

บทที่ 6

ผลการวิจัย และวิจารณ์ผล

6.1 การเริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์ (Start-up)

ในการวิจัยนี้ได้นำเชื้อจุลินทรีย์ มาจากห้องปฏิบัติการของบริษัท แชน. อี. 68 คอนซัลติง เอ็นจิเนียรส์ จำกัด โดยเชื้อจุลินทรีย์มีลักษณะเป็นเม็ด และเป็นชั้นตะกอนแขวนลอย (Sludge Blanket) ปนกัน ซึ่งเม็ดจุลินทรีย์มีขนาดประมาณ 1.0 มม. นำไปใส่ในถังยูเอเอสบีที่ใช้ทดลอง ถึงจะประมาณ 25 ลิตร (ประมาณ 13 % ของปริมาตรถัง) ทั้งสอง จากนั้นจึงเริ่มป้อนน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของซีโอดี 1,000 มก/ล โดยให้มีค่าออร์แกนิกโหลดคิง เท่ากับ 0.2 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน จากนั้นลดเวลาเก็บกักน้ำให้เป็น 24 ชั่วโมง แล้วจึงเพิ่มความเข้มข้นของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ถังยูเอเอสบีทั้งสอง ให้สูงขึ้นตามลำดับ ส่งผลให้ออร์แกนิกโหลดคิงสูงขึ้นตามไปด้วยใช้เวลาประมาณ 82 วัน จนถึงค่า 9.0 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน จึงเข้าสู่ชุดการทดลอง 3 ชุดดังตารางที่ 6.1 ข้างล่าง

ตารางที่ 6.1 แสดงเวลาแต่ละช่วงการทดลอง

ชุดการทดลอง	ค่าซีโอดีเข้าถัง (mg/l)	ออร์แกนิกโหลดคิง (kgCOD/m ³ -d)	วันที่ทำการทดลอง		หมายเหตุ
			ถังยูเอเอสบี 1	ถังยูเอเอสบี 2	
1	9,000	9.0	6 กย. - 5 ตค. 2537 (30 วัน)	6 กย. - 5 ตค. 2537 (30 วัน)	
2	9,000	9.0	6 ตค. - 10 พย. 2537 (36 วัน)	6 ตค. - 20 พย. 2537 (46 วัน)	มีการเติมนิเกิลและโคบอลต์ลงในน้ำเสียทั้งสองถังโดยมีอัตราส่วน COD : Ni : Co เท่ากับ 100 : 0.01 : 0.01
3	12,000	12.0	16 พย. - 27 ธค. 2537 (42 วัน)	24 พย. - 12 ธค. 2537 (17 วัน)	เฉพาะถังยูเอเอสบีที่ 1 ในวันที่ 16 พย. - 4 ธค. 2537 งดเติม Ni และ Co กลับมาเติม Ni และ Co อีกครั้งตั้งแต่วันที่ 5 ธค. 2537

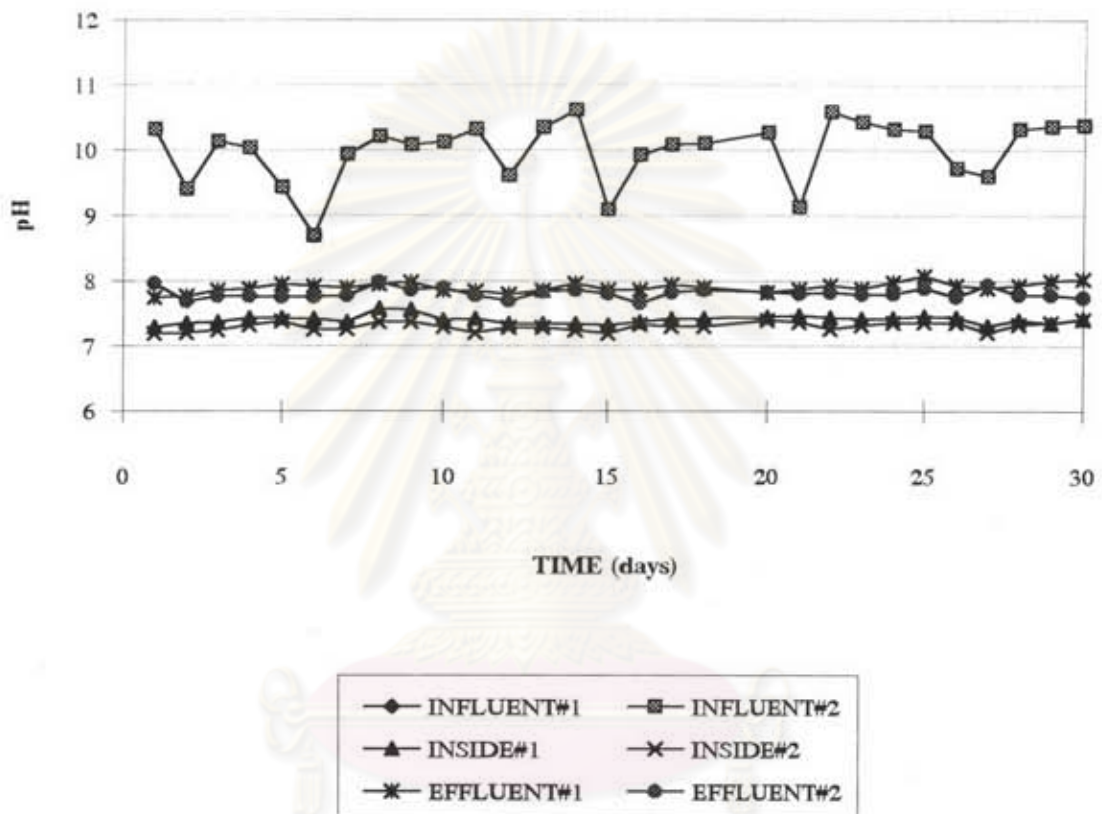
6.2 พีเอชของระบบยูเอเอสบี

ค่าพีเอชของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ถังยูเอเอสบีที่ทำการทดลองทั้งสองถังมีค่าค่อนข้างสูง เนื่องจากได้เติมสารเคมีที่เพิ่มกำลังบัฟเฟอร์ให้ระบบ โดยใช้ โซดาแอซ (Na_2CO_3) ซึ่งเป็นสารเคมีเพิ่มสภาพต่าง ส่งผลให้พีเอชภายในถังยูเอเอสบี และพีเอชของน้ำที่ออกจากถังยูเอเอสบี มีค่าค่อนข้างสูงดังตารางที่ 6.2 ซึ่งแสดงค่าพีเอชของน้ำเสียที่เข้าสู่ถังยูเอเอสบี ค่าพีเอชภายในถังยูเอเอสบี (ที่ระดับความสูงจากกันถึง 0.9 เมตร) และค่าพีเอชของน้ำทิ้งที่ออกจากถังยูเอเอสบีทั้งสองถัง ในการทดลองทั้ง 3 ชุด

ตารางที่ 6.2 แสดงค่าเฉลี่ยของพีเอชของระบบในการทดลองทั้ง 3 ชุด

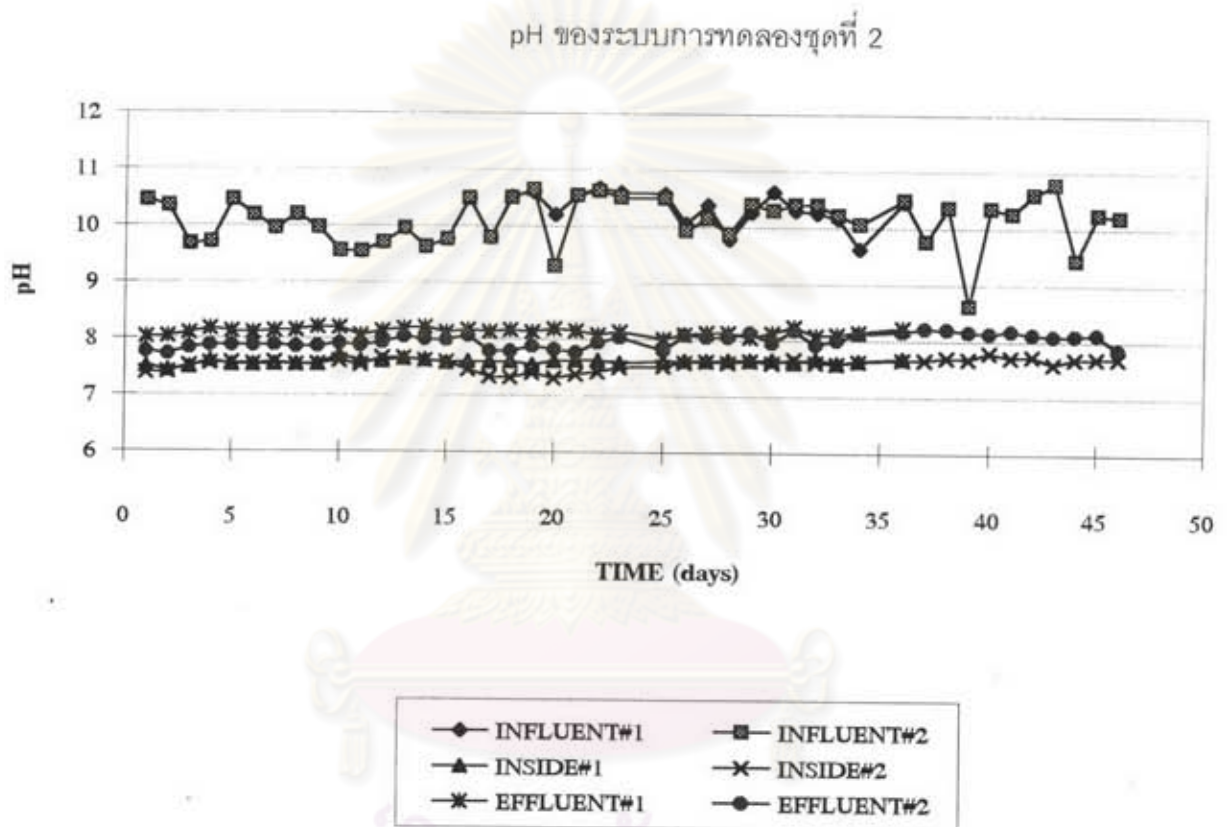
	การทดลอง ชุดที่1/1	การทดลอง ชุดที่1/2	การทดลอง ชุดที่2/1	การทดลอง ชุดที่2/2	การทดลอง ชุดที่3/1	การทดลอง ชุดที่3/2
น้ำเสียเข้าสู่ถัง	9.99 ± 0.48	9.99 ± 0.48	10.15 ± 0.6	10.10 ± 0.5	10.10 ± 0.5	10.17 ± 0.4
ภายในถัง	7.41 ± 0.06	7.30 ± 0.07	7.59 ± 0.06	7.57 ± 0.12	7.68 ± 0.08	7.71 ± 0.05
น้ำทิ้งออกจากถัง	7.90 ± 0.08	7.81 ± 0.08	8.13 ± 0.05	7.97 ± 0.14	8.10 ± 0.13	8.11 ± 0.06

รูปที่ 6.1 ถึง 6.3 แสดงค่าพีเอชของน้ำเสียที่เข้าสู่ถังยูเอเอสบี ค่าพีเอชของน้ำภายในถัง (ที่ระดับความสูงจากกันถึง 0.9 เมตร) และค่าพีเอชของน้ำทิ้งที่ออกจากถังยูเอเอสบีทั้งสองถังในการทดลองชุดที่ 1 ถึงชุดที่ 3 ตามลำดับ พีเอชของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ถังยูเอเอสบีทั้งสองถังในการทดลองทั้ง 3 ชุด มีค่าใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันมากนัก ค่าพีเอชของน้ำภายในถังยูเอเอสบีที่ 1 ในการทดลองชุดที่ 1 และ 2 มีค่าสูงกว่าถังที่ 2 เล็กน้อย ในการทดลองชุดที่ 3 ค่าพีเอชของน้ำภายในถังที่ 2 กลับสูงกว่าถังที่ 1 เล็กน้อย ค่าพีเอชภายในถังยูเอเอสบีทั้งสอง มีค่าประมาณ 7.3-7.7 ตลอดการทดลอง เป็นผลเนื่องมาจากการใช้โซดาแอซ ในการปรับค่ากำลังบัฟเฟอร์ เพื่อมิให้พีเอชภายในถังมีค่าลดต่ำลง จนยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย โดยเฉพาะชนิดที่ผลิตมีเทนจนทำให้ระบบล้มเหลวได้ ค่าพีเอชของน้ำเสียที่เข้าสู่ถังอยู่ในช่วง 9.0-10.5 ส่งผลให้พีเอชภายในถังยูเอเอสบีทั้งสองมีค่าสูงขึ้นตาม ค่าพีเอชของน้ำทิ้งที่ออกจากถังยูเอเอสบีที่ 1 มีค่าสูงกว่าถังที่ 2 เล็กน้อย ในการทดลองชุดที่ 1 และ 2 ค่าพีเอชของน้ำทิ้งที่ออกจากถังยูเอเอสบีทั้งสองถังมีค่าใกล้เคียงกันในการทดลองชุดที่ 3 การที่ค่าพีเอชของน้ำภายในถัง มีค่าสูงกว่าช่วง 6.8-7.2 ซึ่งเป็นช่วงที่แบคทีเรียที่ผลิตมีเทน ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพที่เหมาะสมอยู่เล็กน้อย แต่อย่างไรก็ตามค่าพีเอชที่วัดได้ภายในถังเป็นค่าที่ระดับความสูง 0.9 เมตรจากกันถังยูเอเอสบี และค่าพีเอชของถังมีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ น้ำเสียเข้าที่กันถังจนออกจากถัง ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณกรดอินทรีย์ระเหย ที่ถูกสร้างขึ้นโดยแบคทีเรียที่ผลิตกรด สภาพต่างของน้ำเสียในถังเป็นต้น ในการทดลองชุดที่ 1 ค่าพีเอชเฉลี่ยของภายในถังยูเอเอสบีที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 7.4 และ 7.3 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าค่าพีเอชภายในถังของ



