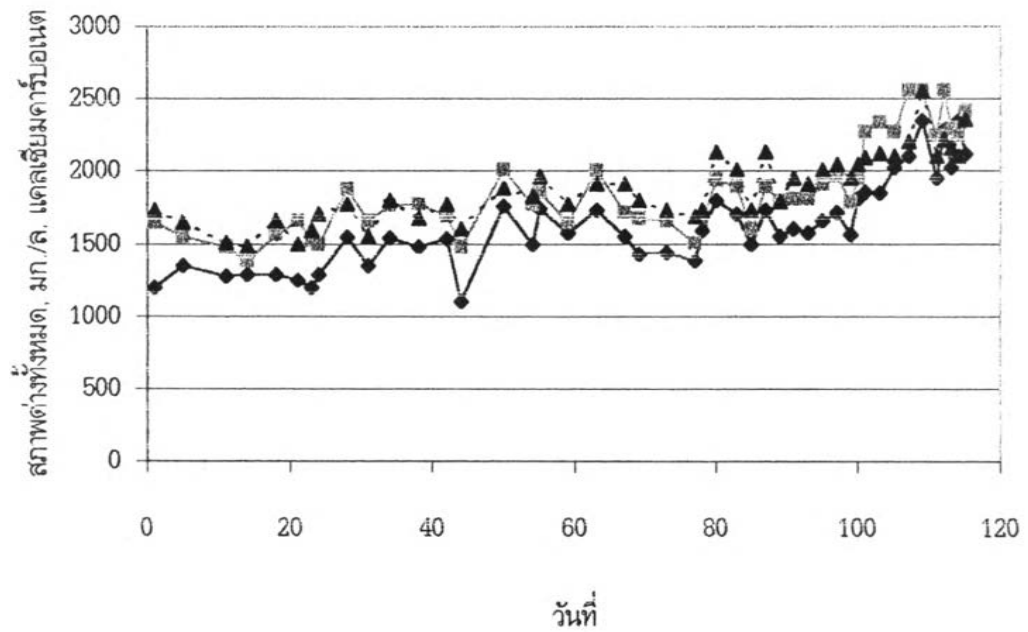
ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยสภาพความเป็นด่างทั้งหมดในสภาวะคงตัวของระบบ

ถึงปฏิกรณ์ที่	ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย (ชั่วโมง)	อัตราการอะโรบิก (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	สภาพความเป็นด่างทั้งหมด (มก./ล. แคลเซียมคาร์บอเนต)	
			น้ำเข้า	น้ำทิ้ง
1 ตัวกลางรูวงแหวน	36	2.33	2024	2293
	36	3	1631	1831
2 ตัวกลางทรงกลม	36	2.33	2024	2019
	36	3	1631	1989

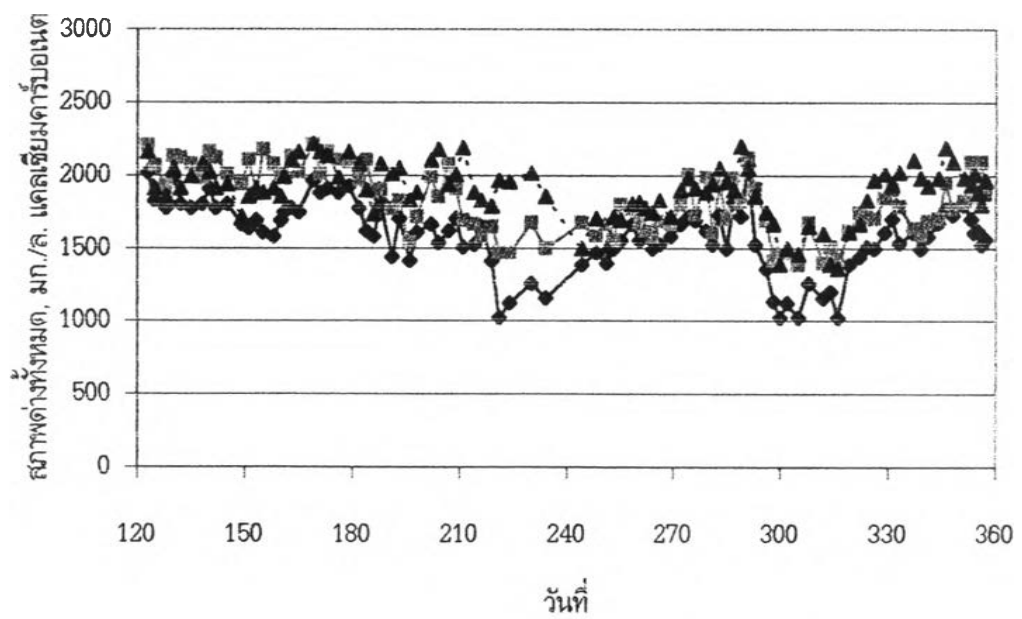
### 4.2.3 ตะกอนแขวนลอย และตะกอนโวลไทล์

จากตารางที่ 4.7 และ 4.8 ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยตะกอนแขวนลอย และค่าตะกอนโวลไทล์ที่สภาวะคงที่ของระบบของทั้งสองคอลัมน์ พบว่า ค่าตะกอนแขวนลอยและค่าตะกอนโวลไทล์ของน้ำทิ้งจากระบบยูเอเอสบี ที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศมีค่าต่ำมาก แสดงให้เห็นว่า จากระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศ มีความสามารถในการป้องกันการหลุดออก (Wash Out) ของแบคทีเรียภายในระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ และถึงแม้ว่าจะเพิ่มอัตราการอะโรบิก ค่าตะกอนแขวนลอยและตะกอนโวลไทล์ของน้ำทิ้ง ก็ยังคงมีปริมาณน้อยอยู่เนื่องจากระยะเวลาที่ยาวนานของการเดินระบบ ทำให้แบคทีเรียที่อาศัยอยู่บนตัวกลางพลาสติกมีปริมาณมากขึ้น และมีส่วนช่วยไม่ให้เซลล์หลุดออกจากระบบได้ง่าย โดยค่าเฉลี่ยตะกอนโวลไทล์มีค่าประมาณ 90% ของตะกอนแขวนลอย

อัตราภาระอินทรีย์ 2.33 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน



อัตราภาระอินทรีย์ 3 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน



—●— Influent. —■— Effluent Column1 - -▲- - Effluent Column2

รูปที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงค่าสภาพต่างทั้งหมดของน้ำเข้าและออกจากระบบ  
ที่อัตราภาระอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน ของคอลัมน์ที่ 1 และ 2

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยตะกอนแขวนลอยในสภาวะคงตัวของระบบ

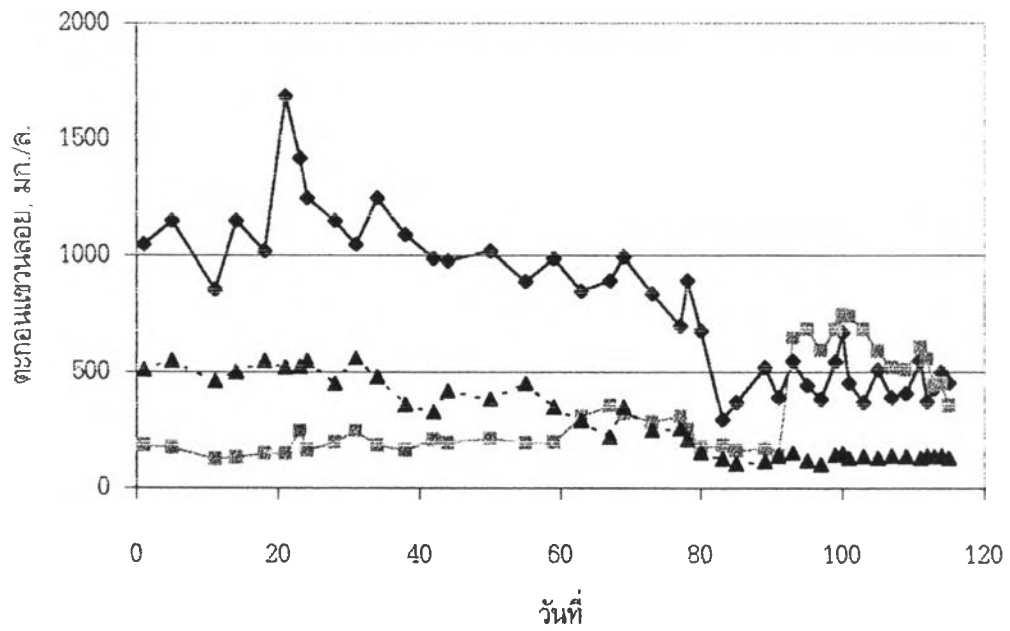
ถึงปฏิกรณ์ที่	ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย (ชั่วโมง)	อัตราการอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	ตะกอนแขวนลอย (มก./ล.)	
			น้ำเข้า	น้ำทิ้ง
1 ตัวกลางรูปวงแหวน	36	2.33	471	198
	36	3	554	110
2 ตัวกลางทรงกลม	36	2.33	471	137
	36	3	554	63

ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยตะกอนโวลไทล์ในสภาวะคงตัวของระบบ

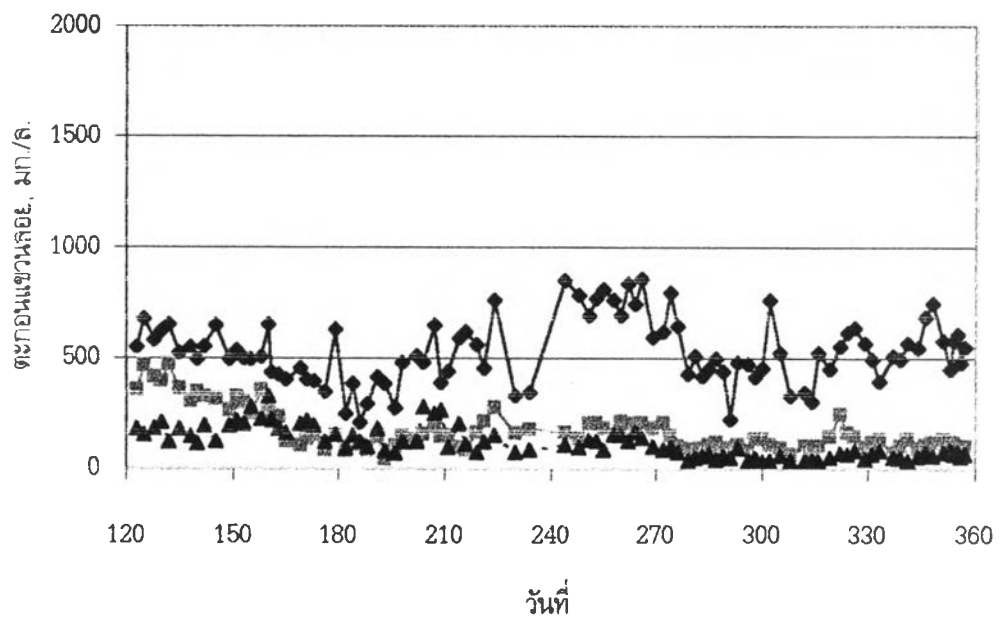
ถึงปฏิกรณ์ที่	ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย (ชั่วโมง)	อัตราการอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	ตะกอนแขวนลอยโวลไทล์ (มก./ล.)	
			น้ำเข้า	น้ำทิ้ง
1 ตัวกลางรูปวงแหวน	36	2.33	424	178
	36	3	539	98
2 ตัวกลางทรงกลม	36	2.33	424	122
	36	3	539	49

รูปที่ 4.7 และ 4.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าตะกอนแขวนลอยและตะกอนโวลไทล์ของระบบ ซึ่งมีค่าก่อนข้างเปลี่ยนแปลงไปมา เนื่องจากภายในระบบเกิดการสะสมของก๊าซชีวภาพและกระจายขึ้นสู่ด้านบน ซึ่งอาจจะผ่านตัวกลางออกมาได้บ้าง โดยคอลัมน์ทั้งสองที่มีการบรรจุตัวกลางต่างชนิดกัน จะมีค่าตะกอนแขวนลอยที่หลุดออกมากับน้ำทิ้งต่างกัน จากการทดลองพบว่าตัวกลางรูปวงแหวนที่บรรจุไว้ในคอลัมน์ที่ 1 ไม่สามารถกักเซลล์ได้อย่างมีประสิทธิภาพดีเท่ากับตัวกลางทรงกลมที่บรรจุไว้ในคอลัมน์ที่ 2 เนื่องจากลักษณะของตัวกลางรูปวงแหวน ทำให้เกิดการไหลผ่านของน้ำได้ดี ทำให้น้ำทิ้งที่ออกมาจากคอลัมน์จะนำพาเอาเซลล์หลุดออกมาได้ง่าย ซึ่งแตกต่างจากตัวกลางทรงกลมซึ่งเมื่อวางเรียงกันแล้ว จะสามารถกั้นการไหลของน้ำได้ทำให้น้ำลดความแรงไหลขึ้นและเซลล์จะกระแทกถูกตัวกลาง ทำให้เซลล์จึงตกลงสู่ก้นถึงปฏิกรณ์ นอกจากนี้จะยังสามารถเป็นที่ยึดเกาะของแบคทีเรียได้ในปริมาณมากอีกด้วย ดังแสดงในตารางที่ จ.1 และ จ.2 ในภาคผนวก จ. ซึ่งเมื่อวัดปริมาณน้ำหนักของเซลล์ที่ติดอยู่บนพื้นผิวของตัวกลางทั้งสองชนิด พบว่าตัวกลางรูปวงแหวนมีปริมาณตะกอนแขวนลอยต่อพื้นที่ผิวตัวกลางเป็น 2061 มก./ม<sup>2</sup>/ม<sup>3</sup> ของตัวกลาง ในขณะที่ตัวกลางรูปทรงกลมมีปริมาณตะกอนแขวนลอยต่อพื้นที่ผิวตัวกลางเป็น 10968 มก./ม<sup>2</sup>/ม<sup>3</sup> ของตัวกลาง แสดงให้เห็นว่าตัวกลางรูปทรงกลมมีประสิทธิภาพในการกักเก็บเซลล์ได้ดีกว่าตัวกลางรูปวงแหวน

อัตราภาระอินทรีย์ 2.33 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน



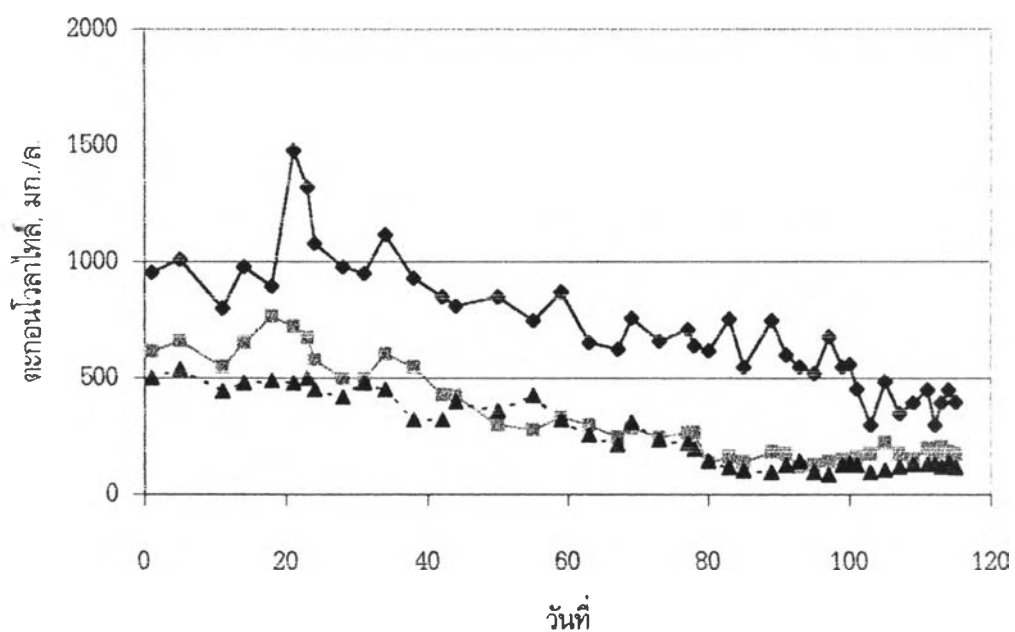
อัตราภาระอินทรีย์ 3 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน



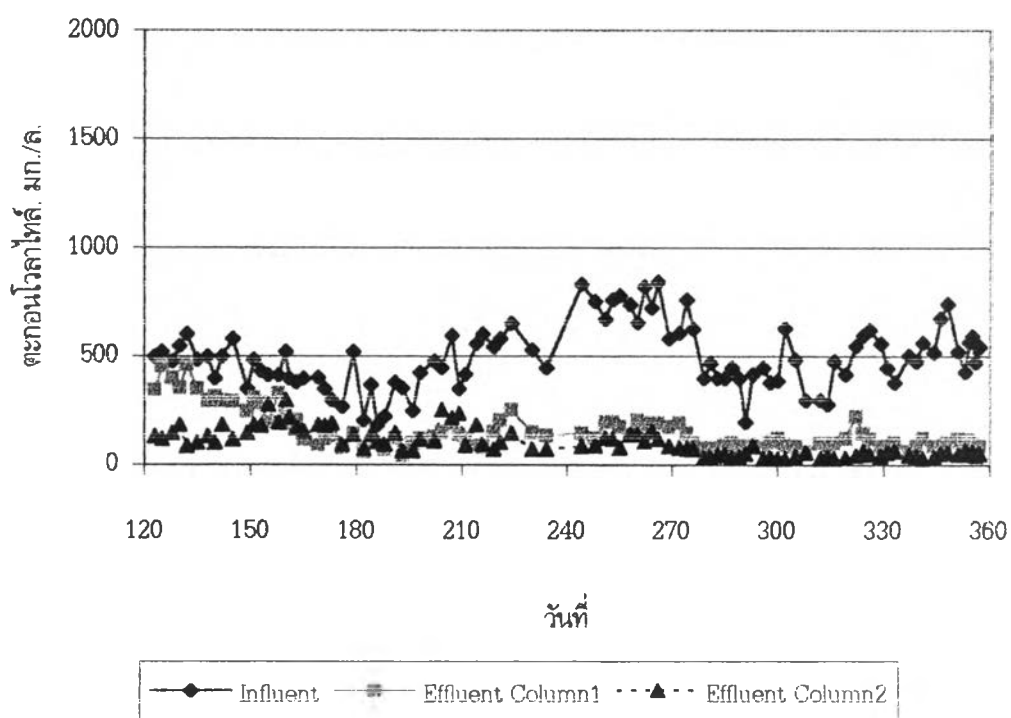
Influent
  Effluent Column1
  Effluent Column2

รูปที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณตะกอนแขวนลอยของน้ำเข้าและออกจากระบบ  
ที่อัตราภาระอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก ซีไอดี/ลบ ม -วัน ของคอลัมน์ที่ 1 และ 2

อัตราภาระอินทรีย์ 2.33 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน



อัตราภาระอินทรีย์ 3 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน



รูปที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณตะกอนโคลาไธล์ของน้ำเข้าและออกจากระบบ  
ที่อัตราภาระอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก ซีไอดี/ลบ.ม -วัน ของคอลัมน์ที่ 1 และ 2



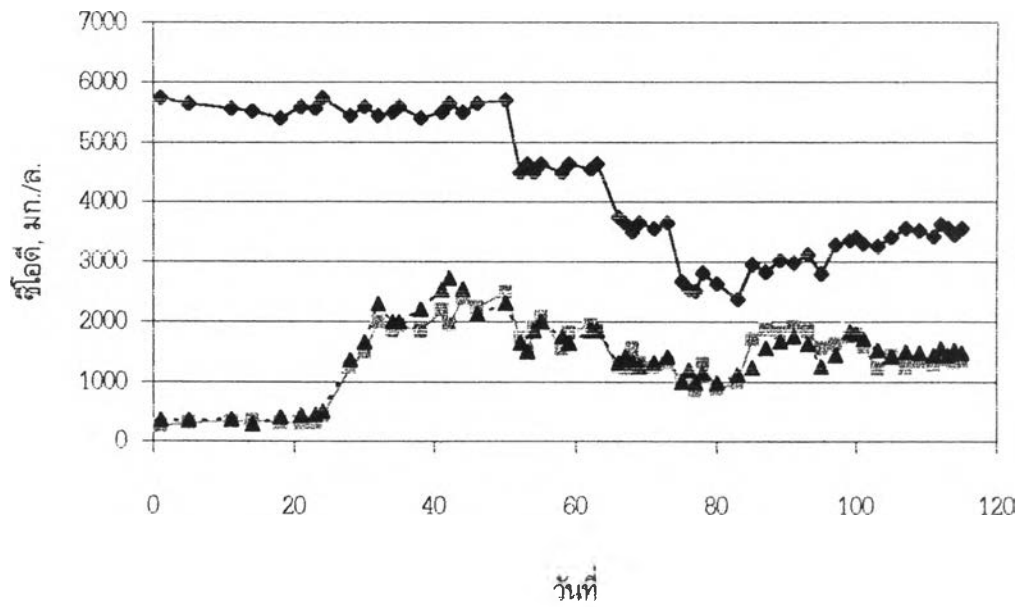
#### 4.2.4 ซีโอดีและประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี

ค่าเฉลี่ยซีโอดีและเปอร์เซ็นต์การกำจัดซีโอดีของระบบที่สภาวะคงที่ แสดงดังตารางที่ 4.9 จะเห็นว่าค่าซีโอดีน้ำเข้าจะมีค่าใกล้เคียงกัน เพราะเป็นน้ำเสียจากสาที่เตรียมขึ้นให้มีค่าซีโอดีใกล้เคียงกับแผนการดำเนินการวิจัย ส่วนค่าซีโอดีของน้ำทิ้งจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราการอินทรีย์เพิ่มขึ้น ส่วนประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีระบบจะดีขึ้น เมื่ออัตราการอินทรีย์เพิ่มขึ้น จากรูปที่ 4.9 และ 4.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีและเปอร์เซ็นต์การกำจัดซีโอดีของระบบตลอดการทดลอง ที่อัตราการอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ของทั้งสองคอลัมน์ ดังแสดงในตารางที่ ก.1 ก.2 ก.3 และ ก.4 ในภาคผนวก ก. พบว่าค่าซีโอดีของน้ำเข้าและน้ำทิ้งที่อัตราการอินทรีย์ 2.33 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน จะมีค่าค่อยๆ ลดลง เนื่องจากเป็นช่วงแรกของการเริ่มต้นระบบ ใช้น้ำเสียสังเคราะห์จากน้ำตาลทรายที่ความเข้มข้นซีโอดี 5,500 มก./ล. หลังจากนั้นจึงค่อยลดลงมาให้ได้ตามแผนการทดลอง ควบคู่ไปกับการค่อยๆ ผสมน้ำเสียจากสาส่งไปแทน และเมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว ค่าซีโอดีของน้ำทิ้งเริ่มมีค่าคงที่ โดยที่อัตราการอินทรีย์ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวช้ามาก เนื่องจากในน้ำเสียจากสาที่มีปริมาณสารอาหารที่เบคทีเรียย่อยสลายได้อยู่น้อย จึงต้องใช้เวลาดินระบบนาน เพื่อให้เบคทีเรียสามารถปรับตัวที่จะรับกับภาระอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งทั้งสองคอลัมน์จะมีผลการทดลองที่ใกล้เคียงกัน

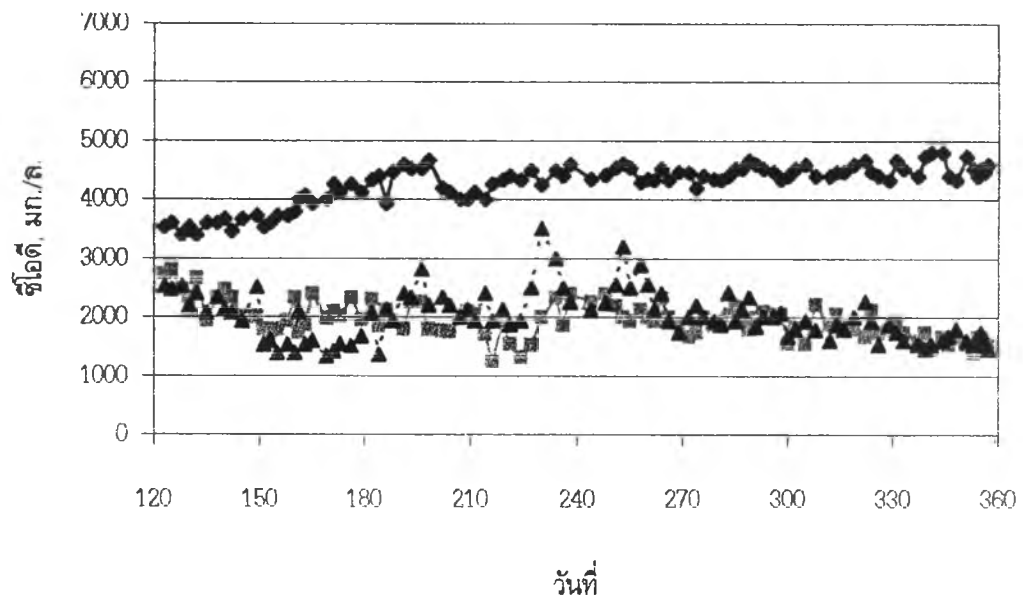
ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยซีโอดีและเปอร์เซ็นต์การกำจัดซีโอดีในสภาวะคงตัวของถังระบบ

ถังปฏิกรณ์ที่	ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย (ชั่วโมง)	อัตราการอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	เปอร์เซ็นต์การกำจัดซีโอดี	ซีโอดี (มก./ล.)	
				น้ำเสีย	น้ำทิ้ง
1 ตัวกลางรูปวงแหวน	36	2.33	58	3447	1430
	36	3	65	4558	1600
2 ตัวกลางทรงกลม	36	2.33	55	3447	1560
	36	3	65	4558	1594

อัตราภาระอินทรีย์ 2.33 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน



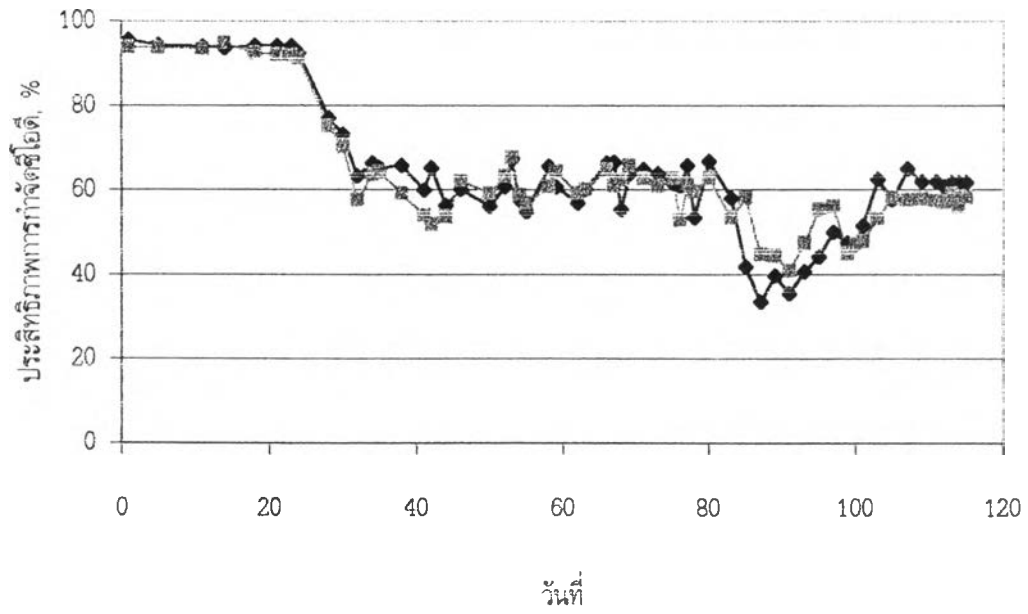
อัตราภาระอินทรีย์ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน



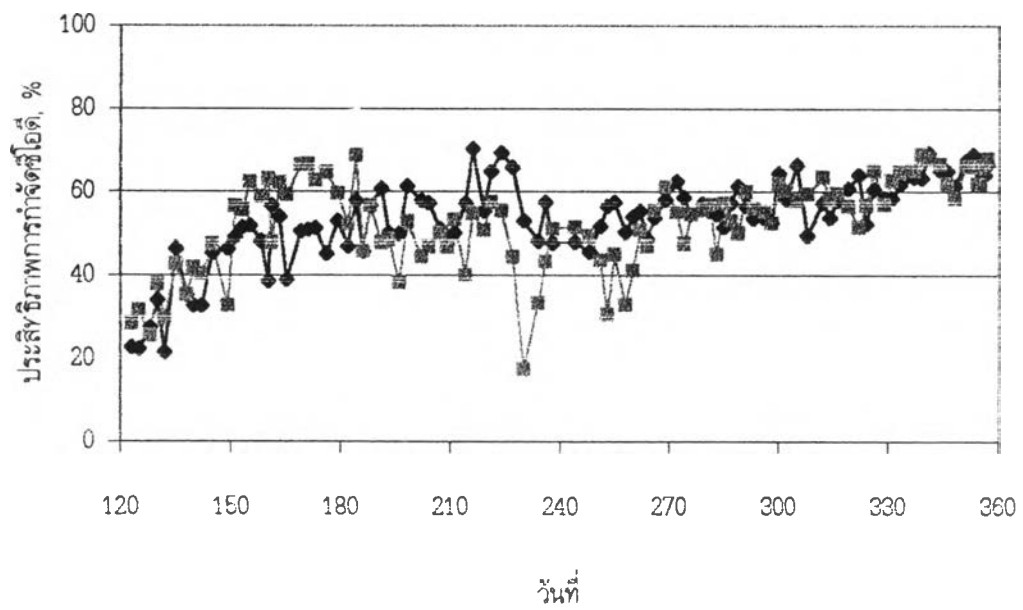
—◆— Influent    -■- Effluent Column1    -▲- Effluent Column2

รูปที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงซีโอดีเข้าและออกจากระบบที่อัตราภาระอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ของคอลัมน์ที่ 1 และ 2