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

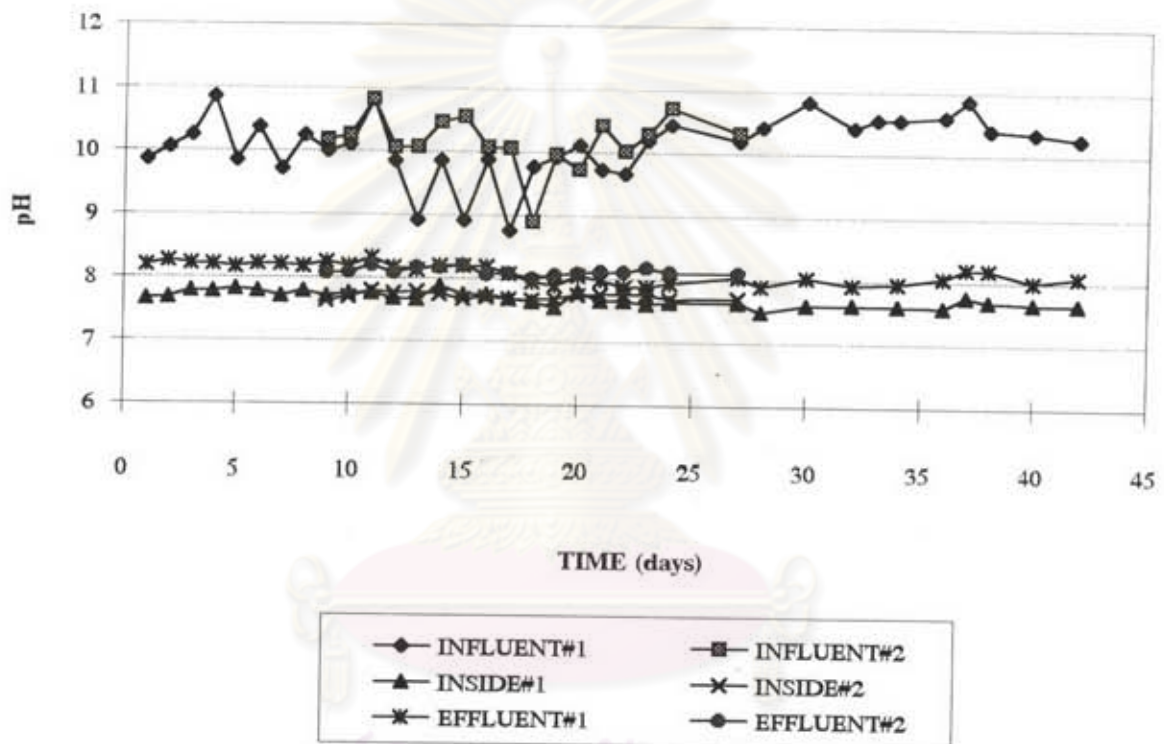
รูปที่ 6.1 แสดงค่าพีเอชของระบบยูเอเอสบีทั้งสองถัง ในการทดลองชุดที่ 1



รูปที่ 6.2 แสดงค่าพีเอชของระบบยูเอเอสบีทั้งสองถัง ในการทดลองชุดที่ 2



pH ของระบบการทดลองชุดที่ 3

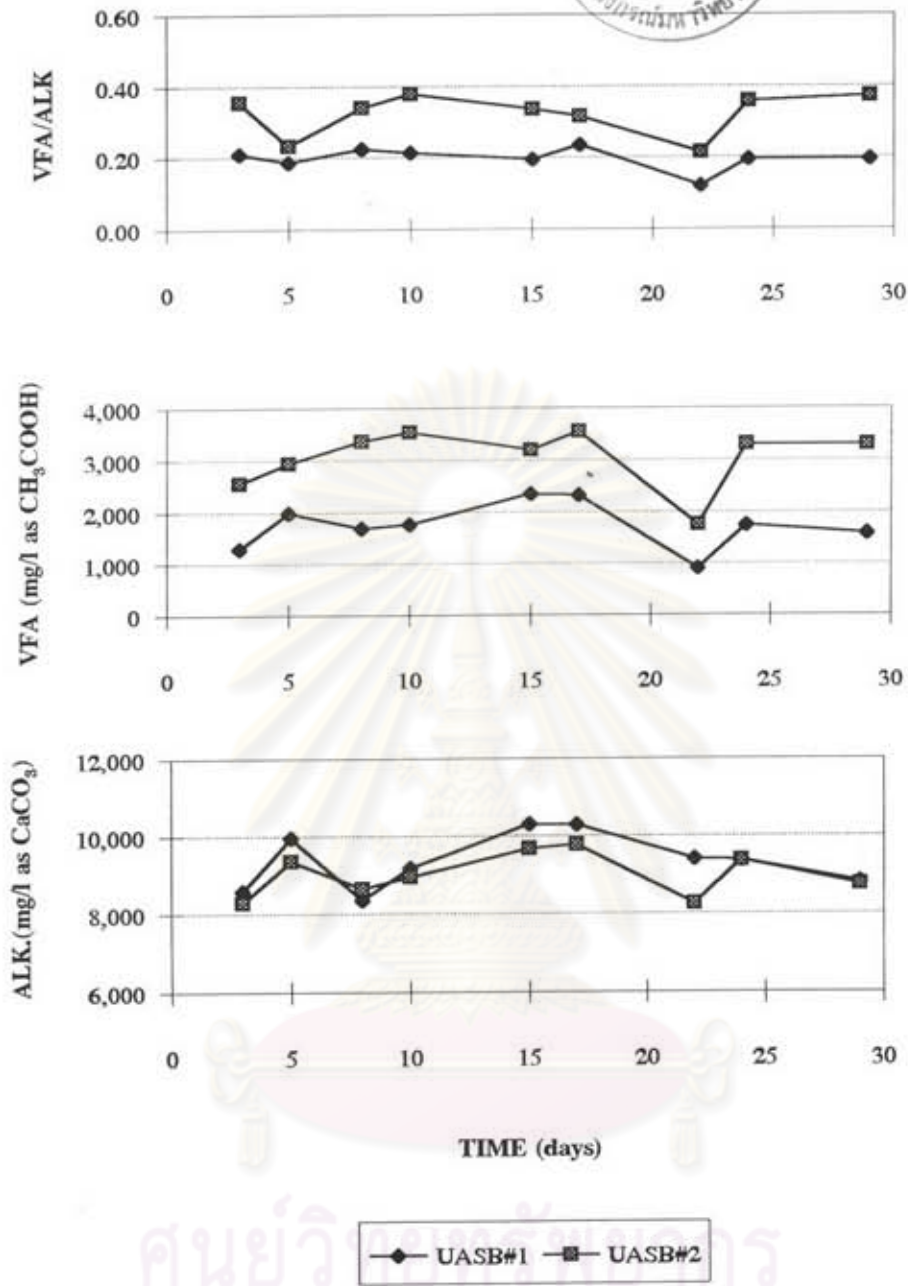


รูปที่ 6.3 แสดงค่าพีเอชของระบบยูเอเอสบีทั้งสองถัง ในการทดลองชุดที่ 3

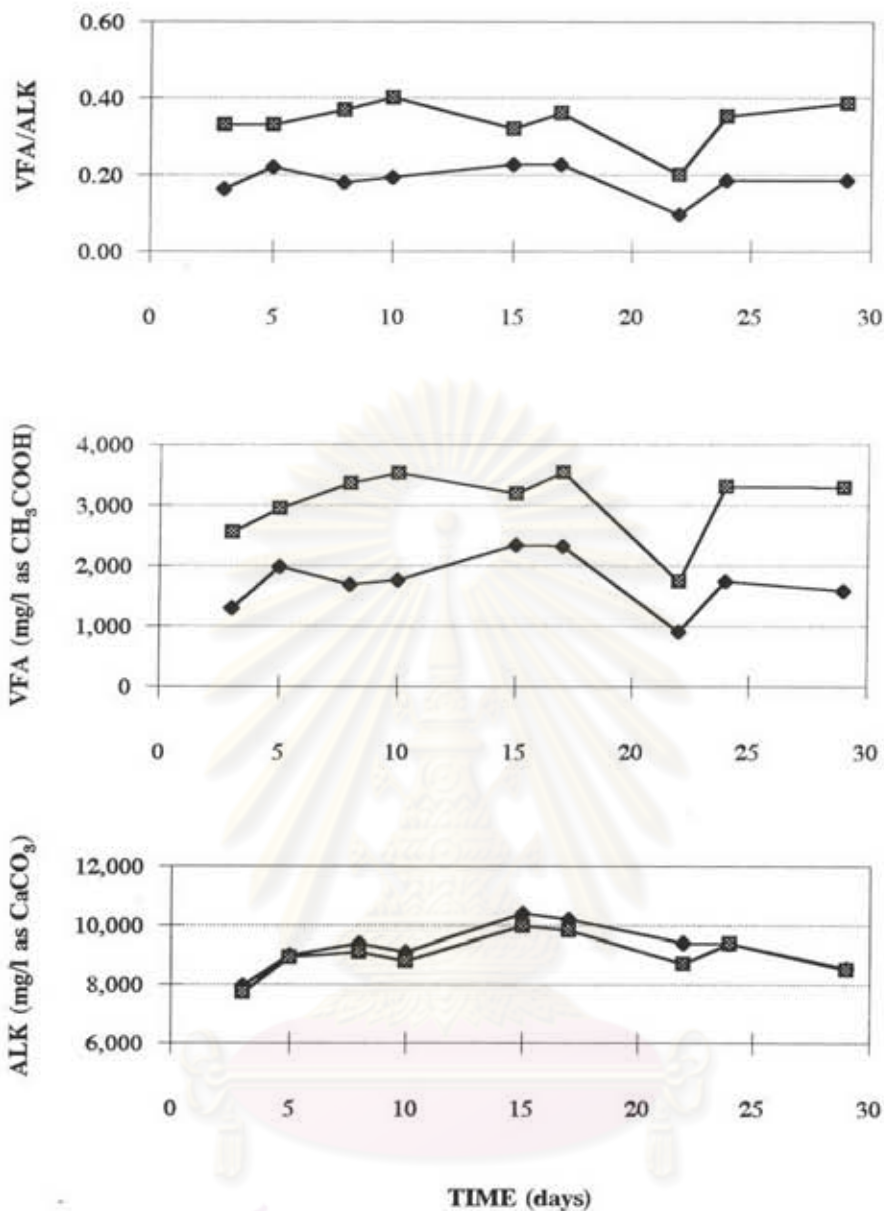
การทดลองชุดที่ 2 และ 3 แต่ประสิทธิภาพการลดค่าซีไอดี ของระบบในการทดลองชุดที่ 1 มีค่าต่ำกว่าการทดลองชุดที่ 2 และ 3 ย่อมชี้ชัดว่าไม่สามารถใช้ค่าพีเอชเพียงค่าเดียวเป็นพารามิเตอร์ ในการบอกถึงประสิทธิภาพของระบบได้ แม้ว่าพีเอชจะเป็นพารามิเตอร์ที่ไม่สามารถแสดงถึงการทำงานที่ล้มเหลวได้ทั้งหมดที่ แต่อย่างไรก็ตามการควบคุมพีเอชยังคงมีความสำคัญ เช่น เมื่อเกิดการเสียสมดุลย์ระหว่างแบคทีเรียที่ผลิตกรด กับแบคทีเรียที่ผลิตมีเทน และระบบเริ่มล้มเหลวหรือด้อยประสิทธิภาพ ค่าพีเอชจะลดต่ำลงมามาก การแก้ไขให้ระบบฟื้นตัวต้องควบคุมค่าพีเอชให้เหมาะสมด้วย ดังนั้นค่าพีเอชยังคงใช้ในการควบคุมการทำงาน และตรวจสอบระบบร่วมกับพารามิเตอร์อื่น ส่วนค่าพีเอชของน้ำทิ้งที่ออกจากถังยูเอเอสบีทั้ง 2 ถึง ค่าสูงขึ้นในการทดลองทั้ง 3 ชุด เนื่องจากการเกิดกรดอินทรีย์ระเหยมีค่าลดลง รวมทั้งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ได้หนีออกจากระบบ ทำให้ค่าพีเอชสูงขึ้น และเมื่อเพิ่มออร์แกนิกโหลดคิงสูงขึ้น ทำให้ค่าพีเอชของน้ำทิ้งที่ออกจากถังยูเอเอสบีสูงขึ้นด้วย

6.3 การสะสมกรดอินทรีย์ระเหย สภาพต่างรวม และอัตราส่วนของกรดอินทรีย์ระเหยต่อสภาพต่างรวม ภายในถังและน้ำทิ้งที่ออกจากถังยูเอเอสบี

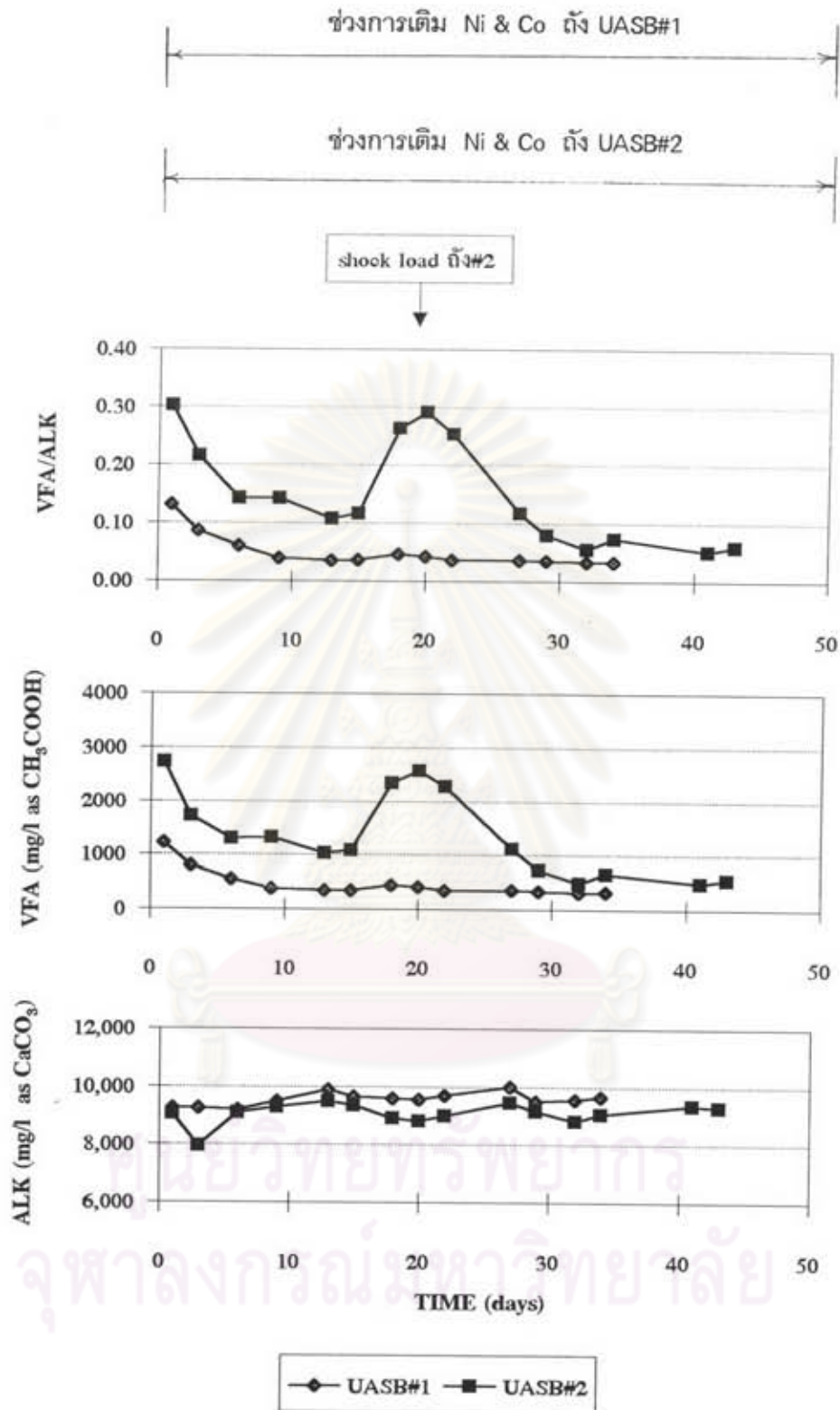
ในการทดลองครั้งนี้ได้เพิ่มกำลังบัฟเฟอร์ของน้ำเสียที่เข้าสู่ถังยูเอเอสบี โดยเพิ่มสภาพต่างให้ระบบ โดยเติมโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ให้มีปริมาณ ต่อ ค่าซีไอดีที่ป้อนเข้าถัง ในอัตราส่วน 1.28 ต่อ 1 สภาพต่างรวมเฉลี่ยของระบบยูเอเอสบี แสดงดังตารางที่ 6.3 ซึ่งแสดงค่าสภาพต่างรวมน้ำเสียที่เข้าถัง สภาพต่างรวมเฉลี่ยของน้ำภายในถังยูเอเอสบี (ที่ระดับความสูงจากกันถัง 0.9 เมตร) และสภาพต่างรวมของน้ำทิ้งที่ออกจากถังยูเอเอสบีทั้งสองถัง รูปที่ 6.4 - 6.5 แสดงค่าสภาพต่างรวมของน้ำภายในถังยูเอเอสบี (ที่ระดับความสูงจากกันถัง 0.9 เมตร) และของน้ำทิ้งที่ออกจากถังยูเอเอสบีทั้งสองถังในการทดลองชุดที่ 1 ตามลำดับ รูปที่ 6.6 - 6.7 แสดงค่าสภาพต่างรวมระบบยูเอเอสบีในการทดลองชุดที่ 2 และรูปที่ 6.8 - 6.9 แสดงค่าสภาพต่างรวม ในการทดลองชุดที่ 3 ตามลำดับ ค่าสภาพต่างรวมของน้ำภายในถังยูเอเอสบี และน้ำทิ้งที่ออกจากถังมีค่าใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยถังยูเอเอสบีที่ 1 มีค่าสูงกว่าถังที่ 2 เล็กน้อย และเมื่อเพิ่มออร์แกนิกโหลดคิงสูงขึ้น ค่าสภาพต่างรวมของระบบมีค่าสูงขึ้นตาม การเติมโซเดียมคาร์บอเนตเป็นการเพิ่มกำลังบัฟเฟอร์ในสภาพต่างให้ระบบ เพราะหากสภาพต่างมีปริมาณไม่เพียงพอ ปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยที่เกิดขึ้นจากแบคทีเรียที่ผลิตกรด จะส่งผลให้พีเอชลดลงอย่างรวดเร็ว อาจทำให้ระบบล้มเหลวได้ ค่าสภาพต่างรวมของระบบยูเอเอสบี ที่ทำการทดลองในครั้งนี้ ค่อนข้างสูงกว่าระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจนทั่วไป ที่มีค่าประมาณ 2,500-5,000 มก./ล. (ในเทอมของแคลเซียมคาร์บอเนต) [McCarty, 1964] แต่ก็ใกล้เคียงกับของ [Sam-



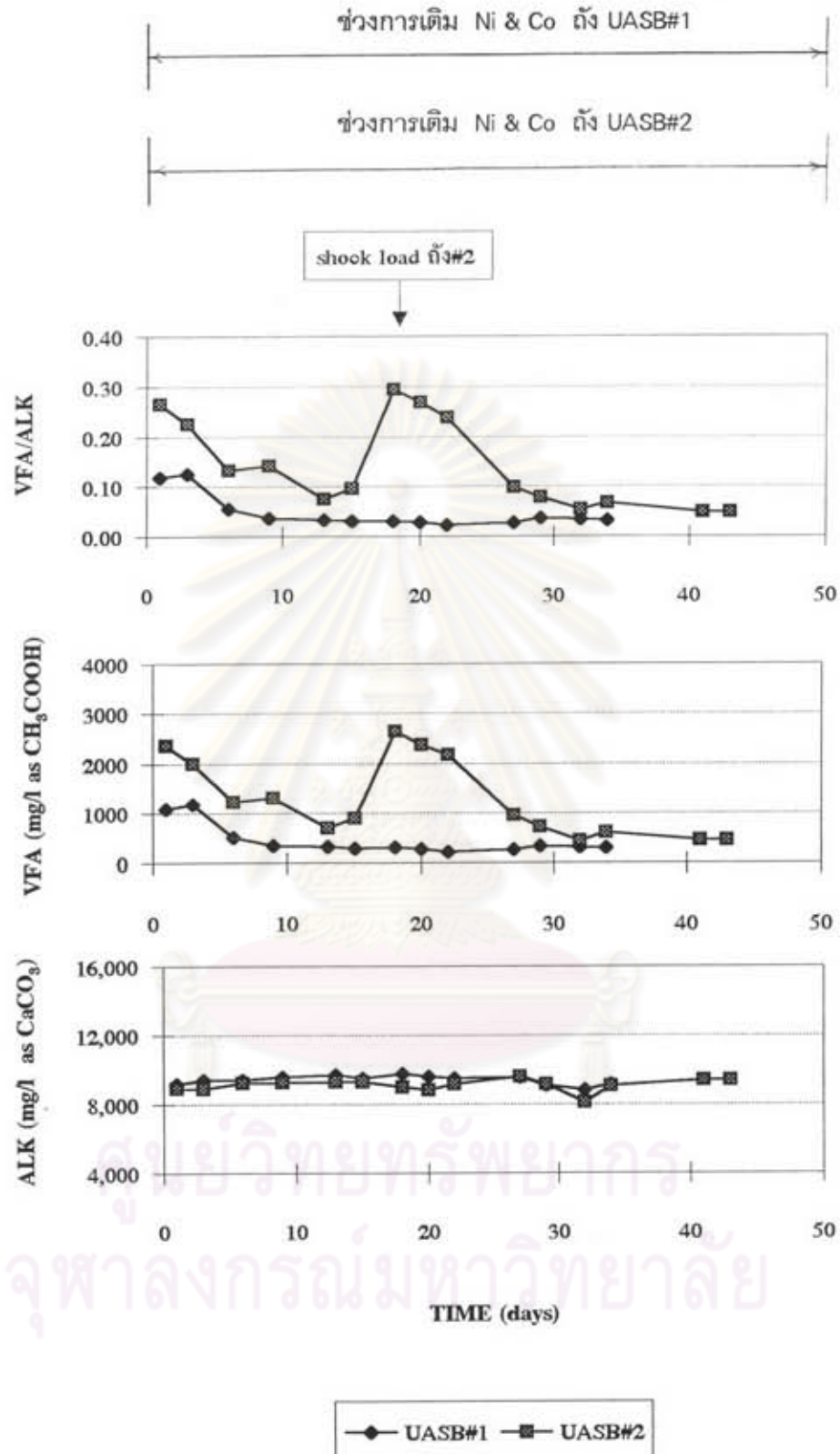
รูปที่ 6.4 แสดงค่าสภาพต่างรวม กรดอินทรีย์ระเหย และอัตราส่วนของกรดอินทรีย์ระเหย ต่อสภาพต่างรวมภายในถังยูเอเอสบีทั้งสองถัง การทดลองชุดที่ 1



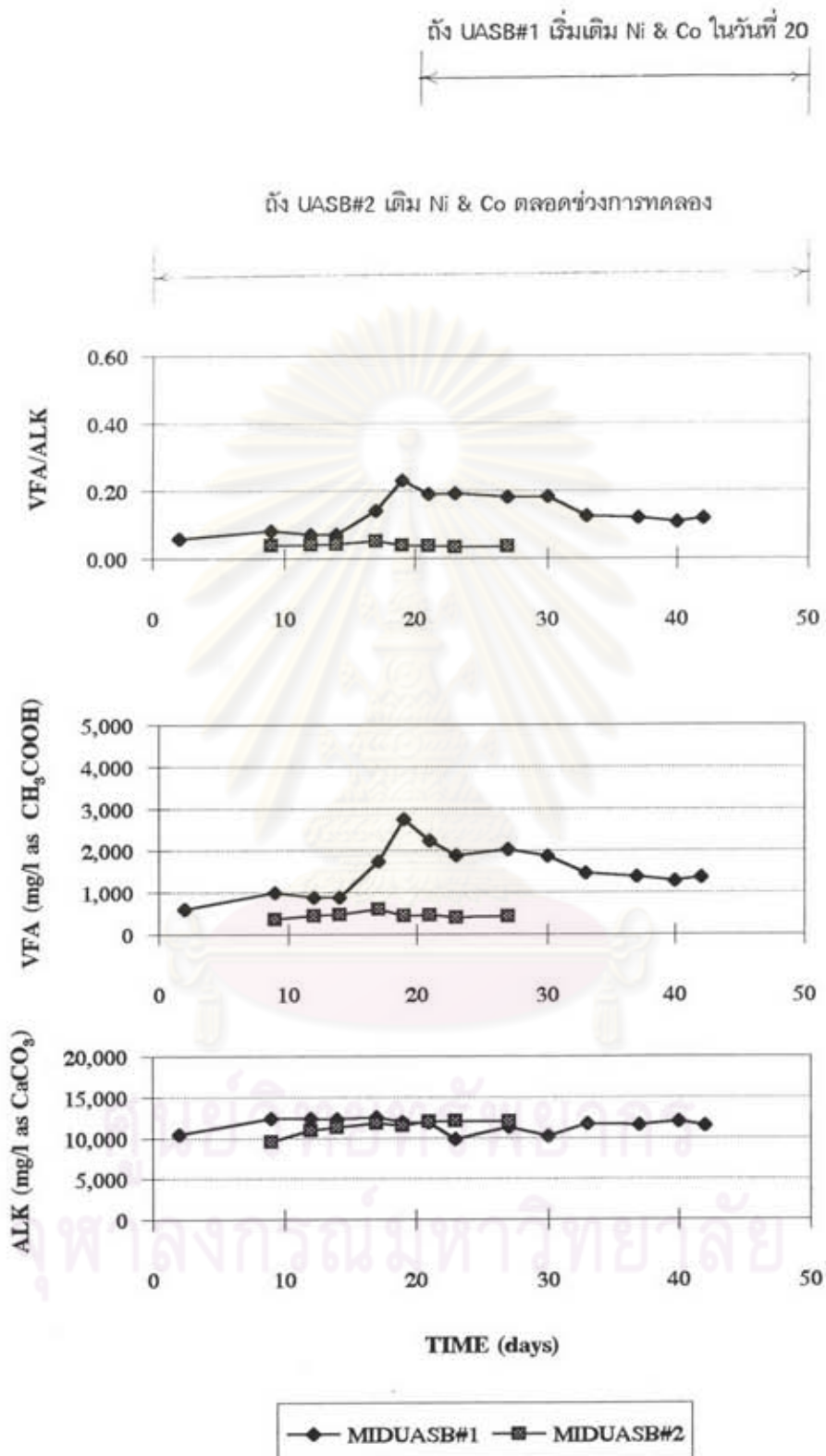
รูปที่ 6.5 แสดงค่าสภาพต่างรวม กรดอินทรีย์ระเหย และอัตราส่วนของกรดอินทรีย์ระเหย ต่อสภาพต่างรวมของน้ำทิ้งจากถังยูเอสบีทั้งสองถัง การทดลองชุดที่ 1