อัตราการอินทรีย์ 2.33 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน



อัตราการอินทรีย์ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน



—◆— Effluent Column1    —■— Effluent Column2

รูปที่ 4.10 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบที่อัตราการอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ของคอลัมน์ที่ 1 และ 2

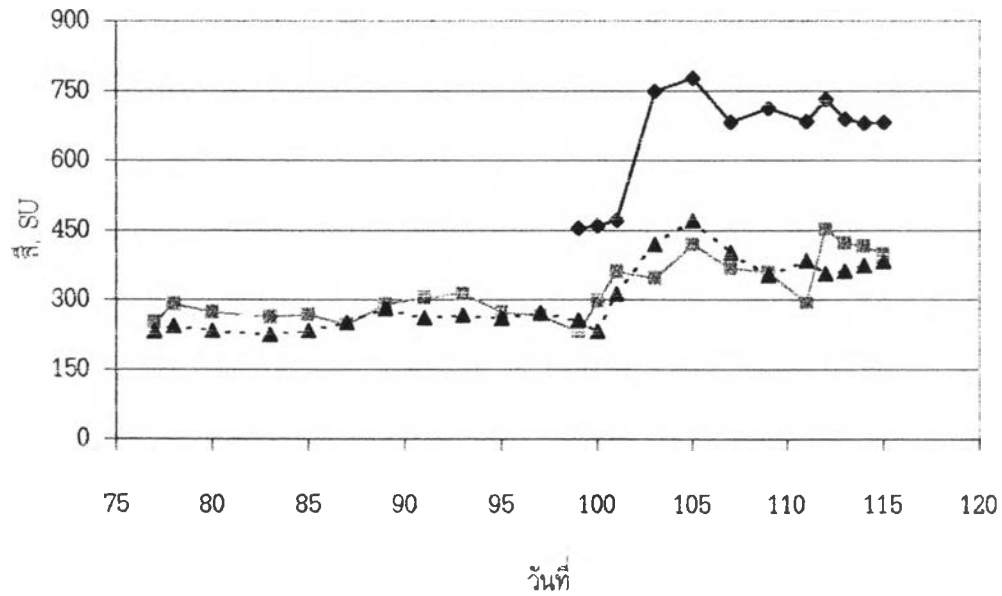
#### 4.2.5 ความเข้มข้นและประสิทธิภาพการกำจัดสี

ค่าเฉลี่ยสีในน้ำทิ้งที่สภาวะคงที่ของระบบมีค่าเท่ากับ 384 SU และ 528 SU สำหรับคอลัมน์ที่ 1 และมีค่าเท่ากับ 359 SU และ 469 SU สำหรับคอลัมน์ 2 ที่อัตราการไหลอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.10 จะเห็นว่า ค่าความเข้มข้นสีในน้ำทิ้งจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มอัตราการไหลอินทรีย์เพิ่มขึ้น ส่วนค่าความเข้มข้นสีในน้ำเข้าของระบบ จะสูงขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราการไหลอินทรีย์ และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าซีโอดีแล้ว จะพบว่าค่าซีโอดีและสี จะแปรผันตามกัน กล่าวคือถ้าน้ำเสียจากสามค่าซีโอดีสูง ก็จะทำให้ น้ำเสียนั้นมีความเข้มข้นสีสูงไปด้วย ดังนั้นเมื่อระบบสามารถกำจัดซีโอดีได้ ความเข้มข้นสีก็จะลดลงด้วย รูปที่ 4.11 และ 4.12 แสดงเปอร์เซ็นต์การกำจัดสีของระบบที่สภาวะคงที่ พบว่าเปอร์เซ็นต์การกำจัดสีของระบบจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เมื่อเพิ่มอัตราการไหลอินทรีย์มากขึ้น ซึ่งค่อนข้างจะสอดคล้องกันประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีที่ไม่ค่อยเพิ่มขึ้นมากนัก

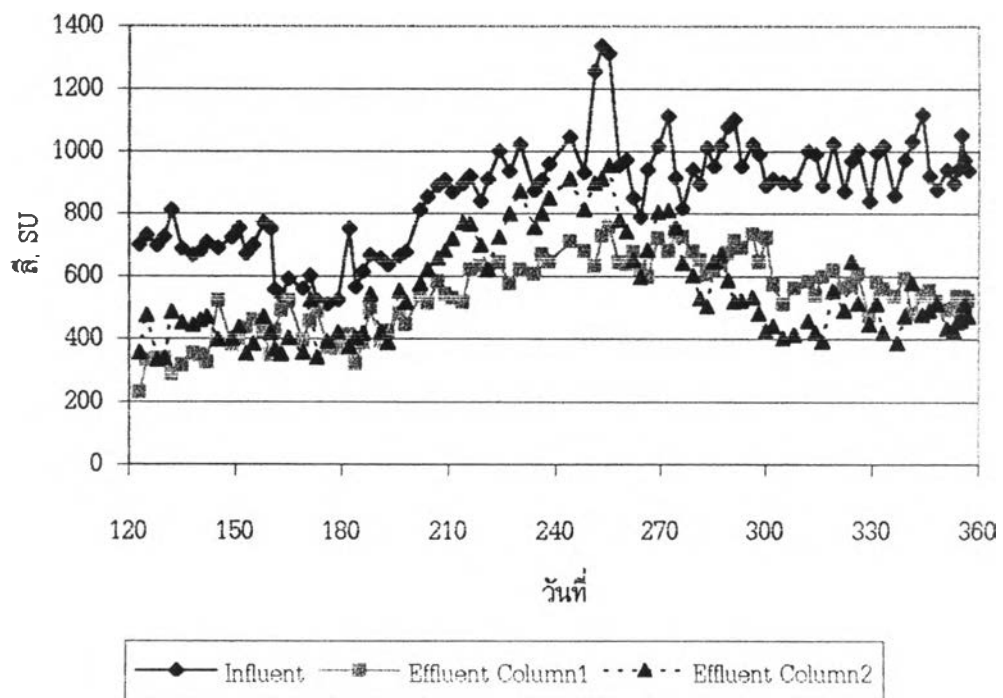
ตารางที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นและเปอร์เซ็นต์การกำจัดสีในสภาวะคงตัวของระบบ

ถึงปฏิกรณ์ที่	ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย (ชั่วโมง)	อัตราการไหลอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	เปอร์เซ็นต์การกำจัดสี	สี (SU)	
				น้ำเสีย	น้ำทิ้ง
1 ตัวกลางรูปวงแหวน	36	2.33	44	648	384
	36	3	45	965	528
2 ตัวกลางทรงกลม	36	2.33	45	648	359
	36	3	51	965	469

อัตราการอินทรีย์ 2.33 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

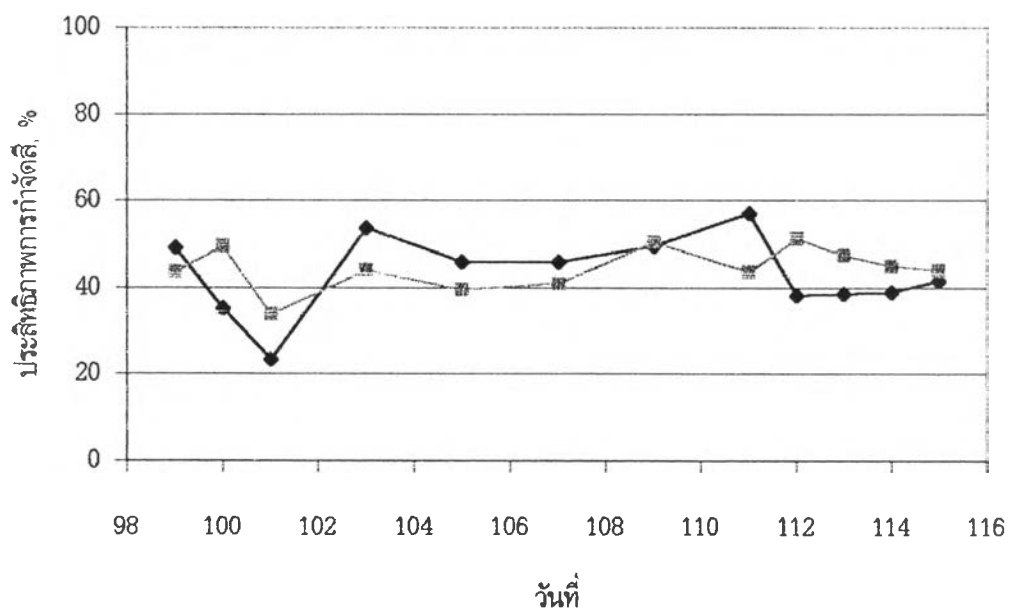


อัตราการอินทรีย์ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

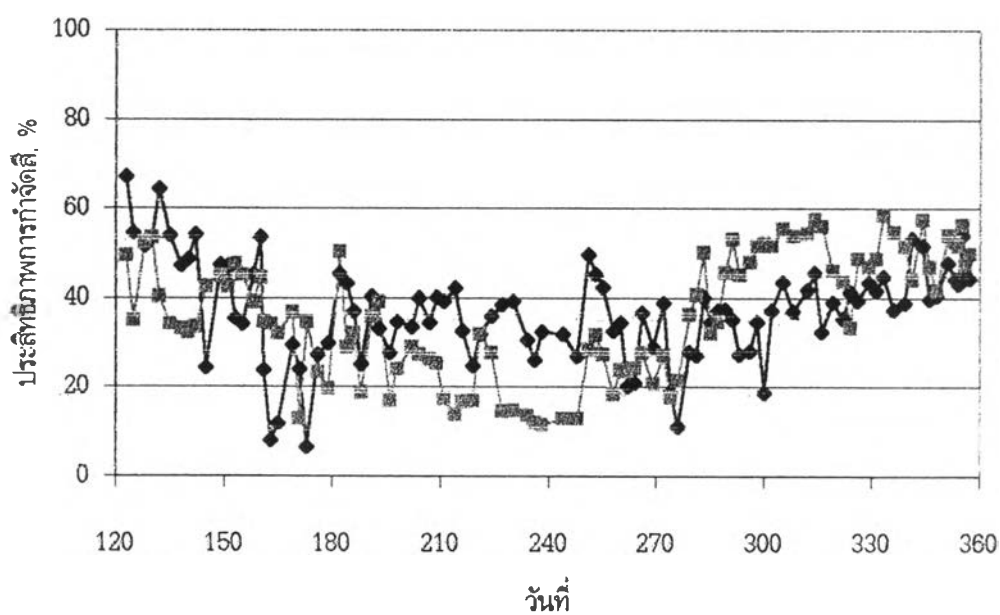


รูปที่ 4.11 แสดงการเปลี่ยนแปลงสึ่เข้าและออกจากระบบที่อัตราการอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก ซีโอดี/ลบ ม.-วัน ของคอลัมน์ที่ 1 และ 2

อัตราการอินทรีย์ 2.33 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน



อัตราการอินทรีย์ 3 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน



—●— Effluent Column1    —■— Effluent Column2

รูปที่ 4.12 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดลิของระบบที่อัตราการอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน ของคอลัมน์ที่ 1 และ 2

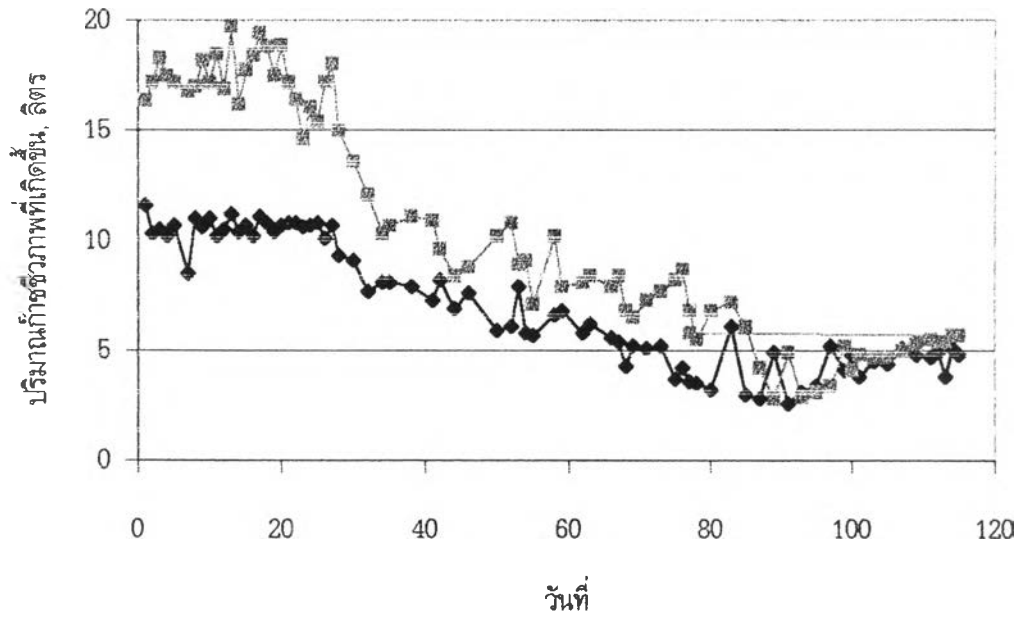
#### 4.2.6 ปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพ

รูปที่ 4.13 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซชีวภาพของระบบ ตลอดการทดลอง โดยก๊าซชีวภาพมีส่วนประกอบหลัก คือก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณและส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการทำงานของระบบ จะเห็นว่าปริมาณก๊าซที่ผลิตได้จะเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มอัตราภาระอินทรีย์ และค่าเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนมีค่าเท่ากับ 57.43 และ 66.76 สำหรับคอลัมน์ที่ 1 และมีค่าเท่ากับ 56.70 และ 71.77 สำหรับคอลัมน์ 2 ที่อัตราภาระอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.11 และภาคผนวก ง โดยเมื่อเริ่มเดินระบบจนถึงอัตราภาระอินทรีย์ 2.33 ระบบยังมีการเกิดของแบคทีเรียที่สร้างมีเทนในปริมาณน้อย ทำให้เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นมีน้อย และเมื่อได้เพิ่มอัตราภาระอินทรีย์ขึ้นและได้ทำการทดลองที่ยาวนานขึ้น ทำให้ระบบสร้างแบคทีเรียที่สร้างมีเทนมากขึ้น ซึ่งพบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราภาระอินทรีย์มากขึ้น จากผลการทดลองข้างต้น มีสาเหตุจากการเพิ่มอัตราภาระอินทรีย์ซึ่งเป็นการป้อนสารอาหารเข้าสู่ระบบเพิ่มมากขึ้น ทำให้แบคทีเรียสร้างกรดมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ขณะที่แบคทีเรียสร้างมีเทนซึ่งมีปริมาณมากเกินพอต่อปริมาณกรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในระบบ ทำให้ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้น มีปริมาณเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณกรดระเหยง่ายมีปริมาณที่คงที่

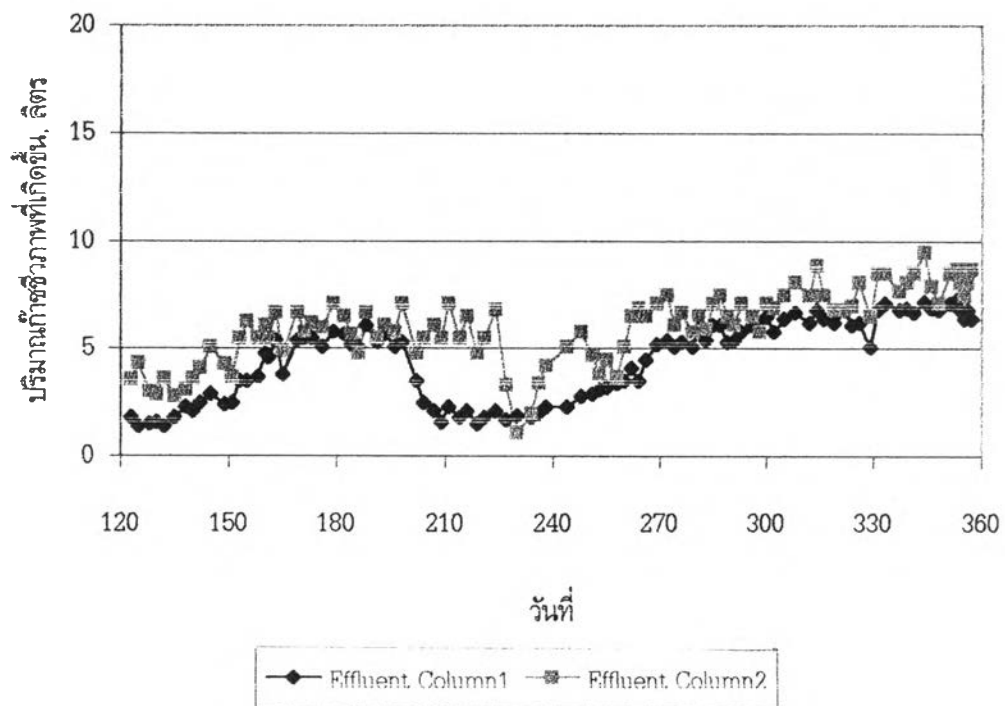
ตารางที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยปริมาณก๊าซทั้งหมดในสภาวะคงตัวของระบบ

ถังปฏิกรณ์ที่	ระยะเวลาเก็บกัก น้ำเสีย (ชั่วโมง)	อัตราภาระอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	ปริมาณก๊าซทั้งหมด (ลิตร/วัน)
1 ตัวกลางรูปวงแหวน	36	2.33	4.6
	36	3	6.9
2 ตัวกลางทรงกลม	36	2.33	5.2
	36	3	8.2

อัตราภาระอินทรีย์ 2.33 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน



อัตราภาระอินทรีย์ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน



รูปที่ 4.13 แสดงปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากระบบที่อัตราภาระอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ของคอลัมน์ที่ 1 และ 2



### 4.3 ผลการทดลองตามความสูงของระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองใโรอากาศ

#### 4.3.1 ค่าพีเอช และ โออาร์พี

##### พีเอช

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าเฉลี่ยของพีเอชที่เปลี่ยนแปลงค่าไปตามระยะความสูงระบบ ค่าพีเอชภายในระบบมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก มีค่าอยู่ระหว่าง 7-8 โดยค่าพีเอชมีค่าต่ำสุดที่ระยะ 0.3 ม. ซึ่งเป็นส่วนล่างสุดของถังปฏิกรณ์ และค่าพีเอชมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทิศทางเดียวกันทั้งสองคอลัมน์ ตามความสูงของคอลัมน์ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากส่วนล่างของคอลัมน์เป็นส่วนที่กรดไขมันระเหยยังถูกใช้ไปไม่หมด และประกอบไปด้วยเซลล์มากมาย ที่ล้วนแต่ปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยสลายสารอาหารรวม แต่อย่างไรก็ตาม ค่าพีเอชที่ออกมาจากคอลัมน์ทั้งสองตามระยะความสูงต่าง ๆ จะไม่มีค่าลดลงมากเกินไป เนื่องจากระบบมีกำลังบำบัดเพียงพอ ที่จะรักษาระดับค่าพีเอชไม่ให้ตกลง ทำให้น้ำที่ออกมาจากคอลัมน์ทั้งสองมีพีเอชที่ค่อนข้างเป็นกลาง แต่จากการที่ระบบใโรอากาศจะมีการสะสมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ในน้ำขาออก ทำให้น้ำมีค่าพีเอชต่ำ แต่ถึงอย่างไรก็ไม่ทำให้น้ำมีพีเอชอยู่ในระดับที่จะทำอันตรายต่อแบคทีเรียภายในระบบได้ ดังรูปที่ 4.14

ตารางที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยพีเอชที่ตำแหน่งต่างๆตามความสูงของระบบ

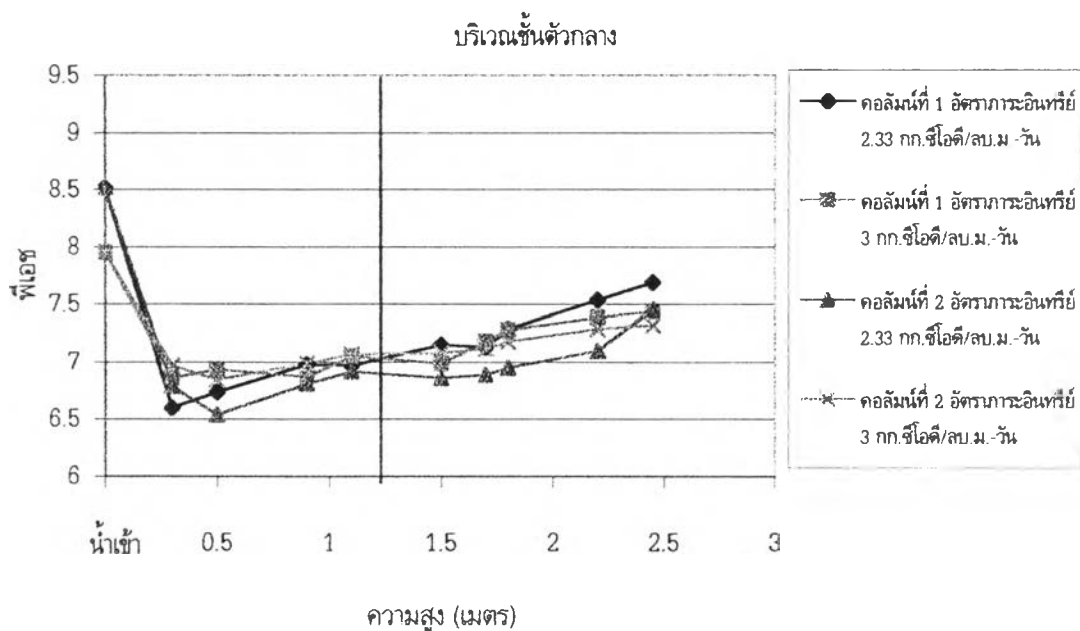
ตัวแปร	ความสูง (เมตร)	อัตราการอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)			
		คอลัมน์ที่ 1		คอลัมน์ที่ 2	
		2.33	3	2.33	3
พีเอช	น้ำเข้า	8.52	7.95	8.52	7.95
	0.3	6.6	6.86	6.79	6.97
	0.5	6.74	6.94	6.54	6.85
	0.9	6.98	6.87	6.81	6.99
	1.1	6.97	7.05	6.92	7.07
	1.5	7.15	6.99	6.86	7.08
	1.7	7.13	7.18	6.89	7.12
	1.8	7.29	7.28	6.95	7.18
	2.2	7.54	7.39	7.10	7.29
	2.45	7.69	7.44	7.46	7.32

## โออาร์พี

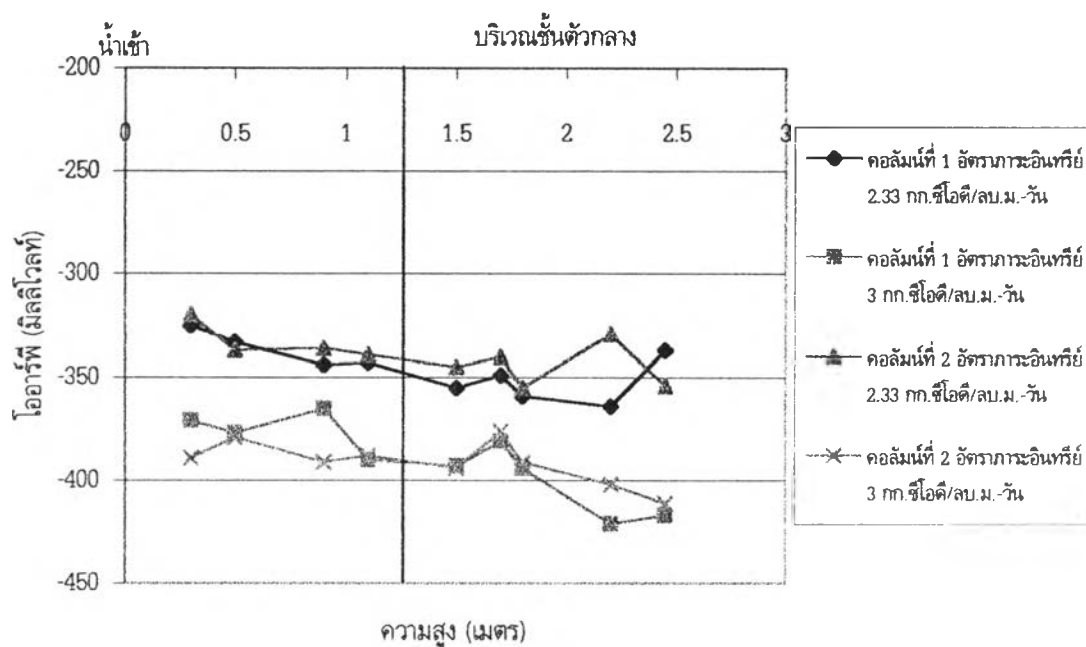
ตารางที่ 4.13 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าโออาร์พีตามระยะความสูงของระบบ ค่าโออาร์พีภายในคอลัมน์ทั้งสอง ทุก ๆ จุดมีค่าโออาร์พีแกว่งตัวไปมา โดยมีค่าอยู่ระหว่าง -320 ถึง -360 ที่อัตราการอินทรีย์ 2.33 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน แต่เมื่อเพิ่มค่าอัตราการอินทรีย์เป็น 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน จะมีการลดลงของค่าโออาร์พี มากกว่าอยู่ในช่วง -370 ถึง -410 แต่จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าโออาร์พีไม่ได้บ่งชี้ถึงความแตกต่างมากนัก เพียงแต่เป็นค่าลบแสดงว่าให้เห็นเป็นปฏิกิริยาแบบไร้ออกซิเจน และจะมีการเปลี่ยนแปลงของค่าโออาร์พีของน้ำทิ้งมีค่าลดลงเรื่อยตามระยะความสูง แสดงให้เห็นว่าตลอดชั้นความสูงของคอลัมน์ทั้งสองจะเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ไปตลอด ดังรูปที่ 4.15

ตารางที่ 4.13 ค่าเฉลี่ยโออาร์พีที่ตำแหน่งต่างๆตามความสูงของระบบ

ตัวแปร	ความสูง (เมตร)	อัตราการอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)			
		คอลัมน์ที่ 1		คอลัมน์ที่ 2	
		2.33	3	2.33	3
โออาร์พี (มิลลิโวลต์)	น้ำเข้า	-	-	-	-
	0.3	-325	-371	-320	-389
	0.5	-333	-377	-337	-379
	0.9	-344	-365	-336	-391
	1.1	-343	-390	-339	-388
	1.5	-355	-393	-345	-394
	1.7	-349	-381	-340	-376
	1.8	-359	-394	-355	-391
	2.2	-364	-421	-329	-402
	2.45	-337	-417	-354	-411



รูปที่ 4.14 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชตามระยะความสูงของระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศ ที่อัตราภาระอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ของคอลัมน์ที่ 1 และ 2



รูปที่ 4.15 แสดงการเปลี่ยนแปลงโออาร์พีตามระยะความสูงของระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศ ที่อัตราภาระอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ของคอลัมน์ที่ 1 และ 2

### 4.3.2 ปริมาณกรตระเหยง่าย สภาพด่างทั้งหมด และ อัตราส่วนกรตระเหยง่ายต่อสภาพด่างทั้งหมด

#### ปริมาณกรตระเหยง่าย

ตารางที่ 4.14 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณกรตระเหยง่ายและค่าเฉลี่ยสภาพด่างทั้งหมด จากรูปที่ 4.16 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรตระเหยง่าย ตามระยะความสูงของคอลัมน์ จะเห็นว่าปริมาณกรตระเหยง่ายในน้ำเสียมักมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อน้ำเสียเริ่มเข้าสู่ระบบ เนื่องจากเซลล์แบคทีเรียเข้ามาทำการย่อยสลายสารอาหาร โดยในช่วงแรกแบคทีเรียสร้างกรดจะเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้เปลี่ยนรูปไปเป็นกรตระเหยง่าย และเมื่อน้ำเสียผ่านบริเวณชั้นตัวกลางด้านบนของคอลัมน์ พบว่าปริมาณกรตระเหยง่ายค่อยๆมีค่าลดลง เพราะแบคทีเรียสร้างมีเทนก็จะใช้กรตระเหยง่ายในการสร้างก๊าซมีเทน ทำให้ปริมาณกรตระเหยง่ายโดยรวมมีค่าลดลง และคงที่ในที่สุด

#### สภาพด่างทั้งหมด

รูปที่ 4.17 แสดงการเปลี่ยนแปลงสภาพด่างทั้งหมดตามระยะความสูงของระบบ พบว่าค่าสภาพด่างทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มระดับความสูงของคอลัมน์ โดยค่าสภาพด่างทั้งหมดที่ระยะ 0.3 ม. จะมีค่าต่ำสุด เนื่องจากในช่วงด้านล่างของคอลัมน์เป็นบริเวณที่แบคทีเรียสร้างกรดย่อยสลายสารอินทรีย์และเปลี่ยนไปเป็นกรตระเหยง่าย สภาพด่างทั้งหมดในน้ำเสียจึงถูกใช้เป็นบัฟเฟอร์ให้กับระบบเพื่อรักษาพีเอชของระบบไว้ไม่ให้ตกลง และสภาพด่างทั้งหมดที่ระยะมากกว่า 0.5 ม. จะค่อยๆปรับตัวมากขึ้น ตามความสูงของคอลัมน์ แสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียที่สร้างกรดจะอาศัยอยู่มากบริเวณด้านล่างของชั้นสลัดจ์ และที่ระยะสูงขึ้นมาจะเป็นที่อาศัยของแบคทีเรียที่สร้างมีเทน ซึ่งส่งผลให้ปริมาณกรตระเหยง่ายลดลง ขณะที่ค่าสภาพด่างทั้งหมดเพิ่มขึ้นเพราะระบบจะสร้างไบคาร์บอเนตเพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อพิจารณา สภาพด่างทั้งหมดบริเวณที่เป็นชั้นตัวกลางมีค่าค่อนข้างคงที่ แสดงให้เห็นว่า ในส่วนของชั้นตัวกลางด้านบนของถัง มีสภาพด่างที่เพียงพอ และไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพด่างบริเวณนี้