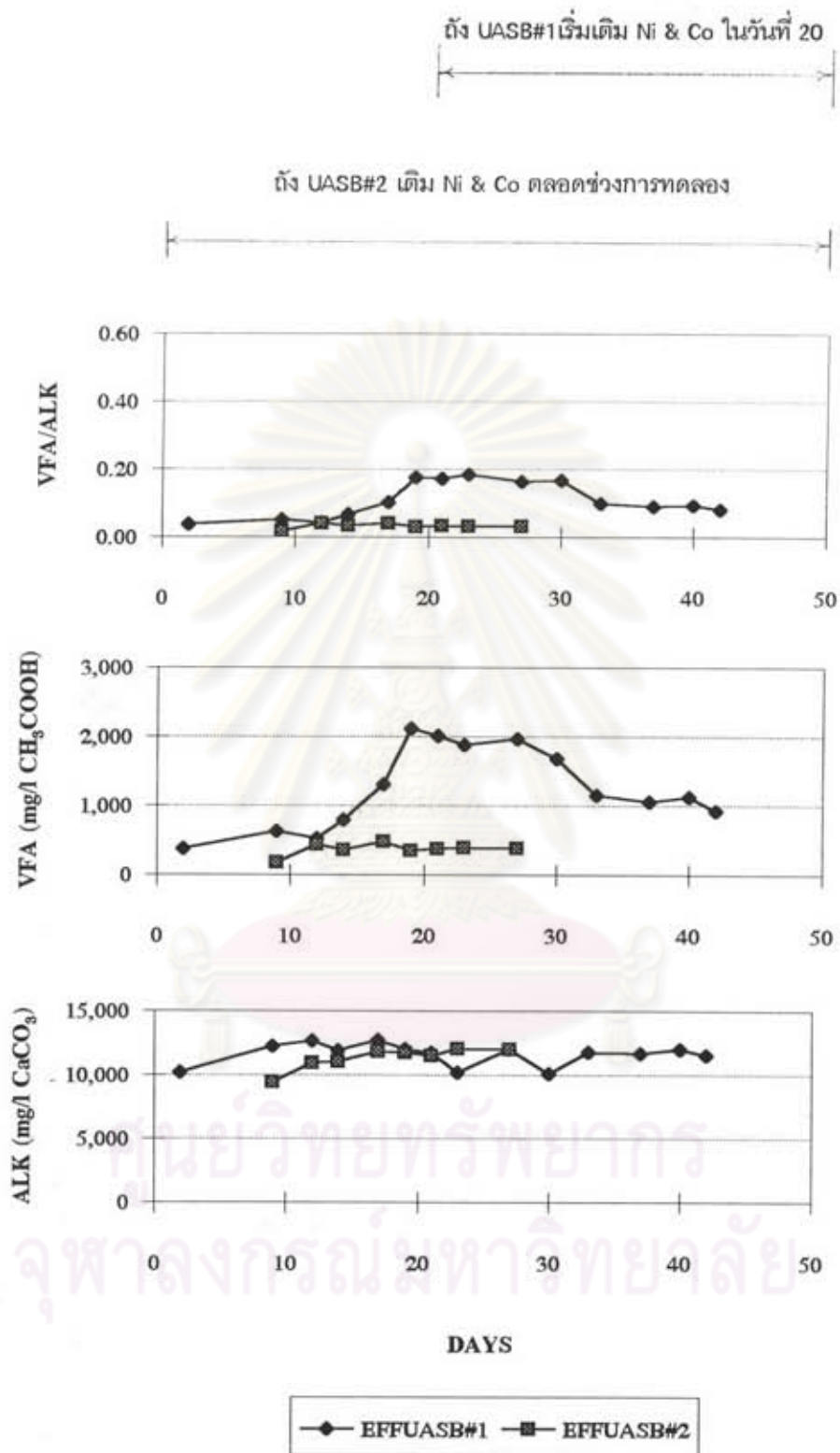
รูปที่ 6.6 แสดงค่าสภาพต่างรวม กรดอินทรีย์ระเหย และอัตราส่วนของกรดอินทรีย์ระเหย ต่อสภาพต่างรวมภายในถัง การทดลองชุดที่ 2



รูปที่ 6.7 แสดงค่าสภาพต่างรวม กรดอินทรีย์ระเหย และอัตราส่วนกรดอินทรีย์ระเหย ต่อสภาพต่างรวมของน้ำทิ้งจากถัง การทดลองชุดที่ 2



รูปที่ 6.8 แสดงค่าสภาพต่างรวม กรดอินทรีย์ระเหย และอัตราส่วนของกรดอินทรีย์ระเหย ต่อสภาพต่างรวมภายในถัง การทดลองชุดที่ 3



รูปที่ 6.9 แสดงค่าสภาพต่างรวม กรดอินทรีย์ระเหย และอัตราส่วนกรดอินทรีย์ระเหย ต่อสภาพต่างรวมของน้ำทิ้งจากถัง การทดลองชุดที่3

Soom et al., 1987] ที่ใช้ระบบยูเอเอสบีบำบัดน้ำเสีย โดยมีค่าสภาพต่างรวมของน้ำเสีย ภายในถัง ประมาณ 8,000 มก./ล.(ในเทอมของแคลเซียมคาร์บอเนต) นอกจากนี้การสลายตัวของสารประกอบ ไนโตรเจน เป็นการเพิ่มกำลังบำบัดอีกทางหนึ่งด้วย ซึ่งสภาพความเป็นด่างมีบทบาทที่สำคัญคือ ช่วยไม่ให้พีเอชลดต่ำลง จนมีผลร้ายต่อแบคทีเรียที่ผลิตมีเทนและทำให้ระบบล้มเหลวได้ ดังนั้นในการใช้ระบบยูเอเอสบีในการบำบัดน้ำเสีย การที่ต้องเตรียมให้น้ำเสียที่เข้าระบบ มีกำลังบำบัดเพียงพอ จึงเป็นสิ่งจำเป็นมากเพื่อป้องกันมิให้ค่าพีเอชลดต่ำลงจนถึง 6.6 น้ำเสียที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูง ทำให้ต้องการสภาพความเป็นด่างของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบสูงตามไปด้วย ซึ่งมักจะมีปัญหาเมื่อใช้ระบบยูเอเอสบี บำบัดน้ำเสียที่เข้มข้นสูงและมีขนาดใหญ่ เพราะต้องใช้สารเคมีจำนวนมาก ทางแก้ปัญหาคือจะลดปริมาณสารเคมีที่ให้สภาพต่างรวมที่ป้อนสู่ระบบ อาจทำได้โดยมีการเวียนกลับ (Recycle) น้ำเสียที่ออกจากถังยูเอเอสบีให้กลับเข้าสู่ถังยูเอเอสบี อีกครั้งหนึ่ง [POL and LETTINGA ,1986] และแนะนำว่าถ้าความเข้มข้นของซีไอดีน้ำเสีย เข้าระบบยูเอเอสบีมีค่าสูงกว่า 5,000 มก./ล. ควรมีการหมุนเวียนกลับน้ำเสีย ในการทดลองครั้งนี้ ค่าสภาพต่างรวมของน้ำเสียภายในถัง มีค่าประมาณ 9,000-11,000 มก./ล. (ในเทอมของแคลเซียมคาร์บอเนต) และค่าพีเอชภายในถังยูเอเอสบี มีค่าสูงถึงประมาณ 7.3-7.7 ดังนั้น อาจสามารถลดค่าสภาพต่างรวมของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบ ยูเอเอสบีลงได้บ้าง

ตารางที่ 6.3 ค่าสภาพต่างรวมเฉลี่ยของระบบในการทดลองทั้ง 3 ชุด

	การทดลองชุดที่ 1 (mg/l as CaCO ₃)		การทดลองชุดที่ 2 (mg/l as CaCO ₃)		การทดลองชุดที่ 3 (mg/l as CaCO ₃)	
	ถังที่ 1	ถังที่ 2	ถังที่ 1	ถังที่ 2	ถังที่ 1	ถังที่ 2
น้ำเสียเข้าถัง	10,800	10,800	10,800	10,800	14,400	14,400
น้ำภายในถัง	9,358±710	9,005±570	9,562±237	9,070±381	11,555±859	11,381±867
น้ำที่ออกจากถัง	9,261±745	8,991±690	9,396±273	9,095±347	11,611±868	11,294±875

หมายเหตุ ค่า Na₂CO₃ : COD ของน้ำเสียเข้าถังยูเอเอสบี = 1.28 : 1

การสะสมกรดอินทรีย์ระเหยในถังยูเอเอสบี ปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยในระบบยูเอเอสบี มีความสำคัญมาก เพราะมีความสัมพันธ์กับขั้นตอนการผลิตมีเทนอย่างใกล้ชิด และเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญตัวหนึ่งที่จะชี้สภาพของระบบได้ ปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยภายในถัง และน้ำเสียที่ออกจากถัง

มีค่าต่ำแสดงว่าระบบมีความสมดุลและทำงานได้ดี รูปที่ 6.4 - 6.5 แสดงค่ากรดอินทรีย์ระเหยภายในถังยูเอเอสบีทั้งสองถัง (ที่ระดับความสูงจากกันถัง 0.9 เมตร) และน้ำเสียที่ออกจากถังยูเอเอสบีทั้งสองถัง ในการทดลองชุดที่ 1 ตามลำดับ รูปที่ 6.6 - 6.7 แสดงค่ากรดอินทรีย์ระเหยของระบบในการทดลองชุดที่ 2 และรูปที่ 6.8 - 6.9 แสดงค่ากรดอินทรีย์ระเหยของระบบในการทดลองชุดที่ 3 ตามลำดับ ปริมาณของกรดอินทรีย์ระเหยมีการสะสมเพิ่มมากขึ้น ตามการเพิ่มออร์แกนิกโหลดคิง ในการทดลองชุดที่ 1 ที่มีค่าออร์แกนิกโหลดคิง 9.0 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน ปริมาณของกรดอินทรีย์ระเหยที่สะสมภายในถัง และของน้ำทิ้งที่ออกจากถังยูเอเอสบีทั้งสองถังมีค่าค่อนข้างสูง โดยค่าเฉลี่ยของกรดอินทรีย์ระเหยที่สะสมภายในถังยูเอเอสบีที่ 1 และ 2 มีค่า 1,837 และ 2,899 มก./ล. (ในเทอมของกรดอะซิติก) ตามลำดับ ส่วนน้ำทิ้งที่ออกจากถังที่ 1 มีค่า 1,731 มก./ล. (ในเทอมของกรดอะซิติก) และถังที่ 2 มีค่า 3,046 มก./ล. (ในเทอมของกรดอะซิติก) ดังตารางที่ 6.5 ค่ากรดอินทรีย์ระเหยในถังยูเอเอสบีที่ 2 มีค่าสูงกว่าถังยูเอเอสบีที่ 1 จากค่าของกรดอินทรีย์ระเหยมีการสะสมค่อนข้างสูง อาจเป็นพิษต่อแบคทีเรียที่ผลิตมีเทนได้ ดังนั้น จึงได้มีการตรวจสอบ ชนิดของกรดอินทรีย์ระเหย ด้วยเครื่อง GC (GAS CHROMATOGRAPHY) ดังตารางที่ 6.4 พบว่ามีการสะสมตัวของกรดไพโรฟิออนิกสูงทั้งภายในถังและน้ำทิ้งที่ออกจากถังยูเอเอสบีทั้งสอง โดยถังที่ 2 มีการสะสมตัวของกรดไพโรฟิออนิกสูงกว่าถังที่ 1 การสะสมตัวของกรดไพโรฟิออนิกของถังยูเอเอสบีทั้งสองถัง มีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้น ในช่วงท้ายของการทดลองชุดที่ 1 วันที่ 29 (4 ต.ค. 37) มีการสะสมตัวของกรดไพโรฟิออนิก ภายในถังยูเอเอสบีที่ 1 มีค่า 1,518 มก./ล. (ในเทอมของกรดอะซิติก) และภายในถังที่ 2 มีค่า 2,610 มก./ล. (ในเทอมของกรดอะซิติก) ส่วนกรดไพโรฟิออนิกในน้ำเสียที่ออกจากถังยูเอเอสบีที่ 1 มีค่า 1,426 มก./ล. (ในเทอมของกรดอะซิติก) และสูงถึง 2,680 มก./ล. (ในเทอมของกรดอะซิติก) สำหรับน้ำเสียที่ออกจากถังยูเอเอสบีที่ 2 ซึ่งความเข้มข้นของกรดไพโรฟิออนิกมีปริมาณสูงกว่า 1,000 มก./ล. จะมีปัญหาเรื่องพิษเพิ่มขึ้นมาอีกอย่างหนึ่งร่วมกับปัญหาเรื่องการมีพีเอชต่ำ [มันสิน,2536] และมีผลทำให้ความสมดุลระหว่างแบคทีเรียกลุ่มที่สร้างกรด กับกลุ่มแบคทีเรียที่ผลิตมีเทนเสียสมดุลไป ทำให้ประสิทธิภาพของระบบลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลอง ที่ประสิทธิภาพการลดค่าซีไอดีไม่สูงนัก จึงได้ตั้งสมมุติฐานว่า อาจเกิดจากแบคทีเรียที่ผลิตมีเทน ที่อยู่ภายในถังยูเอเอสบีขาดธาตุสำคัญบางอย่าง ที่ไม่มีในน้ำเสียทำให้มีสภาพไม่สมบูรณ์ จึงได้เติมนิเกิลและโคบอลท์ ซึ่งเป็นธาตุที่จำเป็นและกระตุ้นการทำงานของแบคทีเรียที่ผลิตมีเทน ลงในน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ถังยูเอเอสบีทั้งสองถังในการทดลองชุดที่ 2 โดยให้มีปริมาณซีไอดี ต่อ นิเกิล ต่อ โคบอลท์ ในอัตราส่วน 100 ต่อ 0.01 ต่อ 0.01 และให้มีค่าออร์แกนิกโหลดคิง 9.0 กก.ซีไอดี/ลบ.ม. - วัน ดังเดิม ผลปรากฏว่าค่าของกรดอินทรีย์ระเหยที่สะสมภายในถัง และน้ำเสียที่ออกจากถังยูเอเอสบีมีค่าลดลง ดังตารางที่ 6.4 ในการทดลองชุดที่ 2 การสะสมตัวของกรดไพโรฟิออนิกในถังยูเอเอสบีที่ 1 ในวันที่ 9 (14 ต.ค. 37) หลังจากเติมนิเกิลและโคบอลท์ไปได้ 9 วัน มีค่าลดลงอย่างรวดเร็วโดยเหลือประมาณ 46.2 มก./ล. (ในเทอมของกรดอะซิติก) ส่วนกรดไพโรฟิออนิกที่สะสมอยู่ใน