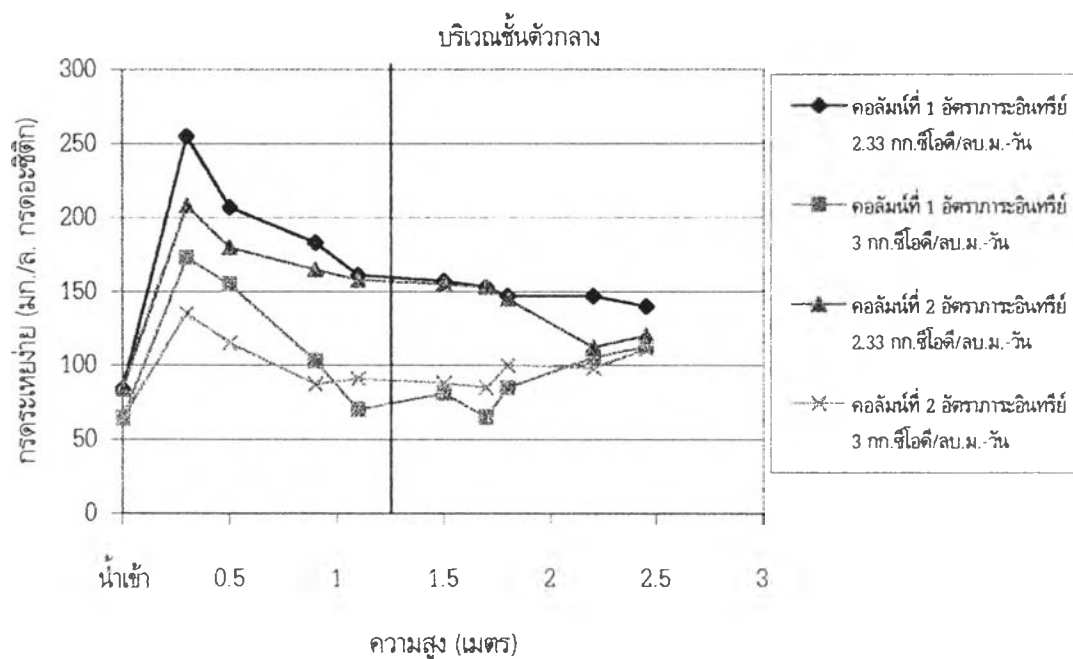
#### อัตราส่วนกรตระเหยง่ายต่อสภาพด่างทั้งหมด

ตารางที่ 4.15 แสดงค่าเฉลี่ยอัตราส่วนกรตระเหยง่ายต่อสภาพด่างทั้งหมดที่ตำแหน่งต่างๆตามความสูงของระบบ ดังรูปที่ 4.18 แสดงการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนกรตระเหยง่ายต่อสภาพด่างทั้งหมดตามระยะความสูงของระบบ จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนกรตระเหยง่ายต่อสภาพด่างทั้งหมดยังอยู่ในช่วง 0.11-0.04 แสดงให้เห็นว่าระบบมีบัฟเฟอร์เพียงพอและป้องกันไม่ให้เกิดค่าพีเอชลดลงอย่างรวดเร็วจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรตระเหยง่ายอย่างฉับพลัน โดยมีค่าสูงสุดที่ระยะความสูง 0.3 ม. และมีแนวโน้มลดลงไปเรื่อยๆตามระยะความสูงของคอลัมน์ เนื่องจากที่ระยะความสูง 0.3 ม. มีการเพิ่มปริมาณกรตระเหยง่าย ที่เกิดจากการย่อยสลาย

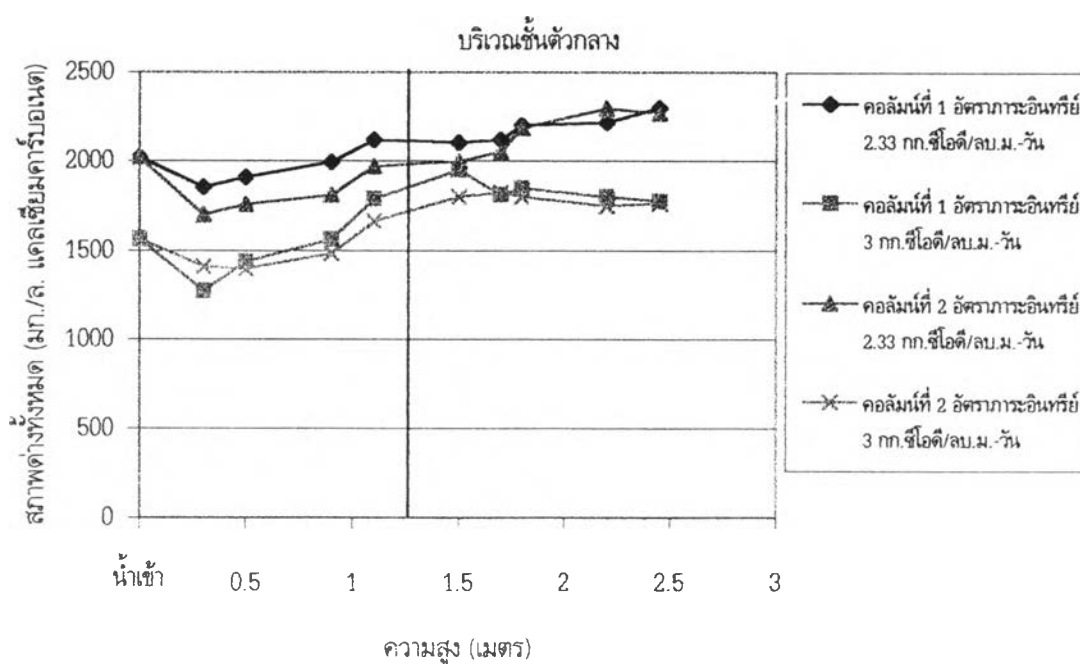
สารอินทรีย์ของเบคทีเรียสร้างกรดและค่าสภาพต่างทั้งหมดที่ลดลงเพื่อใช้เป็นบัฟเฟอร์ให้กับระบบ แต่หลังจากนี้กรดจะถูกรับไป ในขณะที่ระบบสร้างไบคาร์บอเนตขึ้นมาเพิ่มขึ้นทำให้สภาพต่างทั้งหมดเพิ่มขึ้นตาม

ตารางที่ 4.14 ค่าเฉลี่ยกรดระเหยง่ายและค่าเฉลี่ยสภาพต่างทั้งหมดที่ตำแหน่งต่างๆตามความสูงของระบบ

ตัวแปร	ความสูง (เมตร)	อัตราสารอินทรีย์ (กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน)			
		คอลัมน์ที่ 1		คอลัมน์ที่ 2	
		2.33	3	2.33	3
กรดระเหยง่าย (มก./ล.กรดอะซิติก)	น้ำเข้า	84	64	84	64
	0.3	255	173	208	135
	0.5	207	155	180	115
	0.9	183	103	165	87
	1.1	161	70	158	91
	1.5	157	81	155	88
	1.7	153	65	153	85
	1.8	147	85	145	100
	2.2	147	105	112	98
	2.45	140	113	120	111
สภาพต่างทั้งหมด (มก./ล. แคลเซียม คาร์บอเนต)	น้ำเข้า	2022	1565	2022	1565
	0.3	1855	1275	1701	1412
	0.5	1911	1438	1758	1400
	0.9	1994	1563	1809	1483
	1.1	2119	1788	1971	1663
	1.5	2105	1950	1998	1800
	1.7	2119	1813	2052	1825
	1.8	2202	1850	2187	1800
	2.2	2216	1800	2295	1750
2.45	2299	1775	2268	1763	



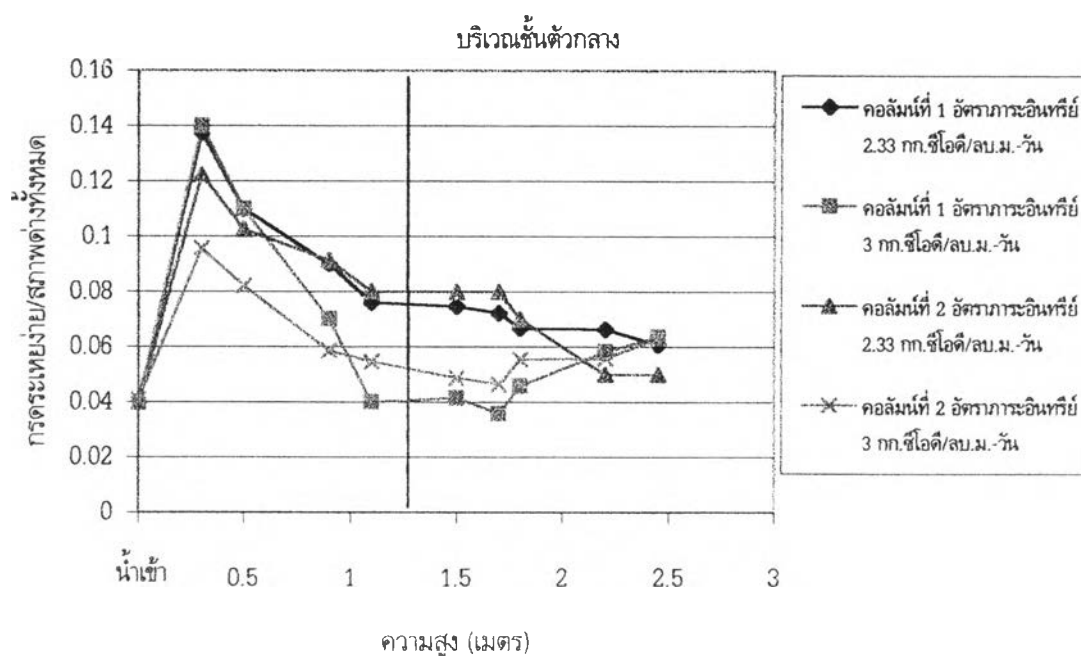
รูปที่ 4.16 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณกระแหง่าย ตามระยะความสูงของระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศ ที่อัตราการอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ของคอลัมน์ที่ 1 และ 2



รูปที่ 4.17 แสดงการเปลี่ยนแปลงสภาพต่างทั้งหมดตามระยะความสูงของระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศที่อัตราการอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ของคอลัมน์ที่ 1 และ 2

ตารางที่ 4.15 ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนการระเหยต่อสภาพต่างทั้งหมดที่ตำแหน่งต่างๆตามความสูงของระบบ

ตัวแปร	ความสูง (เมตร)	อัตราการระเหยอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)			
		คอลัมน์ที่ 1		คอลัมน์ที่ 2	
		2.33	3	2.33	3
อัตราส่วน	น้ำเข้า	0.04	0.04	0.04	0.04
การระเหยต่อสภาพต่างทั้งหมด	0.3	0.14	0.14	0.12	0.10
	0.5	0.11	0.11	0.10	0.08
	0.9	0.09	0.07	0.09	0.06
	1.1	0.08	0.04	0.08	0.05
	1.5	0.07	0.04	0.08	0.05
	1.7	0.07	0.04	0.08	0.05
	1.8	0.07	0.05	0.07	0.06
	2.2	0.07	0.06	0.05	0.06
	2.45	0.06	0.06	0.05	0.06



รูปที่ 4.18 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าการระเหยต่อสภาพต่างทั้งหมดตามระยะความสูงของระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศที่อัตราการระเหยอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วันของคอลัมน์ที่ 1 และ 2

### 4.3.3 ตะกอนแขวนลอยและตะกอนโคลนไถล์

ตารางที่ 4.16 แสดงค่าเฉลี่ยตะกอนแขวนลอยและค่าเฉลี่ยตะกอนโคลนไถล์ รูปที่ 4.19 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าตะกอนแขวนลอยตามระยะความสูงของระบบ รูปที่ 4.20 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าตะกอนโคลนไถล์ ตามระยะความสูงของระบบ เนื่องจากจะมีส่วนของชั้นตะกอนที่มีระยะความสูง 0.5 ม. อยู่บริเวณก้นคอลัมน์ ทำให้ค่าตะกอนแขวนลอยและค่าเฉลี่ยตะกอนโคลนไถล์ ในระยะดังกล่าวมีค่าสูงมาก แต่หลังจากระยะดังกล่าว จะพบว่าค่าตะกอนแขวนลอยและตะกอนโคลนไถล์ภายในคอลัมน์ทั้งสองมีค่าลดลงเมื่อระยะความสูงเพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่าจะมีการฟุ้งกระจายตัวของตะกอนในชั้นตะกอนส่วนบนตลอดเวลาเนื่องจากปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นภายในชั้นของตะกอน ทำให้ตะกอนที่ฟุ้งกระจายจะหลุดออกมากับน้ำเสียได้ ซึ่งภายในคอลัมน์ที่ใช้ในการทดลองได้ใส่ตัวกลางเอาไว้ ทำให้สามารถลดปริมาณตะกอนที่จะหลุดออกมากับน้ำทิ้งได้ โดยจากผลการทดลองพบว่า คอลัมน์ที่ 2 ที่บรรจุตัวกลางทรงกลมไว้ จะมีประสิทธิภาพในการเก็บกักเซลล์ได้ดีกว่าคอลัมน์ที่ 1 ซึ่งบรรจุตัวกลางรูปวงแหวน นอกจากนี้ยังพบว่าเห็นแนวโน้มของการลดลงของค่าตะกอนแขวนลอยและค่าตะกอนโคลนไถล์ ที่ลดลงไปตามระดับความสูงด้วย ซึ่งชั้นตัวกลางสามารถทำหน้าที่กักเซลล์แบคทีเรียได้อย่างมีประสิทธิภาพ

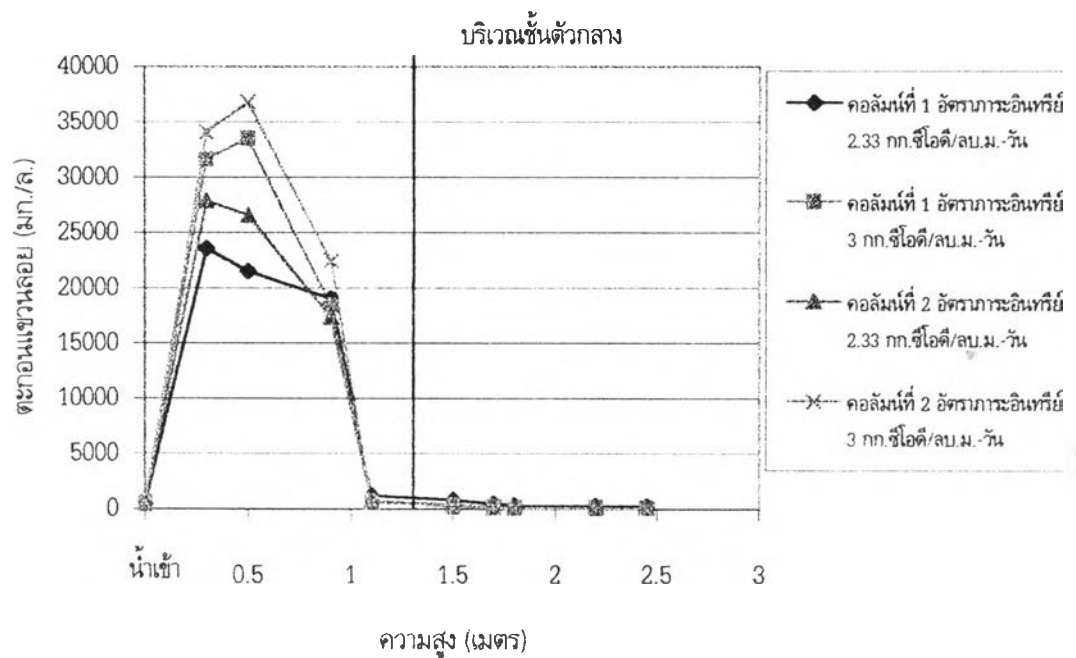
### 4.3.4 ซีไอดี

รูปที่ 4.21 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าซีไอดี ตามระยะความสูงของคอลัมน์ พบว่าค่าเฉลี่ยซีไอดีมีค่าลดลงตามความสูงของถัง ดังแสดงในตารางที่ 4.17 โดยการเปลี่ยนแปลงค่าซีไอดีส่วนใหญ่เกิดขึ้นบริเวณตอนล่างของคอลัมน์ และจะมีค่าลดน้อยลงไปไม่ค่อยมากหลังจากผ่านชั้นตะกอนซึ่งเป็นระยะ 0.5 ม. ขึ้นไป แสดงถึงการเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายอินทรีย์ส่วนใหญ่ของแบคทีเรียที่อยู่ตอนล่างของคอลัมน์ โดยจะค่าซีไอดีจะลดลงอย่างมากตั้งแต่ระยะ 0.3 ม. จากก้นคอลัมน์ เนื่องจากแบคทีเรียที่สร้างกรด จะเข้าทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มากับน้ำเสียซึ่งมีปริมาณสารอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายง่ายในปริมาณมาก ส่วนในระยะชั้นของตัวกลางก็พบว่าการลดลงของค่าซีไอดีบ้าง เนื่องจากภายในชั้นของตัวกลาง มีส่วนของชั้นตะกอนลอยขึ้นไปติด รวมไปถึงยังมีแบคทีเรียที่อาศัยตัวกลางดำรงชีวิตอยู่ด้วย ทำให้เกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่อเนื่องทำให้ค่าซีไอดีของน้ำเสียลดต่ำลงบ้าง แต่ในน้ำเสียที่ไหลขึ้นมาถึงส่วนนี้จะมีปริมาณสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายง่ายน้อยลง ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีไม่มากนัก โดยทั้งสองคอลัมน์จะมีแนวโน้มในการลดลงของค่าซีไอดีใกล้เคียงกัน

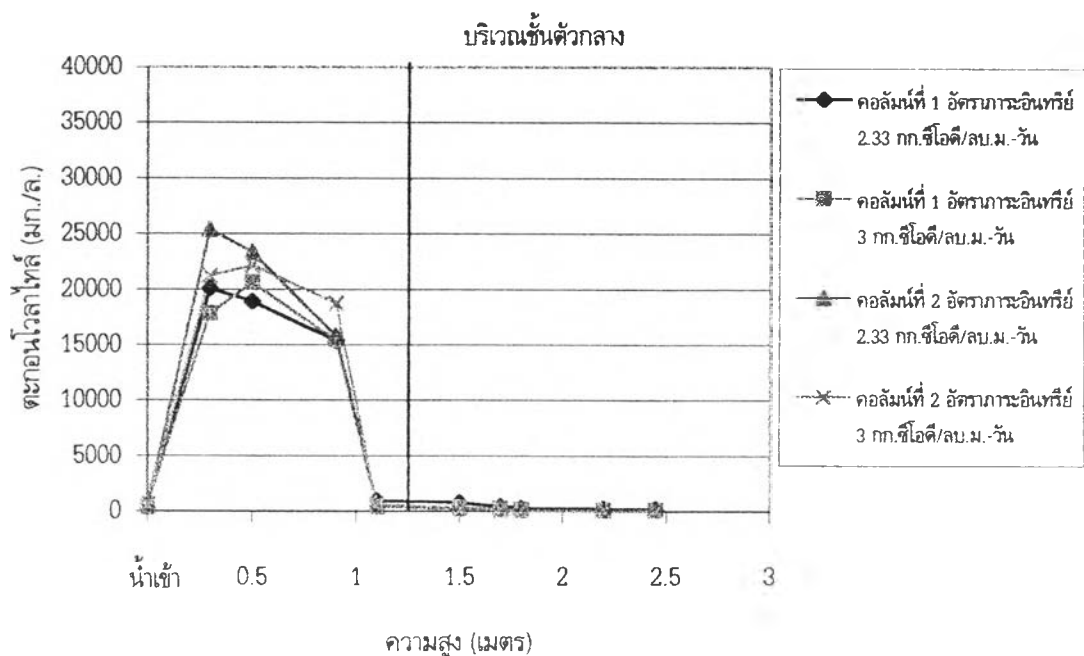


ตารางที่ 4.16 ค่าเฉลี่ยตะกอนแขวนลอยและค่าเฉลี่ยตะกอนโคลนไถล์ที่ตำแหน่งต่างๆตามความสูงของระบบ

ตัวแปร	ความสูง (เมตร)	อัตราการอินทรีย์ (กก ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)			
		คอลัมน์ที่ 1		คอลัมน์ที่ 2	
		2.33	3	2.33	3
ตะกอนแขวนลอย (มก./ล.)	น้ำเข้า	495	590	495	590
	0.3	23535	31650	27855	34100
	0.5	21480	33530	26540	36800
	0.9	18975	18355	17330	22450
	1.1	1250	720	645	650
	1.5	815	383	265	247
	1.7	512	248	215	135
	1.8	320	136	155	120
	2.2	300	142	145	105
	2.45	225	115	120	45
ตะกอนโคลนไถล์ (มก./ล.)	น้ำเข้า	460	575	460	575
	0.3	20055	17850	25390	21200
	0.5	18925	20600	23345	22150
	0.9	15370	15425	15825	18755
	1.1	955	435	450	615
	1.5	770	346	235	230
	1.7	455	235	200	115
	1.8	275	125	120	110
	2.2	250	115	120	75
	2.45	200	95	100	33



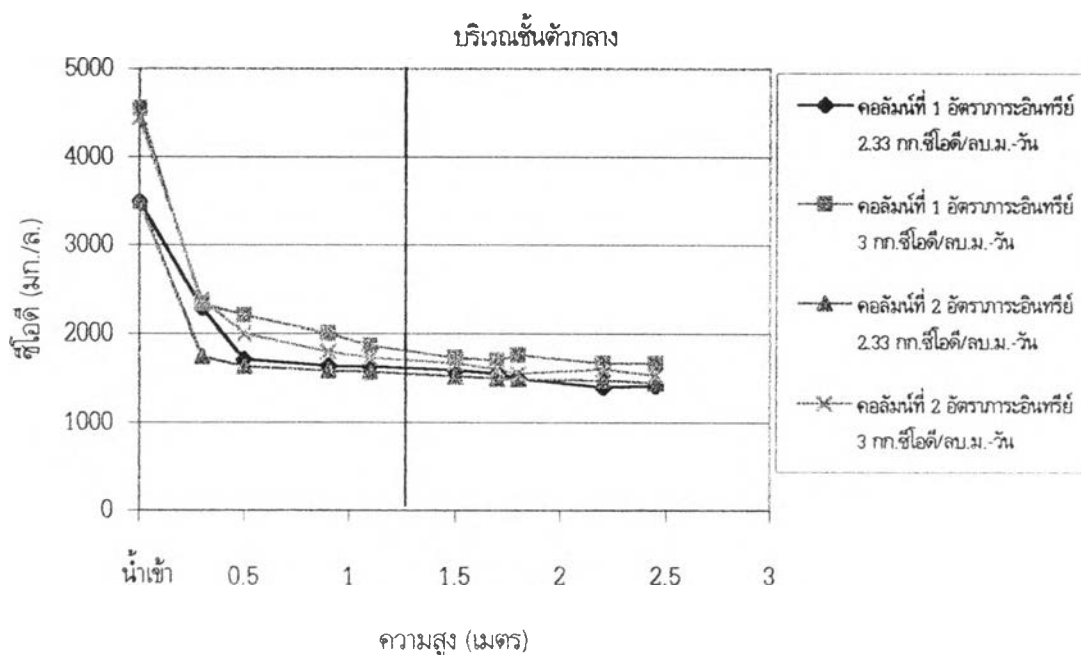
รูปที่ 4.19 แสดงการเปลี่ยนแปลงตะกอนแขวนลอยตามระยะความสูงของระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศที่อัตราการอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน ของคอลัมน์ที่ 1 และ 2



รูปที่ 4.20 แสดงการเปลี่ยนแปลงตะกอนโวลไทล์ตามระยะความสูงของระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศที่อัตราการอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน ของคอลัมน์ที่ 1 และ 2

ตารางที่ 4.17 ค่าเฉลี่ยซีโอดีที่ตำแหน่งต่างๆตามความสูงของระบบ

ตัวแปร	ความสูง (เมตร)	อัตราการระเหยอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)			
		คอลัมน์ที่ 1		คอลัมน์ที่ 2	
		2.33	3	2.33	3
ซีโอดี (มก./ล.)	น้ำเข้า	3500	4550	3500	4450
	0.3	2280	2331	1740	2380
	0.5	1710	2200	1630	2000
	0.9	1640	2000	1580	1800
	1.1	1630	1867	1570	1733
	1.5	1590	1733	1520	1667
	1.7	1550	1700	1500	1600
	1.8	1500	1760	1490	1550
	2.2	1400	1667	1480	1600
	2.45	1420	1667	1450	1533



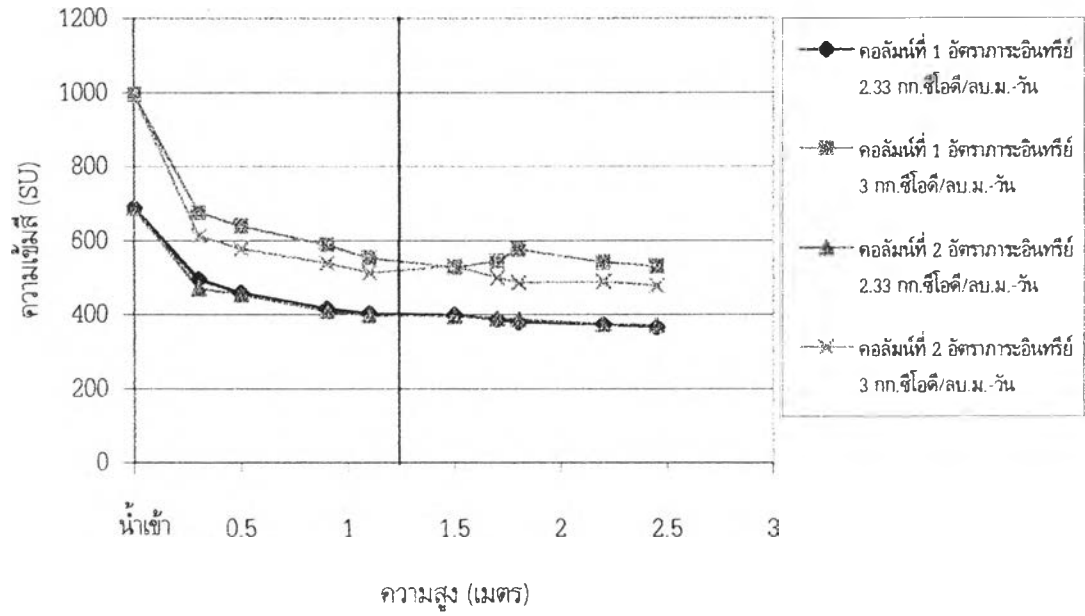
รูปที่ 4.21 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีตามระยะความสูงของระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศที่อัตราการระเหยอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ของคอลัมน์ที่ 1 และ 2

## 4.3.5 ส

รูปที่ 4.22 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นสัมพัทธ์ ตามระยะความสูงของคอลัมน์ พบว่าค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ลดลงตามความสูงของถัง โดยมีแนวโน้มของการลดลงของค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่เพิ่มขึ้นบริเวณตอนล่างของคอลัมน์เช่นเดียวกับกับซีโอดี และแนวโน้มของการลดค่าความชื้นสัมพัทธ์จะน้อยลงจนเกือบจะคงที่เมื่อความสูงเพิ่มขึ้น โดยทั้งสองคอลัมน์จะมีแนวโน้มในการลดลงของค่าความชื้นสัมพัทธ์ใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.18 ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ที่ตำแหน่งต่างๆตามความสูงของระบบ

ตัวแปร	ความสูง (เมตร)	อัตราการระเหยอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)			
		คอลัมน์ที่ 1		คอลัมน์ที่ 2	
		2.33	3	2.33	3
ความชื้นสัมพัทธ์ (SU)	น้ำเข้า	688	995	688	995
	0.3	495	675	471	612
	0.5	458	639	454	577
	0.9	416	587	409	539
	1.1	403	553	399	513
	1.5	399	527	395	531
	1.7	387	544	390	499
	1.8	380	576	387	487
	2.2	374	541	374	490
	2.45	366	531	371	477



รูปที่ 4.22 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นสัมพัทธ์ตามระยะความสูงของระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศที่อัตราภาวะอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ของคอลัมน์ที่ 1 และ 2

#### 4.4 วิจารณ์ผลการทดลอง

##### 4.4.1 อิทธิพลของอัตราการอินทรีย์ต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และสี

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดค่าระยะเวลาเก็บกักน้ำและอัตราการป้อนน้ำเสียคงที่ที่ 36 ชั่วโมง และ 7.5 ลิตรต่อวันตามลำดับ และแปรเปลี่ยนค่าอัตราการอินทรีย์ ในรูปของความเข้มข้นซีโอดีที่ป้อนเข้าระบบ โดยทำการทดลองที่อัตราการอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ที่ความเข้มข้นซีโอดี 3500 และ 4500 มิลลิกรัม/ลิตร จากการทดลองมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี 58% และ 65% ในคอลัมน์ที่ 1 และเป็น 55% และ 65% ในคอลัมน์ที่ 2 ที่อัตราการอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก. ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.17 ส่วนประสิทธิภาพในการบำบัดสีมีค่าเท่ากับ 44% และ 45% ในคอลัมน์ที่ 1 และเป็น 45% และ 51 ในคอลัมน์ที่ 2 ตามลำดับ ที่อัตราการอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.18

โดยพบว่าประสิทธิภาพของการกำจัดซีโอดีและสีของระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศจะมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเพิ่มอัตราการอินทรีย์ แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถที่จะปรับสภาพการรับอัตราการอินทรีย์ที่สูงขึ้นได้ โดยเมื่อพิจารณาประกอบกับสภาพความเป็นด่างทั้งหมดจะพบว่าระบบมีสภาพพีเอชที่เพียงพอต่อการเพิ่มอัตราการอินทรีย์ได้ โดยที่ระบบจะไม่เสียดุล แม้ปริมาณกรดไขมันระเหยของน้ำทิ้งจะสูงขึ้น ทั้งนี้พบว่าแนวโน้มของการลดลงของซีโอดีและสีจะไปในทิศทางเดียวกัน