ตารางที่ 6.4 แสดงค่าการวัดอินทรีย์ระเหยของระบบยูเอสบีโดยใช้เครื่อง GC ตรวจสอบ

	วันที่	ถังยูเอสบี#1							
		ภายในถังยูเอสบี#1				ที่ออกจากถังยูเอสบี#1			
		HAc	HPr	HBu	TOTAL	HAc	HPr	HBu	TOTAL
การทดลอง	6/9/37	319	90.8	N/A	409.8	166.5	N/A	N/A	166.5
ชุดที่ 1/1	15/9/37	744	1206	N/A	1950	673	1084	N/A	1757
	20/9/37	672	1325	N/A	1977	723	1617	2.5	2342
	22/9/37	483	1303	4.96	1791	631	1634	6.5	2271
	27/9/37	411	1341	N/A	1752	665	1700	5.7	2371
	4/40/37	184.4	1518	N/A	1702	146.6	1426	N/A	1573
ชุดที่ 2/1	14/10/37	N/A	46.2	N/A	46.2	-	-	-	-
	18/10/37	N/A	N/A	N/A	N/A	-	-	-	-
	20/10/37	N/A	9.1	N/A	9.1	N/A	N/A	N/A	N/A
ชุดที่ 3/1	*17/11/37	53	N/A	N/A	53	-	-	-	-
	24/11/37	242	582	N/A	824	132.1	309	N/A	441



	วันที่	ถังยูเอสบี#2							
		ภายในถังยูเอสบี#2				ที่ออกจากถังยูเอสบี#2			
		HAc	HPr	HBu	TOTAL	HAc	HPr	HBu	TOTAL
การทดลอง	6/9/37	1026	595	N/A	1621	766	356	N/A	1122
ชุดที่ 1/2	15/9/37	1205	2176	N/A	3381	1321	2205	4.1	3530
	20/9/37	1127	2093	10.8	3231	1088	2205	5.6	3299
	22/9/37	1011	2016	N/A	3027	1107	2360	5	3472
	27/9/37	942	2473	8.7	3424	971	2476	8.7	3456
	4/40/37	531	2609	15.9	3256	587	2680	N/A	3267
ชุดที่ 2/2	14/10/37	N/A	1399	N/A	1399	-	-	-	-
	18/10/37	137.1	929	N/A	1066	-	-	-	-
	20/10/37	N/A	997	N/A	997	N/A	1015	N/A	N/A
ชุดที่ 3/2	*17/11/37	163.8	272	N/A	272	-	-	-	-
	24/11/37	71.3	84.8	N/A	156	33.4	N/A	N/A	33.4

หมายเหตุ

- *ในวันที่ 17/11/37 ถังUASB#1มีค่า OLR = 12.0 KgCOD/m³-d ส่วนถังUASB#2 OLR = 9.0 KgCOD/m³-d
- (N/A) ไม่สามารถตรวจพบได้
- (-) ไม่ได้ตรวจสอบด้วยเครื่อง GC
- HAc = กรดอะซิติก, HPr = กรดไพโรพิออนิก, HBu = กรดบิวทิริก, TOTAL = ผลรวม

ดังยูเอเอสบีที่ 2 ในวันที่ 9 (14 ต.ค. 37) มีค่า 1,399 มก/ล. (ในเทอมของกรดอะซิติก) และลดเหลือ 929 มก/ล. (ในเทอมของกรดอะซิติก) ในวันที่ 13 (18 ต.ค. 37) ดังยูเอเอสบีที่ 1 ค่อนข้างจะฟื้นสภาพได้เร็วกว่าดังยูเอเอสบีที่ 2 การลดลงของกรดไพรูวอนิกของดังยูเอเอสบีที่ 2 แม้มีการลดลงแต่ค่อนข้างช้ากว่า ดังยูเอเอสบีที่ 1 อาจเนื่องมาจากสาเหตุ 2 ประการคือ การสะสมตัวของกรดไพรูวอนิกภายในถังที่ 2 มีค่าสูงกว่าถังที่ 1 มาก ดังนั้นอัตราการลดลงของกรดไพรูวอนิกจึงน้อยกว่า และอีกประการหนึ่งคือความเข้มข้นของจุลินทรีย์ภายในถังที่ 2 มีค่าน้อยกว่าดังยูเอเอสบีที่ 1 โดยเฉพาะแบคทีเรียที่ผลิตมีเทน ทำให้การสะสมตัวของกรดไพรูวอนิกในดังยูเอเอสบีที่ 2 ยังค่อนข้างสูงอยู่ ประกอบกับในวันที่ 18 (23 ต.ค. 37) กรดอินทรีย์ระเหย ภายในดังยูเอเอสบีที่ 2 กลับมีค่าสูงขึ้นถึง 2,340 มก/ล. (ในเทอมของกรดอะซิติก) และมีค่าประมาณ 2,565 มก/ล. (ในเทอมของกรดอะซิติก) ในวันที่ 20 (25 ต.ค. 37) ดังรูปที่ 6.6 เมื่อตรวจสอบดูปรากฏว่าค่าซีไอดีของน้ำเสียที่เข้าสู่ดังยูเอเอสบีที่ 2 สูงถึง 14,000 มก/ล. เป็น SHOCK LOAD แก่ระบบ ซึ่งเกิดจากการเตรียมน้ำเสีย ที่ป้อนเข้าสู่ถังที่ 2 ใช้น้ำสัปรดถึงเก่า ซึ่งมีสีค่อนข้างดำมาก จึงเป็นการเพิ่มออร์แกนิกโหลดดิ่งโดยไม่ได้ตั้งใจ ส่งผลให้ประสิทธิภาพของระบบลดลง เพื่อเป็นการให้ระบบยูเอเอสบีของถังที่ 2 ฟื้นตัว ดังนั้นในวันที่ 26 (31 ต.ค. 37) จึงลดค่าออร์แกนิกโหลดดิ่งเหลือ 8.0 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน จนถึงวันที่ 37 (11 พ.ย. 37) ทำให้ค่ากรดอินทรีย์ระเหยที่สะสมภายในดังยูเอเอสบีที่ 2 มีค่าลดลง จากนั้นจึงเพิ่มออร์แกนิกโหลดดิ่งขึ้นเป็น 9.0 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน ตามเดิม ค่ากรดอินทรีย์ระเหยของน้ำทิ้งที่ออกจากดังยูเอเอสบี มีค่าสอดคล้องกับค่ากรดอินทรีย์ระเหยที่สะสมภายในถัง โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือลดลงไปในทางเดียวกัน ในการทดลองชุดที่ 3 ได้เพิ่มค่าออร์แกนิกโหลดดิ่งสูงขึ้นไปเป็น 12.0 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ช่วงแรก ดังยูเอเอสบีที่ 1 ไม่ได้เติมธาตุนิกเกิลและโคบอลท์ ส่วนดังยูเอเอสบีที่ 2 ยังเติมธาตุนิกเกิล และ โคบอลท์ ในอัตราส่วนดั้งเดิม ผลปรากฏว่าค่ากรดอินทรีย์ระเหย ที่สะสมตัวอยู่ในดังยูเอเอสบีที่ 1 กลับมีค่าสูงกว่าถังที่ 2 โดยในช่วงการทดลองชุดที่ 3 วันที่ 19 (4 ธ.ค. 37) ค่ากรดอินทรีย์ระเหยภายในถังที่ 1 มีค่าประมาณ 2,745 มก/ล. (ในเทอมของกรดอะซิติก) และของน้ำทิ้งที่ออกจากถังมีค่าประมาณ 2,115 มก/ล. (ในเทอมของกรดอะซิติก) ส่วนดังยูเอเอสบีที่ 2 กรดอินทรีย์ระเหยที่สะสมภายในถัง มีค่าต่ำ ประมาณ 435 มก/ล. (ในเทอมของกรดอะซิติก) และในน้ำทิ้งมีค่า 345 มก/ล. (ในเทอมของกรด อะซิติก) แสดงให้เห็นถึงผลของระบบยูเอเอสบี เมื่อเติมนิเกิลและโคบอลท์ ดังนั้น จึงได้มีการเติมนิเกิล และโคบอลท์ลงในดังยูเอเอสบีที่ 1 อีกครั้ง ในวันที่ 20 (5 ธ.ค. 37) และได้ลดค่าออร์แกนิกโหลดดิ่งเหลือ 10.0 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน เมื่อกรดอินทรีย์ระเหยในดังยูเอเอสบีที่ 1 ลดลง จึงเพิ่ม ออร์แกนิกโหลดดิ่งเป็น 12.0 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วันทำให้ค่ากรดอินทรีย์ระเหย ที่สะสมตัวอยู่ในดังยูเอเอสบี และน้ำทิ้งที่ออกจากถังลดลงในช่วงท้าย ค่าเฉลี่ยของกรดอินทรีย์ระเหยที่สะสมภายในดังยูเอเอสบี (ที่ระดับความสูงจากกันถัง 0.9 เมตร) และ น้ำทิ้งที่ออกจากถังทั้งสองถังในการทดลองทั้ง 3 ชุด แสดงดังตารางที่ 6.5 ปริมาณของกรดอินทรีย์ระเหย มีความสัมพันธ์ที่ผกผันกับสภาพต่างรวม

กล่าวคือ การเพิ่มขึ้นของกรดอินทรีย์ระเหย มีแนวโน้มที่ทำให้สภาพต่างรวม มีค่าลดลง ดังรูปที่ 6.4 - 6.9

ตารางที่ 6.5 แสดงค่ากรดอินทรีย์ระเหยเฉลี่ยภายในถังและน้ำทิ้งที่ออกจากถังยูเอเอสบีทั้งสองถัง ในการทดลองทั้ง 3 ชุด

การทดลองชุดที่	ถังยูเอเอสบีที่ 1 (mg/l as CH ₃ COOH)		ถังยูเอเอสบีที่ 2 (mg/l as CH ₃ COOH)	
	ภายในถัง	น้ำทิ้งจากถัง	ภายในถัง	น้ำทิ้งจากถัง
1	1,837 ± 334	1,731 ± 460	2,899 ± 562	3,046 ± 578
2	473 ± 259	435 ± 314	1,356 ± 785	1,283 ± 301
3	1,519 ± 597	1,252 ± 586	446 ± 70.2	367 ± 91.0

อัตราส่วนของกรดอินทรีย์ระเหยต่อสภาพต่างรวม (VFA/ALK) ค่าอัตราส่วนของกรดอินทรีย์ระเหยต่อสภาพต่างรวม เป็นพารามิเตอร์หนึ่งที่บอกถึงสภาพของระบบ ค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของน้ำภายในถัง (ที่ระดับความสูงจากกันถัง 0.9 เมตร) และน้ำทิ้งที่ออกจากถังยูเอเอสบีทั้งสองในการทดลองทั้ง 3 ชุด แสดงดังตารางที่ 6.6

ตารางที่ 6.6 แสดงค่าเฉลี่ยอัตราส่วนของกรดอินทรีย์ระเหยต่อสภาพต่างรวมของ ถังยูเอเอสบีทั้งสองถัง

การทดลองชุดที่	ถังยูเอเอสบีที่ 1		ถังยูเอเอสบีที่ 2	
	ภายในถัง	น้ำทิ้งจากถัง	ภายในถัง	น้ำทิ้งจากถัง
1	196.4 ± 32.9	185.8 ± 40.0	321.6 ± 59.0	338.5 ± 58.0
2	50.0 ± 28.6	47.0 ± 34.0	151.0 ± 89.8	142.0 ± 90.0
3	132.6 ± 54.2	108.8 ± 53.2	39.2 ± 5.0	32.2 ± 7.0

หมายเหตุ อัตราส่วน VFA/ALK = 10³ mg as CH₃COOH / mg as CaCO₃

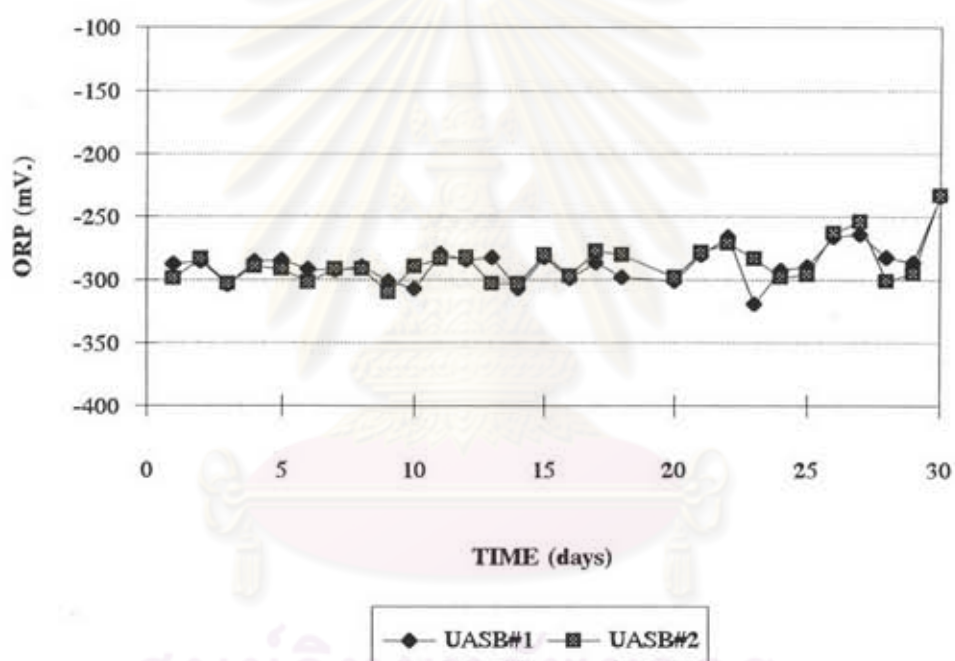
รูปที่ 6.4 - 6.5 แสดงค่าอัตราส่วนของกรดอินทรีย์ระเหยต่อสภาพต่างรวม ของน้ำภายในถังยูเอเอสบีทั้งสอง และน้ำทิ้งที่ออกจากถังยูเอเอสบีในการทดลองชุดที่ 1 รูปที่ 6.6 - 6.7 แสดงค่าอัตราส่วนในการทดลองชุดที่ 2 และรูปที่ 6.8 - 6.9 แสดงถึงอัตราส่วนของกรดอินทรีย์ระเหยต่อสภาพต่างรวม ในการทดลองชุดที่ 3 ตามลำดับ ในการทดลองชุดที่ 1 อัตราส่วนของกรดอินทรีย์ระเหย ต่อสภาพต่าง