##### 4.4.2 อิทธิพลของตัวกลางต่อประสิทธิภาพการเก็บกักเซลล์แบคทีเรียในระบบ

จากการทดลองพบว่าน้ำที่ออกมาจากระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศ จะมีปริมาณตะกอนแขวนลอยอยู่น้อยมาก เนื่องจากส่วนของชั้นตัวกลางพลาสติกโพลีเอทิลีนที่ลอยครั้งถึงในระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศนั้น ทำหน้าที่สำคัญในการเก็บกักเซลล์ในระบบและเป็นที่ยึดเกาะอาศัยของเซลล์ โดยในขณะที่ภายในคอลัมน์บริเวณด้านล่างของคอลัมน์จะเป็นส่วนของชั้นตะกอน ซึ่งมีความสูงประมาณ 0.5 ม. ซึ่งเป็นที่รวมกันของเซลล์แบคทีเรียมากมายที่มีส่วนสำคัญในการบำบัดน้ำเสียและหลังจากปฏิกิริยาย่อยสลายเกิดขึ้น ระบบจะผลิตก๊าซชีวภาพขึ้น ทำให้เกิดการสะสมของก๊าซชีวภาพภายในชั้นตะกอนจนมีปริมาณพอที่จะยกชั้นตะกอนให้ลอยสูงขึ้น ทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของชั้นตะกอนด้านบน โดยตะกอนจะลอยขึ้นไปตามกระแสการไหลของน้ำ น้ำจะพัดพาเอาตะกอนขึ้นไปตามความสูงของคอลัมน์ แต่จะหลุดออกไปกับน้ำได้ยาก เนื่องจากจะไปชนกับชั้นตัวกลางด้านบนแล้วตกกลับลงมาเสียก่อน ซึ่งตัวกลางพลาสติกนี้มีหน้าที่ป้องกันไม่ให้ชั้นตะกอนเกิดการหลุดออกไปจากระบบมาก จากการทดลองพบว่าที่อัตราการอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ส่วนของชั้นตัวกลางพลาสติกโพลีเอทิลีน สามารถทำหน้าที่ในการเก็บกักเซลล์แบคทีเรียได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดการทดลอง โดยสังเกตได้จากค่าปริมาณตะกอน โวลูโวลของ

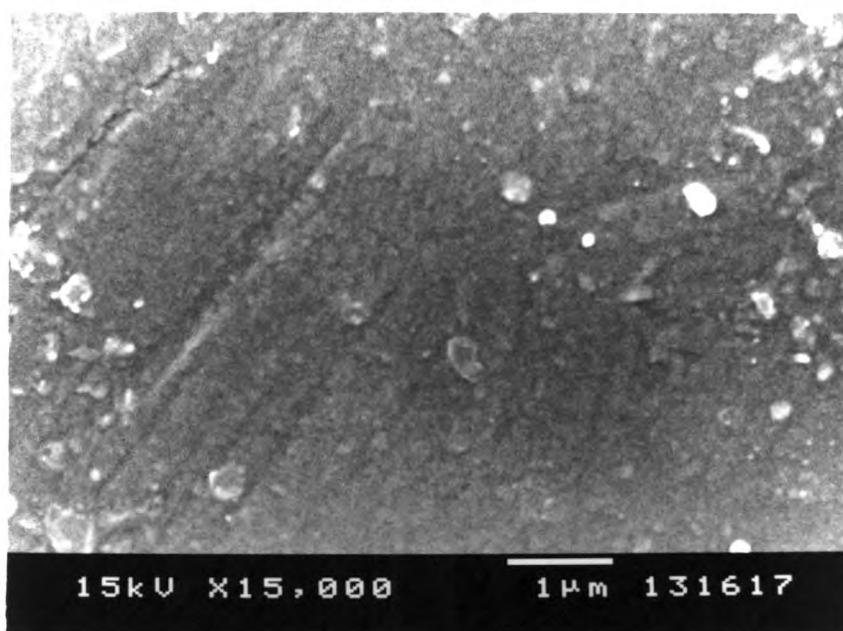
น้ำทิ้งที่แสดงถึงปริมาณเซลล์แบคทีเรียในระบบ ว่าจะมีค่าเพียง 178 และ 98 มก./ล สำหรับคอลัมน์ที่ 1 และมีค่าเท่ากับ 122 และ 49 มก./ล. สำหรับคอลัมน์ที่ 2 ที่อัตราการอินทรีย์ 2.33 และ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ ทำให้ระบบรักษาประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ไว้อยู่ได้ และเมื่อทำการทดลองหาปริมาณตะกอนที่อยู่บนพื้นผิวตัวกลางก็จะพบว่า จะมีเซลล์แบคทีเรียเกาะอยู่ที่ผิวตัวกลางเป็นปริมาณมาก โดยที่ตัวกลางรูปวงแหวนที่บรรจุอยู่ในคอลัมน์ที่ 1 มีปริมาณตะกอนโวลูไทล์ต่อพื้นที่ผิวตัวกลางเฉลี่ยเท่ากับ 705.9 มก./ม<sup>2</sup>/ม ของตัวกลาง และสำหรับตัวกลางทรงกลมที่บรรจุอยู่ในคอลัมน์ที่ 2 มีปริมาณตะกอนโวลูไทล์ต่อพื้นที่ผิวตัวกลางเฉลี่ยเท่ากับ 4633.3 มก./ม<sup>2</sup>/ม ของตัวกลาง ดังแสดงในตาราง จ.1 และ จ.2 ในภาคผนวก จ. จะเห็นว่าเซลล์แบคทีเรียอาศัยอยู่มาก แต่ในขณะเดียวกันก็ไม่ทำให้ระบบเกิดการอุดตันเลย น้ำเสียและก๊าซชีวภาพ สามารถระบายออกจากระบบได้ดี ไม่ติดขัด จากประสิทธิภาพการเก็บกักนี้เองทำให้ความสูงของชั้นตะกอนด้านล่างไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงเท่าใดนัก แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นลักษณะการวางตัวกลางพลาสติกโพลีเอทิลีนลอยครึ่งถึงแบบวางซ้อนกัน ก็มีส่วนในการเก็บกักเซลล์เป็นอย่างมาก ถ้าวางในรูปแบบไม่ซับซ้อนพอ จะทำให้ตัวกลางไม่สามารถป้องกันการหลุดออกของเซลล์แบคทีเรียได้อย่างมีประสิทธิภาพมากเท่าที่ควร เพราะน้ำที่มีตะกอนแขวนลอยจะมีโอกาสที่จะไหลผ่านตัวกลางได้ โดยไม่กระทบกับพื้นผิวตัวกลางเลย ซึ่งเหตุการณ์นี้เกิดขึ้นกับคอลัมน์ที่ 1 ซึ่งใช้ตัวกลางรูปวงแหวนเรียงซ้อนกัน ทำให้น้ำมีโอกาสไหลผ่านแบบลัดวงจรได้ ทำให้มีตะกอนแขวนลอยหลุดออกมากับน้ำที่ออกจากระบบในปริมาณหนึ่ง โดยเมื่อมาเปรียบเทียบกับคอลัมน์ที่ 2 ซึ่งใช้ตัวกลางทรงกลมเรียงซ้อนกัน โดยลักษณะของตัวกลางชนิดนี้เมื่อเรียงซ้อนกันแล้ว จะมีความสามารถในการกีดขวางทางเดินของน้ำได้ดีกว่า ทำให้ระบบในคอลัมน์ที่ 2 สามารถรักษาเซลล์ไว้ในระบบได้ดีกว่า คอลัมน์ที่ 1 ซึ่งการหลุดออกของเซลล์แบคทีเรียเป็นปริมาณมากๆจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ระบบไม่สามารถรักษาสมดุลไว้ได้ ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีลดลง

นอกจากนี้การเตรียมตัวกลางพลาสติก ให้มีสภาพที่เหมาะสมที่สุดก่อนบรรจุลงคอลัมน์ยังเป็นสิ่งที่สำคัญ เนื่องจากตัวกลางจะเป็นที่สำหรับเซลล์แบคทีเรียเกาะติด ดังนั้นการเพิ่มพื้นที่ผิวให้กับตัวกลางจึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยในการทดลองนี้ได้มีวิธีในการเพิ่มพื้นที่ผิวให้กับตัวกลางโดยการนำไปกัดด้วยกรดไนตริก 50% เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิว ทั้งนี้พบว่าหลังจากนำตัวกลางพลาสติกไปกัดด้วยกรดแล้วจะทำให้พื้นผิวของตัวกลางมีความคมชัดมากขึ้น ดังรูปที่ 4.23

#### 4.4.3 ลักษณะของเซลล์แบคทีเรียภายในถังระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศ

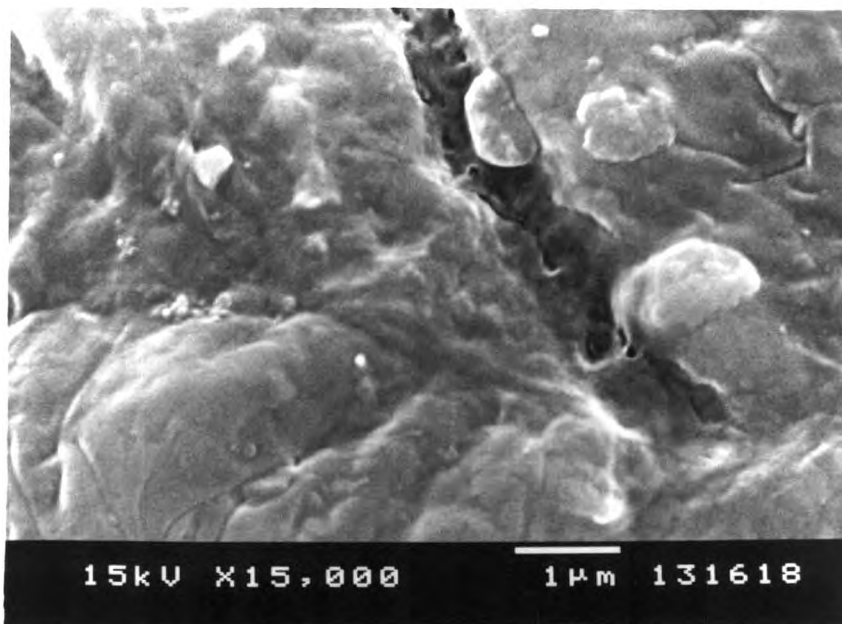
ลักษณะของเซลล์แบคทีเรียภายในถังระบบยูเอเอสบีที่ทำงานร่วมกับระบบกรองไร้อากาศ จะมีการทำงานร่วมกันของแบคทีเรียสองชนิดคือ ชนิดแขวนลอยอยู่ในน้ำและชนิดเกาะติดอยู่กับตัวกลาง ซึ่งแบคทีเรียที่แขวนลอยอยู่ในน้ำจะจับตัวกันเป็นเม็ดจนมีลักษณะเป็นเม็ดตะกอนขนาดเล็กๆ อยู่รวมกันเป็นชั้นตะกอนบริเวณด้านล่างของคอลัมน์ ส่วนแบคทีเรียชนิดเกาะติดกับตัวกลางจะมีลักษณะเป็นแผ่นเมือกเกาะอยู่ในส่วนของชั้นตัวกลางที่ลอยอยู่ด้านบนรูป ซึ่งจะมีความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้น้อยกว่าแบคทีเรียที่เป็นเม็ดตะกอนด้านล่างของคอลัมน์ โดยลักษณะของตะกอนแบคทีเรียเมื่อมองด้วยตาเปล่าจะพบว่า เป็นเม็ด

ตะกอนละเอียด มีขนาดเล็กแต่น้ำหนักมาก สีดำ และเมื่อทำการเพิ่มอัตราภาวะอินทรีย์และเมื่อนำเม็ดตะกอนไปตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน (Scanning Electron Microscopy) ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จะพบว่า เม็ดตะกอนจะมีลักษณะเป็นเม็ด มีรูปร่างที่แน่นอนแตกต่างกันไป ขนาดประมาณ 1000 ไมครอน ดังรูปที่ 4.24 และรูปที่ 4.25 ซึ่งเม็ดตะกอนนี้จะที่รวมกันของแบคทีเรียหลายๆ ชนิด ซึ่งจะสามารถสังเกตเห็นแบคทีเรียทั้งแบบต่อกันเป็นสายโซ่ยาวขนาดใหญ่ (Long chains of large rods) หรือ แบคทีเรียลักษณะกลมขนาดเล็กๆ ซึ่งจะอาศัยอยู่ที่เม็ดตะกอนนั้นๆ ดังรูปที่ 4.28 และเมื่อได้ทำการผ่าตามขวางภายในของเม็ดตะกอน จะพบว่ามีลักษณะอัดกันเหมือนฟองน้ำ ทำให้เกิดการถ่ายเทสารอินทรีย์เข้าและออกจากเม็ดตะกอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการถ่ายเทก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วย การที่แบคทีเรียรวมตัวกันเป็นเม็ดตะกอน ทำให้มันมีน้ำหนักมากขึ้นมีการจมตัวที่ดี และหลุดออกไปตามกระแส น้ำ ดังรูปที่ 4.26 และ รูปที่ 4.27 และเมื่อขยายดูลักษณะของเซลล์แบคทีเรียก็จะพบเป็นลักษณะของแบคทีเรียที่หลากหลายสายพันธุ์เกิดขึ้นอยู่ร่วมกัน ส่วนเซลล์แบคทีเรียที่เกาะอยู่ในชั้นตัวกลางมีลักษณะเป็นแผ่นสีดำ ด้านนอกที่สัมผัสกับกับน้ำเสียจะบุย ส่วนด้านในจะสัมผัสกับตัวกลางจะมีผิวเรียบและดำมากกว่าด้านนอก ดังรูปที่ 4.29 เมื่อขยายภาพลงไปเพื่อดูลักษณะของเซลล์แบคทีเรียจะพบว่าส่วนใหญ่จะเป็นแบคทีเรียพวกเส้นใย อาศัยอยู่ร่วมกับแบคทีเรียตัวอื่นๆดังรูปที่ 4.30 ซึ่งลักษณะของเซลล์แบคทีเรียระหว่างคอลัมน์ที่ 1 และ 2 จะมีลักษณะที่ค่อนข้างจะคล้ายกัน คือมีแบคทีเรียหลายชนิดอาศัยอยู่ร่วมกัน เพื่อช่วยในการย่อยสลายสารอินทรีย์