รวมภายในถังยูเอเอสบีที่ 1 มีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.20 ส่วนถังที่ 2 มีค่าประมาณ 0.32 และอัตราส่วนของน้ำทิ้งที่ออกจากถังยูเอเอสบีที่ 1 และ 2 มีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.19 และ 0.34 ตามลำดับ ซึ่งค่าอัตราส่วนของกรดอินทรีย์ระเหยต่อสภาพความเป็นค่าที่แสดงถึงความสมดุลย์ และเสถียรภาพของระบบ ค่าอัตราส่วนที่น้อยกว่า 0.4 แสดงว่าระบบทำงานได้ดี และถ้าสูงกว่า 0.8 แสดงว่าระบบขาดเสถียรภาพ แต่ในการทดลองชุดที่ 1 ค่าอัตราส่วนดังกล่าวมีค่าไม่สูงมากนัก แต่ประสิทธิภาพของระบบเริ่มลดลงโดยมีประสิทธิภาพการลดซีไอดีประมาณ 60-70 % เท่านั้น เนื่องจากแม้ว่าปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยมีสูง แต่ค่าสภาพต่างรวมของระบบมีค่าสูงมาก จึงทำให้อัตราส่วนดังกล่าวมีค่าต่ำในการทดลองชุดที่ 2 เมื่อเติมธาตุนิเกิลและโคบอลท์ทำให้ปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยลดลง ค่าอัตราส่วนของกรดอินทรีย์ระเหยต่อสภาพต่างรวมของน้ำทิ้งที่ออกจากถังยูเอเอสบีมีค่าลดลงตามไปด้วย โดยถังยูเอเอสบีที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 0.15 ส่วนถังที่ 1 มีค่าเพียง 0.05 ค่าอัตราส่วนของกรดอินทรีย์ระเหยต่อสภาพต่างรวมของน้ำทิ้งที่ออกจากถังยูเอเอสบีทั้งสอง มีค่าสอดคล้องกัน กับน้ำภายในถัง โดยมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน ในการทดลองชุดที่ 3 ถังยูเอเอสบี ที่ 1 ในช่วงแรกไม่ได้เติมนิเกิลและโคบอลท์ ส่วนถังที่ 2 ยังเติมตามเดิม ปรากฏว่าอัตราส่วนของกรดอินทรีย์ระเหย ต่อสภาพต่างรวมภายในถังที่ 2 กลับมีค่าต่ำกว่าถังที่ 1 โดยถังที่ 2 มีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.04 ส่วนถังที่ 1 มีค่าประมาณ 0.13 และค่าอัตราส่วนของน้ำทิ้งที่ออกจากถังที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 0.11 ก็มีค่าสูงกว่าถังที่ 2 ที่มีค่าประมาณ 0.03 ซึ่งสอดคล้องกัน

6.4 ค่าไออาร์พี ภายในถังยูเอเอสบี

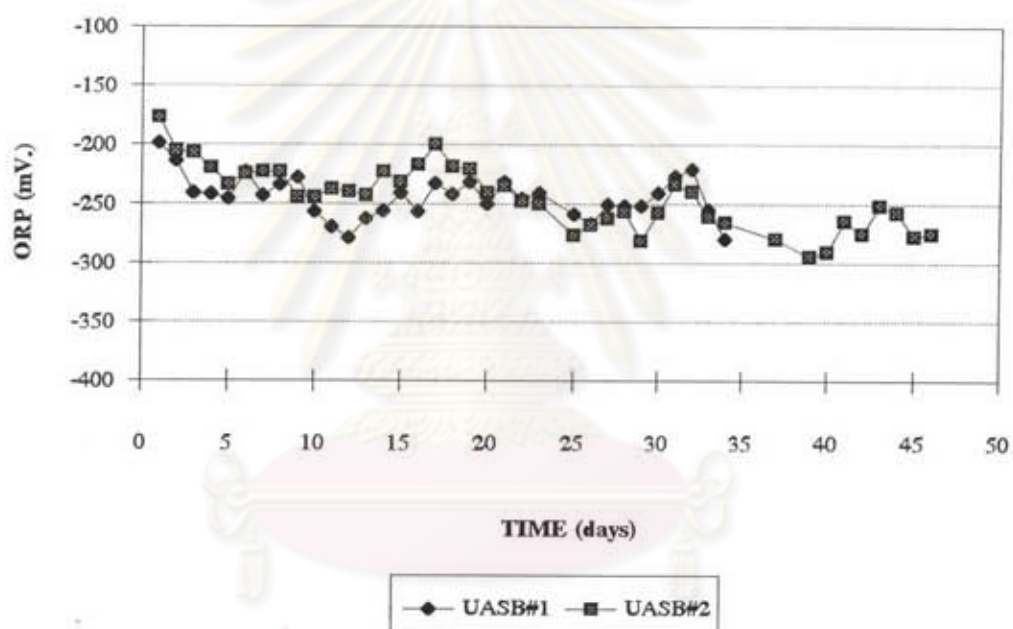
รูปที่ 6.10 - 6.12 แสดงค่าไออาร์พีภายในถังยูเอเอสบี (ที่ระดับความสูงจากกันถัง 0.9 เมตร) ทั้งสองถังในการทดลองชุดที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ โดยค่าไออาร์พีของถังยูเอเอสบีทั้งสองถังมีค่าใกล้เคียงกันตลอดในการทดลองชุดที่ 1 เมื่อระบบเริ่มมีประสิทธิผลลดลง แต่ค่าไออาร์พีก็กลับไม่ได้แสดงค่าความแตกต่างให้เห็นอย่างชัดเจนนัก ในการทดลองชุดที่ 2 และ 3 เมื่อเพิ่มออร์แกนิกโหลดดิ่งให้สูงขึ้น ค่าไออาร์พีที่วัดได้ ก็ไม่ได้เปลี่ยนแปลงมากนัก ค่าเฉลี่ยของไออาร์พีในการทดลองทั้ง 3 ชุด แสดงดังตารางที่ 6.7 สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากการมิดพลาดในวัด หรืออุปกรณ์ที่ใช้วัดการวัดค่าไออาร์พีในการทดลองครั้งนี้ ได้นำน้ำเสียออกจากถังยูเอเอสบี มาวัดภายนอก ค่าไออาร์พีที่วัดได้จะบอกลักษณะคร่าวๆของระบบเท่านั้น เนื่องจากการวัดค่าไออาร์พี เป็นการวัดความสัมพันธ์ของปฏิกิริยารีดอกซ์ ที่เกิดขึ้นในระบบยูเอเอสบี ซึ่งเป็นค่ารวมไม่สามารถแยกแยะแต่ละปฏิกิริยาได้ และปฏิกิริยารีดอกซ์เกิดตลอดเวลา ดังนั้นระยะเวลาในการวัดจึงมีผลด้วย อย่างไรก็ตาม ค่าไออาร์พี

ค่าไออาร์พีภายในถัง การทดลองชุดที่ 1



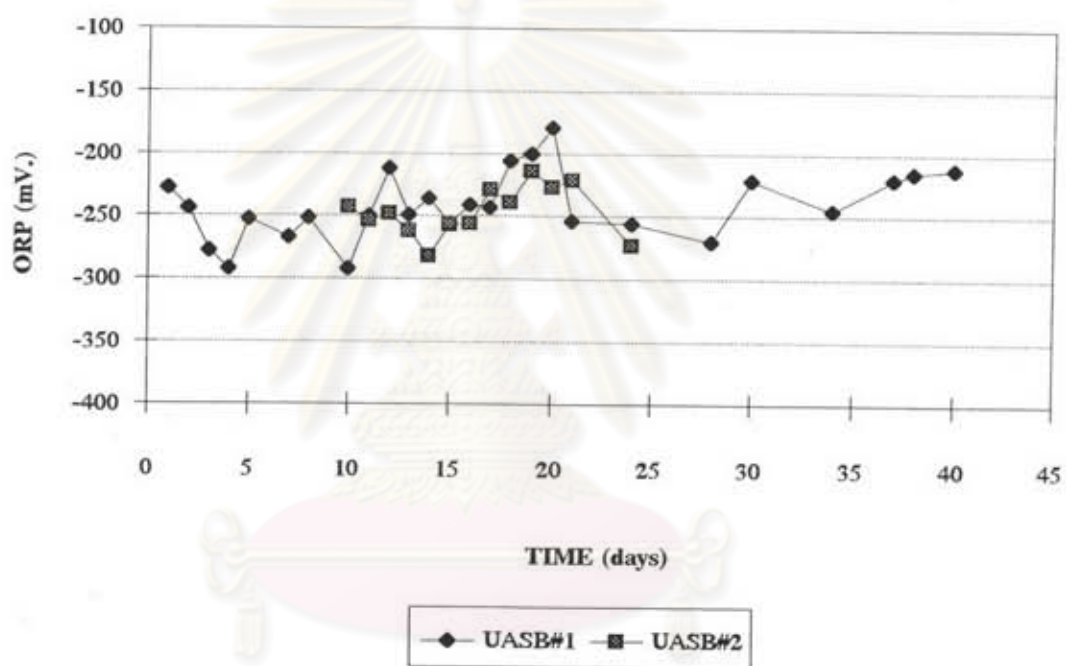
รูปที่ 6.10 แสดงค่าไออาร์พีของน้ำเสียภายในถังยูเอเอสบีทั้งสองถัง ในการทดลองชุดที่ 1

ค่าโออาร์พีภายในถัง การทดลองชุดที่ 2



รูปที่ 6.11 แสดงค่าโออาร์พีของน้ำเสียภายในถังยูเอเอสบีทั้งสองถัง ในการทดลองชุดที่ 2

ค่าโออาร์พีภายในถัง การทดลองชุดที่ 3



รูปที่ 6.12 แสดงค่าโออาร์พีของน้ำเสียภายในถังยูเอเอสบีทั้งสองถัง ในการทดลองชุดที่ 3

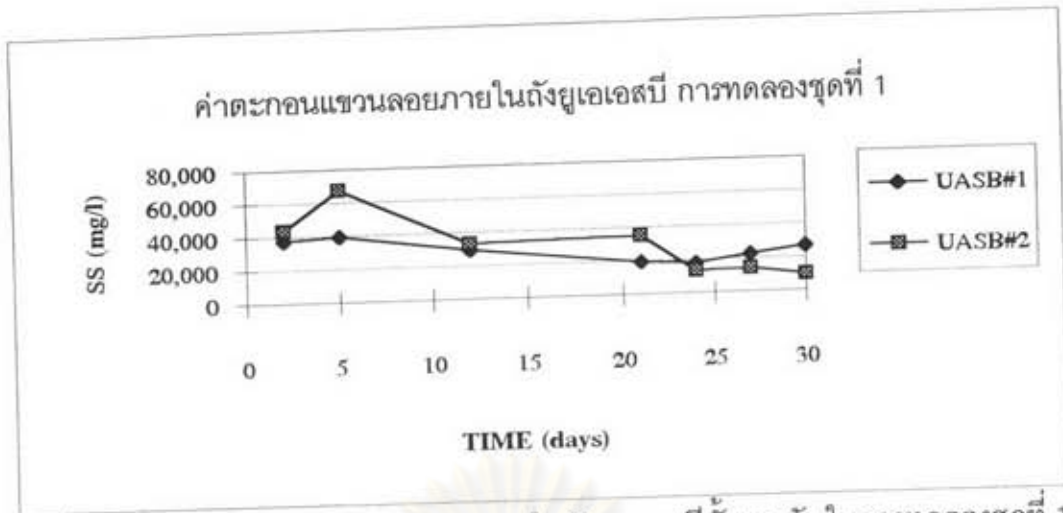
เฉลี่ยภายในถังยูเอเอสบีทั้งสองมีค่าสูงกว่า -150 มิลลิโวลท์ ซึ่งจุลินทรีย์แบบไม่ต้องการออกซิเจน ต้องการในการเจริญเติบโต [GRANT, 1981]

ตารางที่ 6.7 แสดงค่าไออาร์พีเฉลี่ยภายในถังยูเอเอสบีในการทดลองทั้ง 3 ชุด

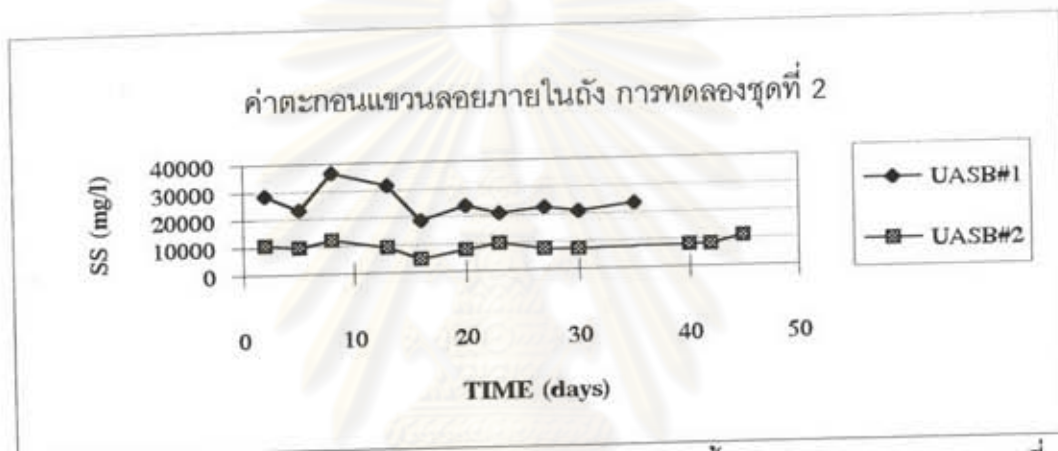
การทดลองชุดที่	ถังยูเอเอสบีที่ 1 (mV)	ถังยูเอเอสบีที่ 2 (mV)
1	-287±16	-290±11
2	-246±18	-246±26
3	-241±28	-247±20

6.5 การหลุดออก (wash out) ของตะกอนแขวนลอยและค่าความขุ่นของระบบยูเอเอสบี

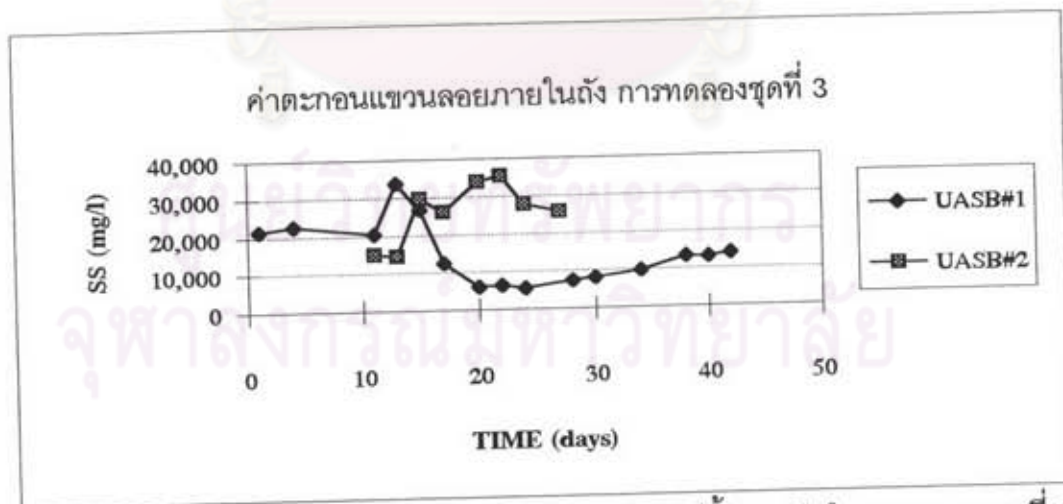
รูปที่ 6.13 - 6.15 แสดงค่าตะกอนแขวนลอยภายในถังยูเอเอสบีทั้งสองถัง (ที่ระดับความสูงจากกันถึง 0.9 เมตร) ในการทดลองทั้ง 3 ชุดตามลำดับ ค่าตะกอนแขวนลอยที่หลุดออกไปกับน้ำทิ้งที่ออกจากถังยูเอเอสบี ในการทดลองทั้ง 3 ชุดแสดงดังรูปที่ 6.16 - 6.18 ตามลำดับ ในการทดลองชุดที่ 1 ค่าตะกอนภายในถังยูเอเอสบีที่ 1 มีค่าเฉลี่ยประมาณ 27,342 มก./ล. ซึ่งต่ำกว่าถังที่ 2 ที่มีค่าประมาณ 30,738 มก./ล. ค่าตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้ง ที่หลุดออกจากถังยูเอเอสบีทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกันโดยมีค่าประมาณ 783 และ 839 มก./ล. ตามลำดับ ในช่วงท้ายของการทดลองชุดที่ 1 ที่ระบบเริ่มมีประสิทธิภาพลดลง มีการสะสมตัวของกรดอินทรีย์ระเหยภายในถังสูงขึ้น ค่าตะกอนแขวนลอยภายในถังลดลง และค่าตะกอนแขวนลอยที่หลุดออกจากถังยูเอเอสบีไปกับน้ำทิ้ง มีค่าสูงขึ้นมากโดยค่าตะกอนแขวนลอยที่หลุดออกไป มีค่าถึงประมาณ 3,000 มก./ล. (ดังรูป 6.16) นับเป็นพารามิเตอร์หนึ่งที่บอกรสภาพของระบบที่จะล้มเหลว ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบยูเอเอสบีจึงได้เติมธาตุไนโตรเจนและโคบอลต์ลงในการทดลองชุดที่ 2 ค่าเฉลี่ยตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งที่หลุดออกจากถังยูเอเอสบีมีค่าลดลง โดยถังที่ 1 มีค่าเฉลี่ยประมาณ 404 มก./ล. สูงกว่าถังที่ 2 ที่มีค่าประมาณ 370 มก./ล. อยู่เล็กน้อย ในการทดลองชุดที่ 3 เมื่อเพิ่มออร์แกนิกโหลดถึงสูงขึ้นไปเป็น 12.0 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.วัน ค่าตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งที่หลุดออกจากถัง มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 662 มก./ล. และถังที่ 2 มีค่าเฉลี่ยประมาณ 360 มก./ล. ค่าเฉลี่ยของตะกอนแขวนลอยในระบบยูเอเอสบี และที่หลุดออกไปน้ำทิ้งที่ออกจากถังยูเอเอสบีทั้งสอง แสดงดังตารางที่ 6.8 ในการทดลองทั้ง 3 ชุด



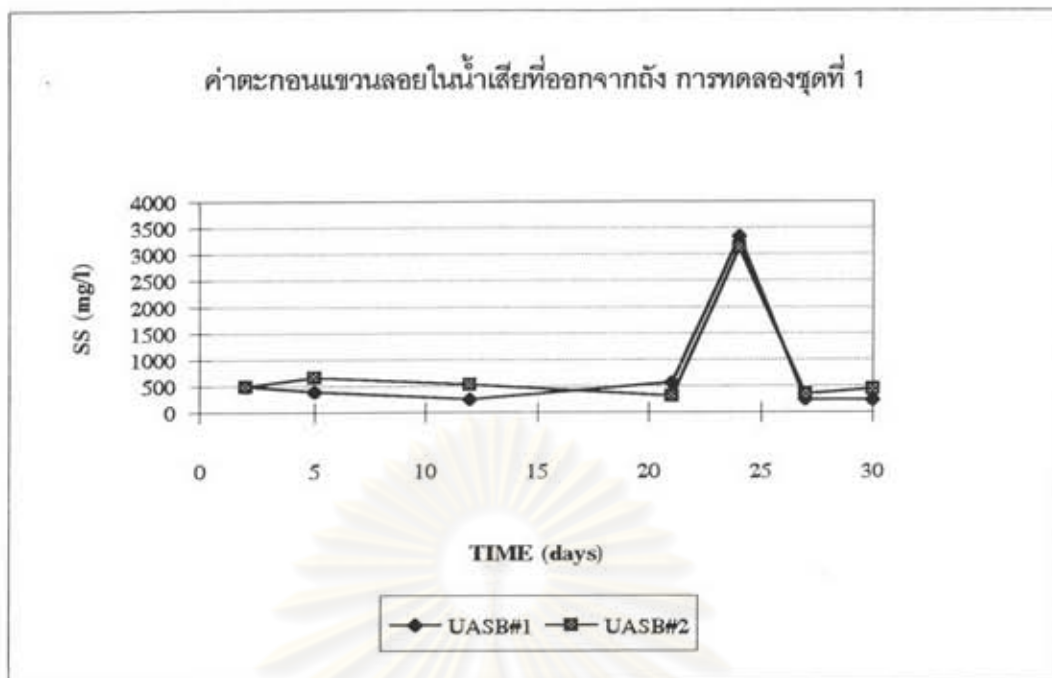
รูปที่ 6.13 แสดงค่าตะกอนแขวนลอยภายในถังยูเอเอสบีทั้งสองถัง ในการทดลองชุดที่ 1



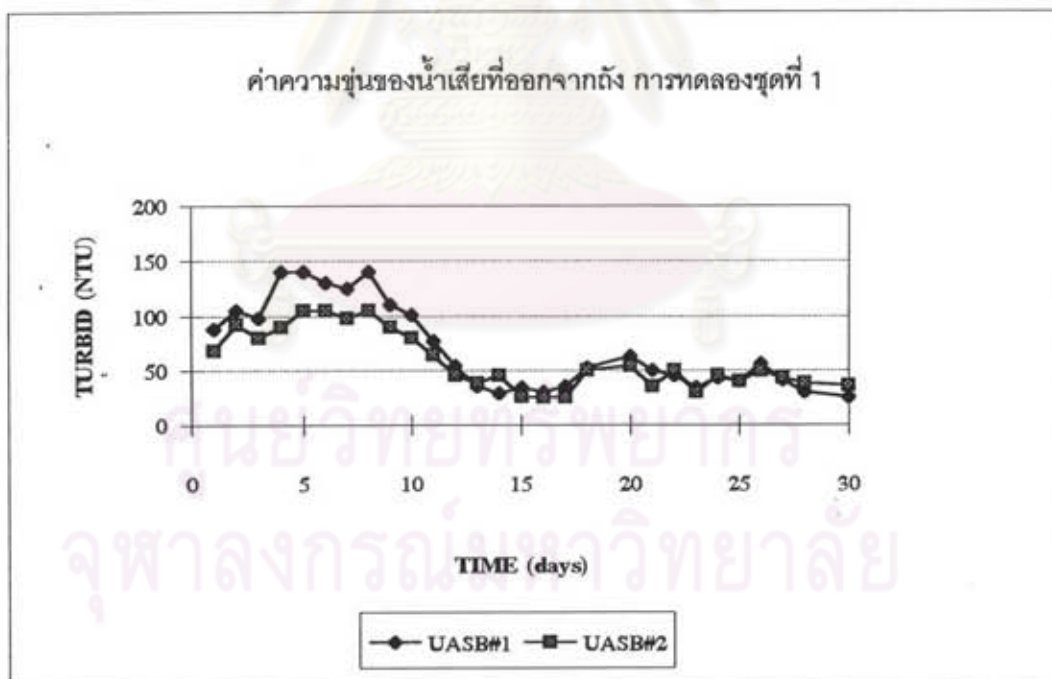
รูปที่ 6.14 แสดงค่าตะกอนแขวนลอยภายในถังยูเอเอสบีทั้งสองถัง ในการทดลองชุดที่ 2



รูปที่ 6.15 แสดงค่าตะกอนแขวนลอยภายในถังยูเอเอสบีทั้งสองถัง ในการทดลองชุดที่ 3

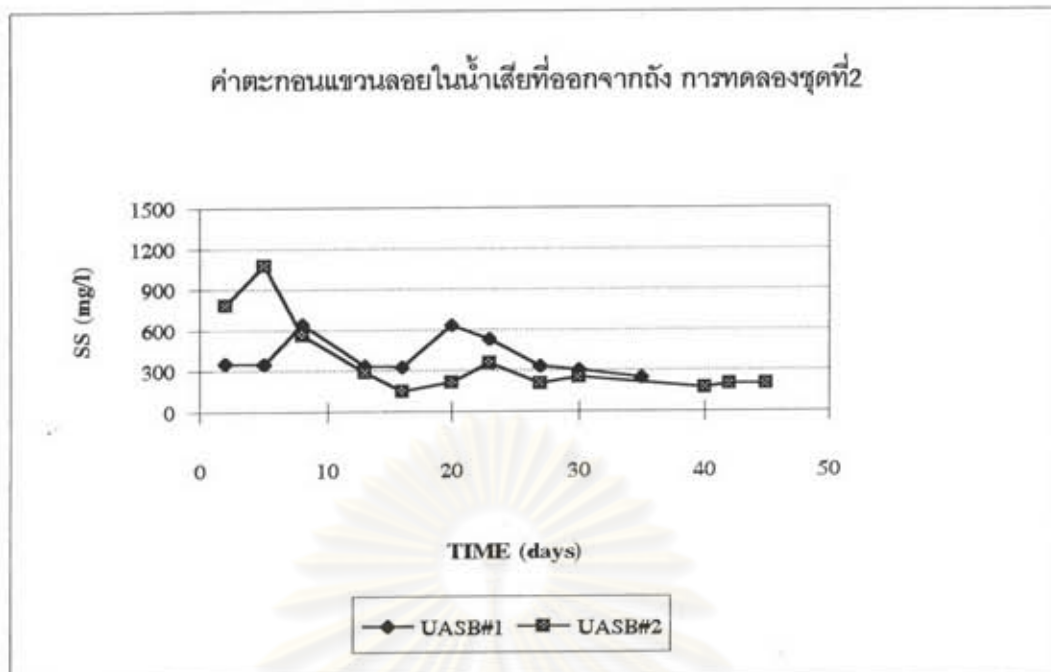


รูปที่ 6.16 แสดงค่าตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งจากถังยูเอเอสบีทั้งสองถัง การทดลองชุดที่ 1