(ก). ก่อนที่จะกััดกรด





(ข). หลังกัดด้วยกรด

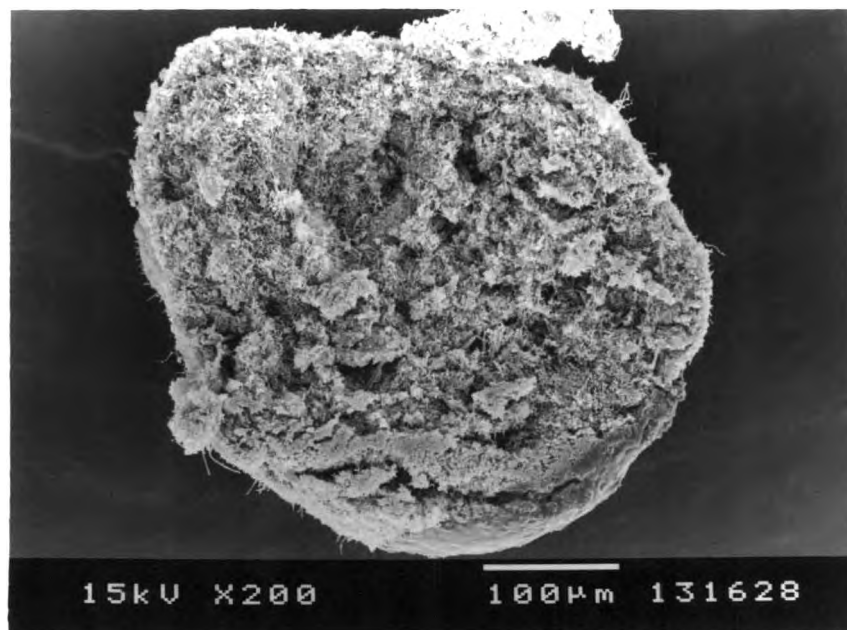
รูปที่ 4.23 รูปถ่ายจาก SEM แสดงลักษณะของพื้นผิวของตัวกลางพลาสติกจากท้องตลาด ก่อนและหลังกัดด้วยกรดที่กำลังขยาย 15000 เท่า



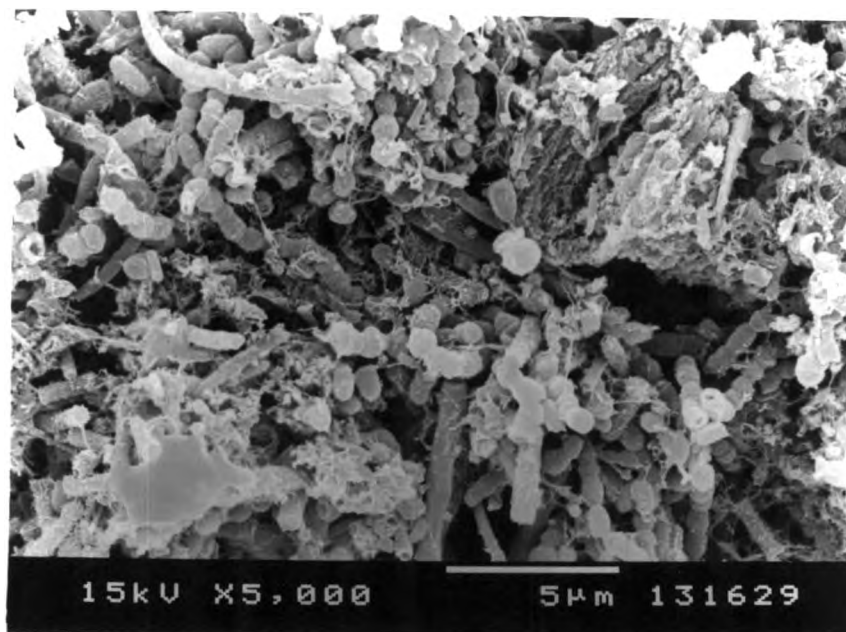
รูปที่ 4.24 แสดงลักษณะภายนอกของเม็ดตะกอน UASB ของคอลัมน์ที่ 1 ที่กำลังขยาย 100 เท่า



รูปที่ 4.25 แสดงลักษณะภายนอกของเม็ดตะกอน UASB ของคอลัมน์ที่ 2 ที่กำลังขยาย 100 เท่า



(ก). 200 เท่า

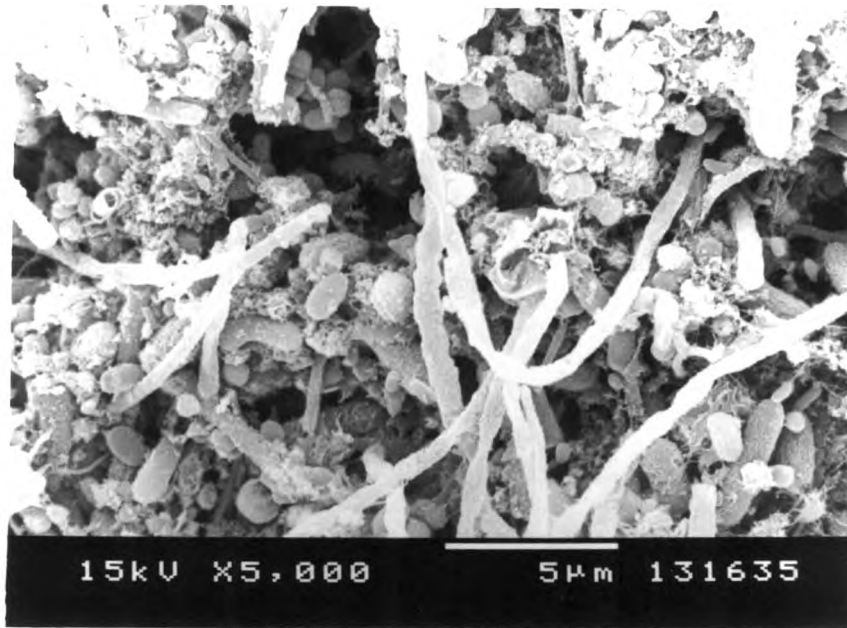


(ข). 5000 เท่า

รูปที่ 4.26 แสดงลักษณะภายในของเม็ดตะกอน UASB ที่ได้ทำการผ่าตามขวาง ของคอลัมน์ที่ 1 ที่กำลังขยาย 200 และ 5000 เท่า

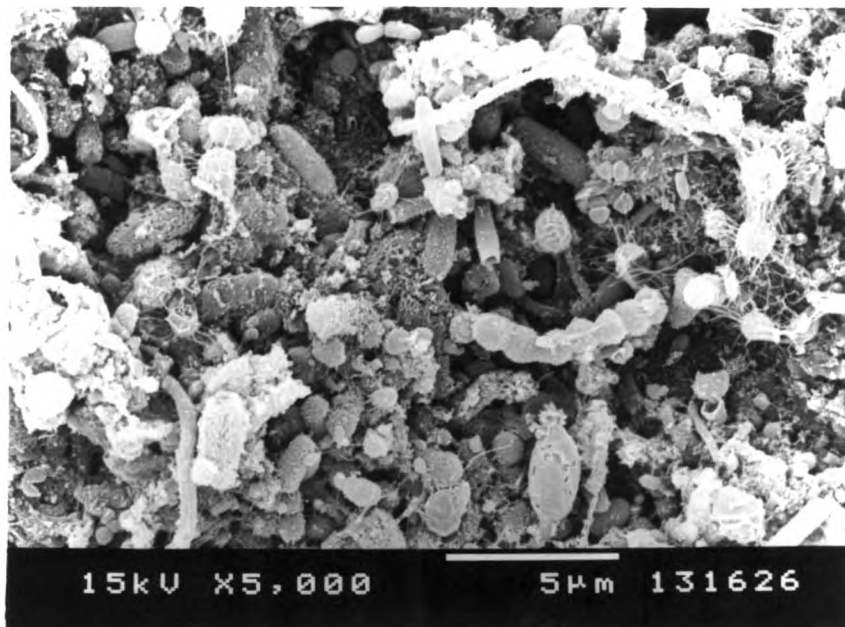


(ก). 100 เท่า

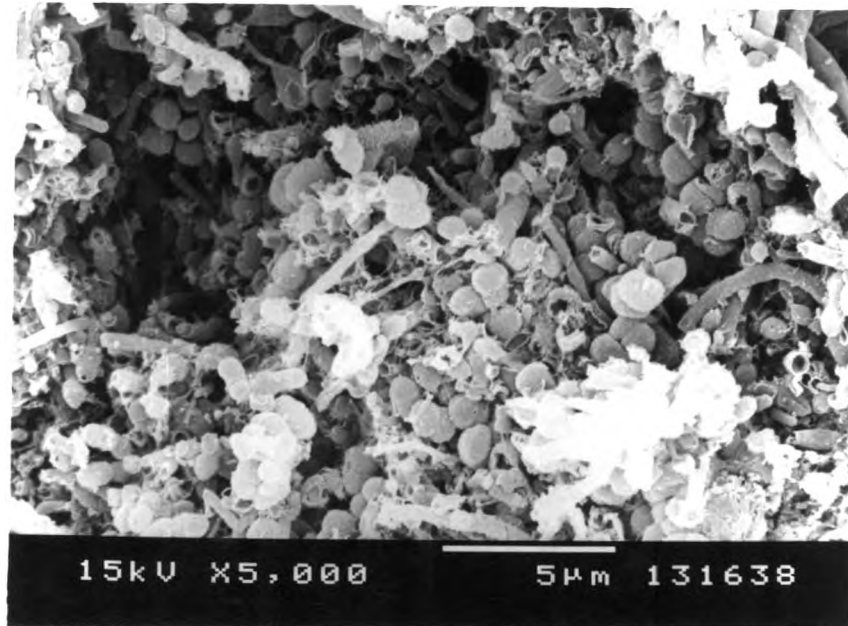


(ข). 5000 เท่า

รูปที่ 4.27 แสดงลักษณะภายในของเม็ดตะกอน UASB ที่ได้ทำการผ่าตามขวาง ของคอลัมน์ที่ 2 ที่กำลังขยาย 100 และ 5000 เท่า

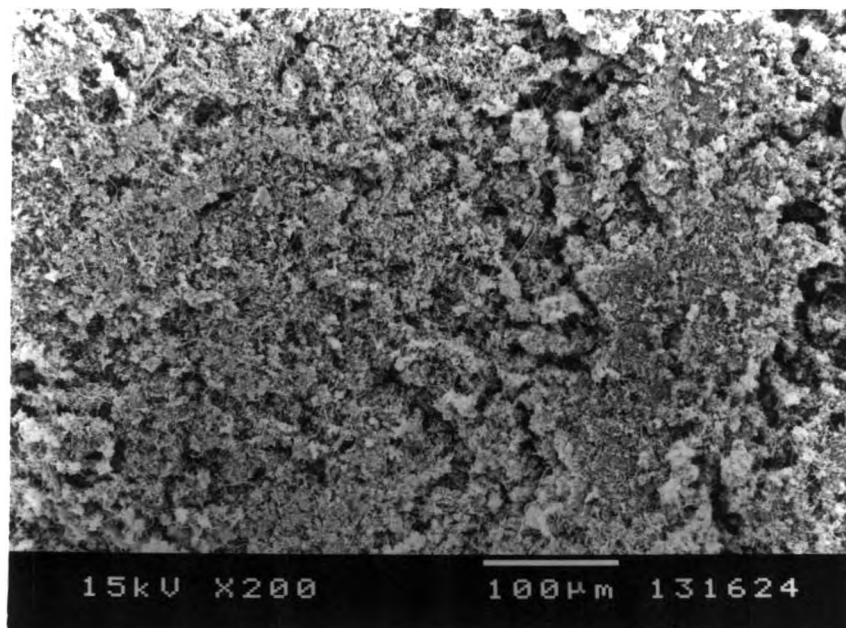


(ก). ที่คอลัมน์ที่ 1



(ข). ที่คอลัมน์ที่ 2

รูปที่ 4.28 แสดงลักษณะภายนอกของเม็ดตะกอน UASB ของคอลัมน์ที่ 1 และคอลัมน์ที่ 2  
ที่กำลังขยาย 5000 เท่า

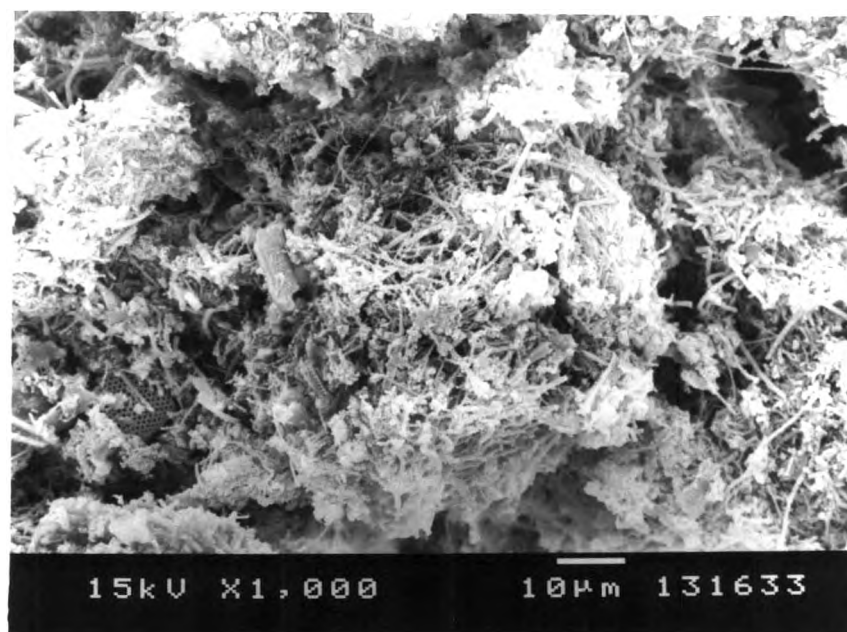


(ก). 200 เท่า

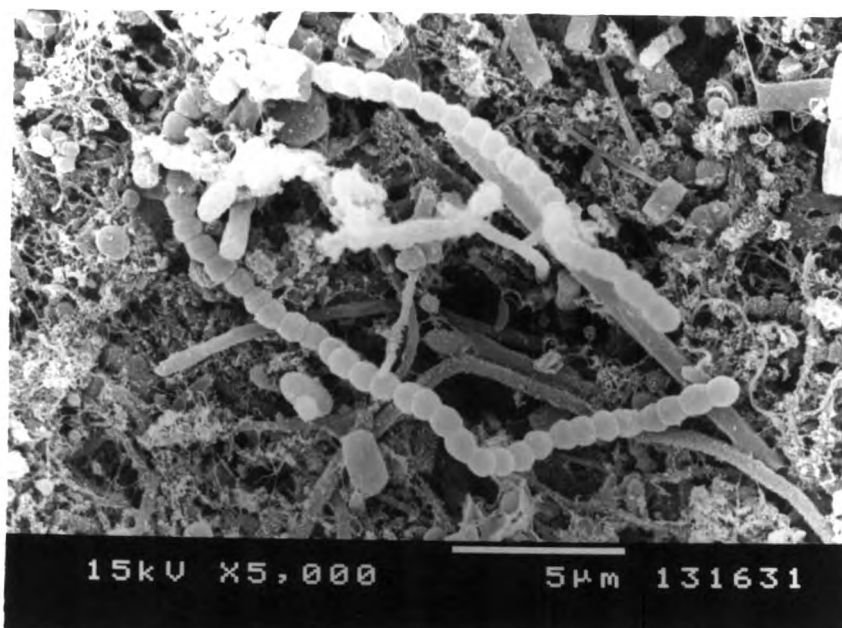


(ข). 5000 เท่า

รูปที่ 4.29 แสดงลักษณะของเซลล์แบคทีเรียที่อาศัยอยู่บนตัวกลางพลาสติก ของคอลัมน์ที่ 1 ที่กำลังขยาย 200 และ 5000 เท่า



(ก). 1000 เท่า



(ข). 5000 เท่า

รูปที่ 4.30 แสดงลักษณะของเซลล์แบคทีเรียที่อาศัยอยู่บนตัวกลางพลาสติก ของคอลัมน์ที่ 2  
ที่กำลังขยาย 1000 และ 5000 เท่า