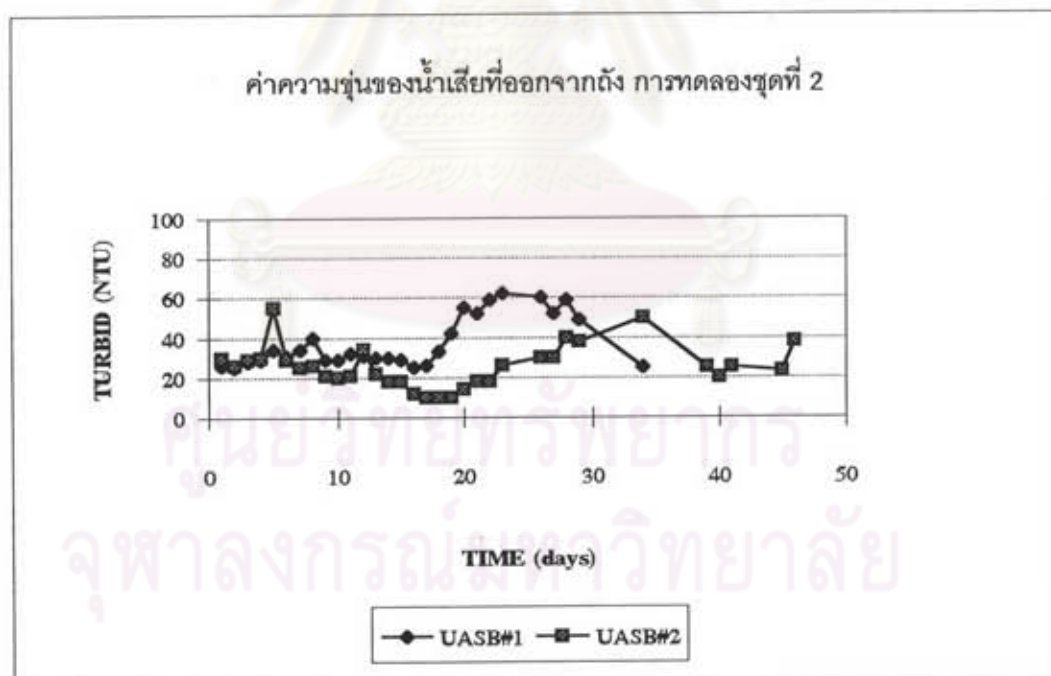


รูปที่ 6.19 ค่าความขุ่นของน้ำทิ้งที่ออกจากถังยูเอเอสบี การทดลองชุดที่ 1





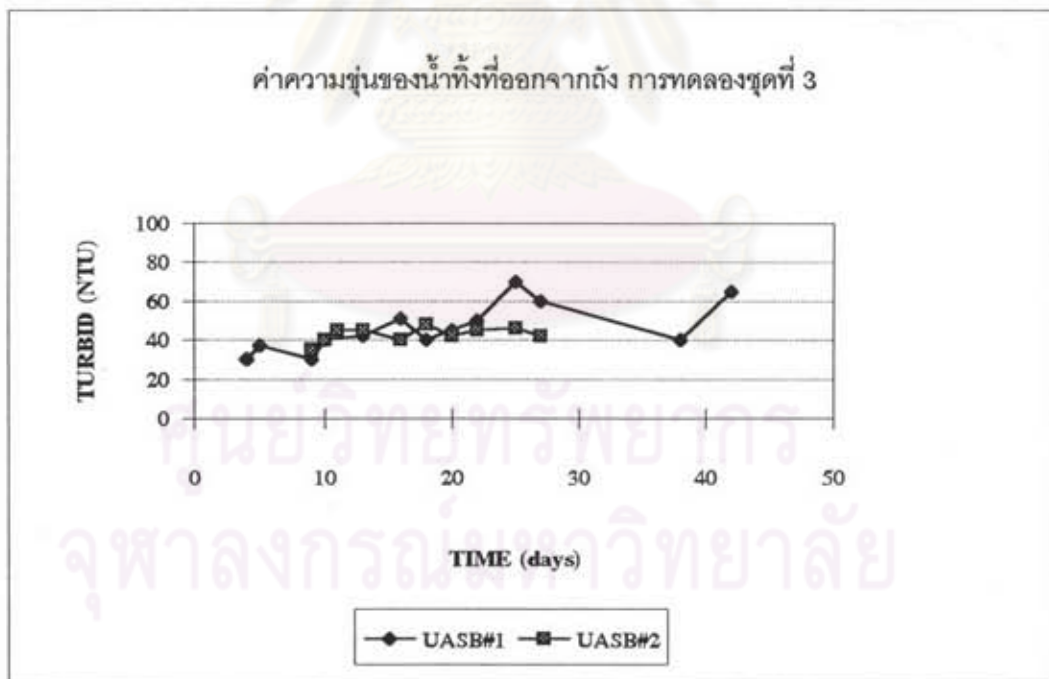
รูปที่ 6.17 แสดงค่าความตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งจากถังยูเอเอสบี การทดลองชุดที่ 2



รูปที่ 6.20 แสดงค่าความขุ่นของน้ำทิ้งที่ออกจากถังยูเอเอสบี การทดลองชุดที่ 2



รูปที่ 6.18 แสดงค่าความตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งจากถังยูเอเอสบี การทดลองชุดที่ 3



รูปที่ 6.21 แสดงค่าความขุ่นของน้ำทิ้งที่ออกจากถังยูเอเอสบี การทดลองชุดที่ 3



ตารางที่ 6.8 ค่าตะกอนแขวนลอยเฉลี่ยในถังยูเอเอสบี และ ที่หลุดออกจากถังในการทดลองทั้ง 3 ชุด

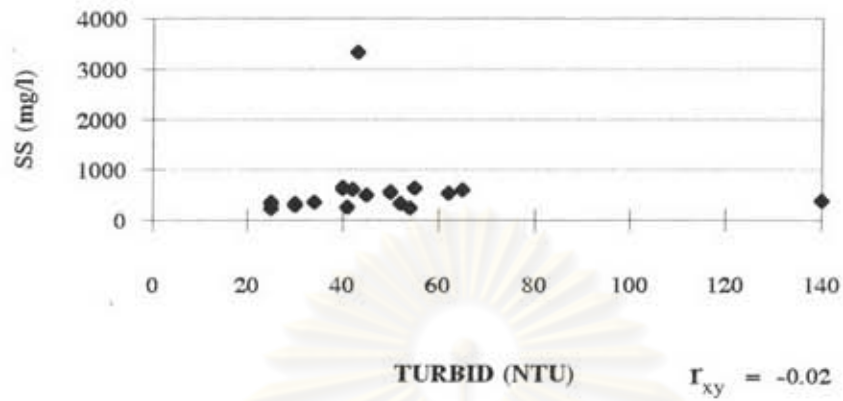
การทดลอง ชุดที่	ถังยูเอเอสบีที่ 1 (mg/l)		ถังยูเอเอสบีที่ 2 (mg/l)	
	ภายในถัง	หลุดออกจากถัง	ภายในถัง	หลุดออกจากถัง
1	27,343±8,519	783±1,131	30,738±20,661	839±1,015
2	25,026±5,570	404±141	8,708±1,972	370±290
3	14,698±8,524	652±301	25,981±7,779	360±86

หมายเหตุ ค่าตะกอนแขวนลอยภายในถังยูเอเอสบีทั้งสองวัดจากระดับความสูงจากกันถึง 0.9 เมตร

ค่าความขุ่นของน้ำทิ้งที่ออกจากถังยูเอเอสบีทั้งสองถังแสดงดังรูปที่ 6.19 - 6.21 ในการทดลองทั้งสามชุดตามลำดับ ค่าความขุ่นของของน้ำทิ้งจากถังยูเอเอสบี ที่ 1 และ 2 มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน เมื่อเพิ่มออร์แกนิกโหลดคิงสูงขึ้น ค่าความขุ่นเริ่มมีค่าแปรปรวนมาก เพราะเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมากขึ้น ทำให้มีสีเพิ่มขึ้นจนคล้ำ ส่งผลให้น้ำทิ้งที่ออกจากถังยูเอเอสบีมีสีปนอยู่ด้วย ทำให้รบกวนการวัดค่าความขุ่นได้ ในความมุ่งหมายเดิมการวัดค่าความขุ่นของน้ำทิ้งที่ออกจากถังยูเอเอสบี เพื่อเปรียบเทียบกับปริมาณตะกอนแขวนลอยที่หลุดออกจากระบบ แต่ปรากฏว่าเมื่อปริมาณตะกอนแขวนลอยที่หลุดออกจากถังยูเอเอสบีทั้งสองถังมีค่าสูงขึ้นเช่นในช่วงท้ายของการทดลองชุดที่ 1 (ดังรูปที่ 6.16) ความขุ่นกลับไม่ได้แสดงความสอดคล้องกัน และเมื่อหาความสัมพันธ์ของค่าความขุ่นน้ำทิ้งกับตะกอนแขวนลอยที่หลุดออกจากระบบ ดังรูปที่ 6.22 - 6.23 กลับไม่ได้แสดงความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกัน จึงสรุปได้ว่าในการวิจัยนี้ไม่สามารถใช้ค่าความขุ่นประมาณค่าตะกอนแขวนลอยที่หลุดออกจากระบบได้

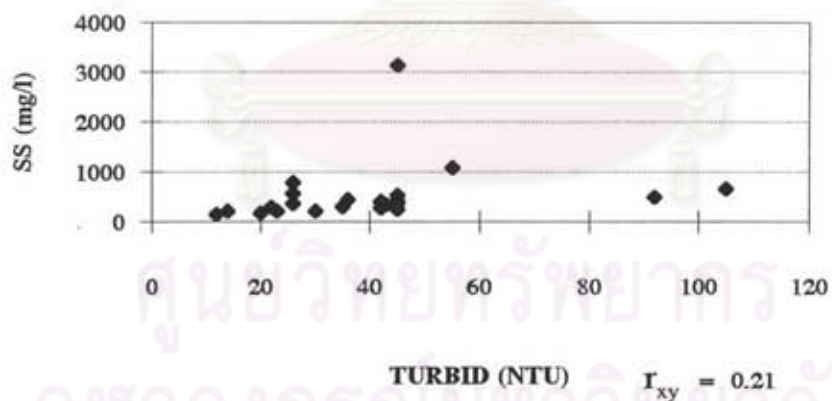
ในการทดลองครั้งนี้ ได้มีถังสำหรับป้อนน้ำเสีย มีปริมาตรประมาณ 10 ลิตรอยู่ด้านบนของถังยูเอเอสบี ปล่อยน้ำเสียไหลตามท่อเข้าด้านล่างของถัง เนื่องจากป้องกันการสูญเสียตะกอนจุลินทรีย์หากสายยางของเครื่องสูบน้ำเสียขาดหรือหลุดได้ ในช่วงแรกของการทดลองได้ล้างทำความสะอาดถังป้อนน้ำเสียและท่อส่งน้ำเสียทุกวัน แต่ช่วงหลังประมาณ 2-3 วันต่อครั้ง ดังนั้นในช่วงหลังจะมีปัญหาเรื่องการอุดตันบ้าง โดยน้ำเสียจะเกาะเป็นคราบภายในท่อทำให้เพิ่มแรงเสียดทาน รวมทั้งอาจเกิดก๊าซขึ้นภายในท่อทำให้เพิ่มแรงเสียดทานอีกทางหนึ่ง ทำให้ระดับน้ำล้นออกจากถังสำหรับป้อนน้ำเสียได้ ดังนั้นสำหรับระบบยูเอเอสบีที่มีขนาดใหญ่ สามารถป้อนน้ำเสียเข้าสู่ถังได้โดยตรง อาจไม่เหมาะสมและไม่จำเป็นต้องมีถังสำหรับป้อนน้ำเสียอยู่ด้านบน

SS TURBID UASB#1



รูปที่ 6.22 แสดงความสัมพันธ์ของตะกอนแขวนลอยกับความขุ่นของน้ำทิ้งจากถังยูเอเอสบีที่ 1

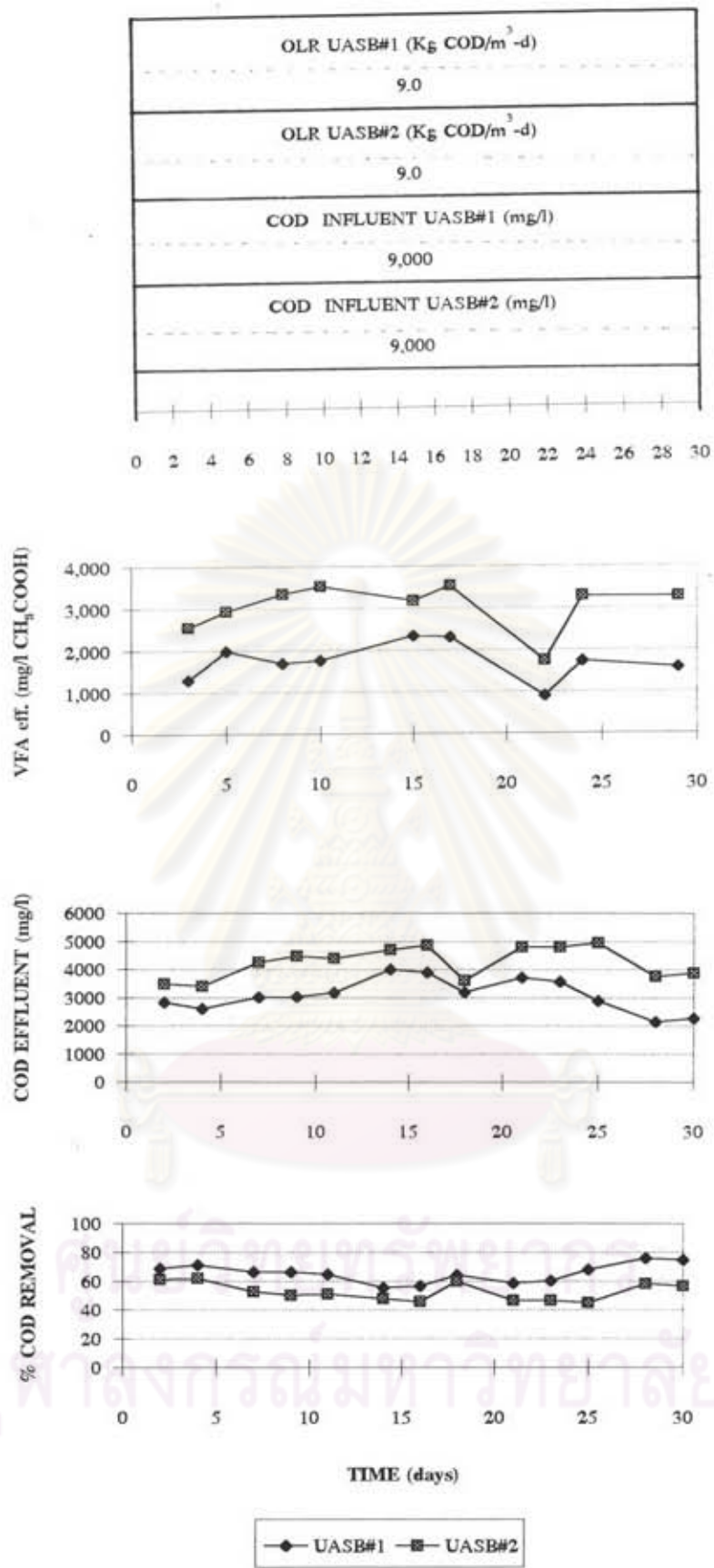
SS TURBID UASB#2



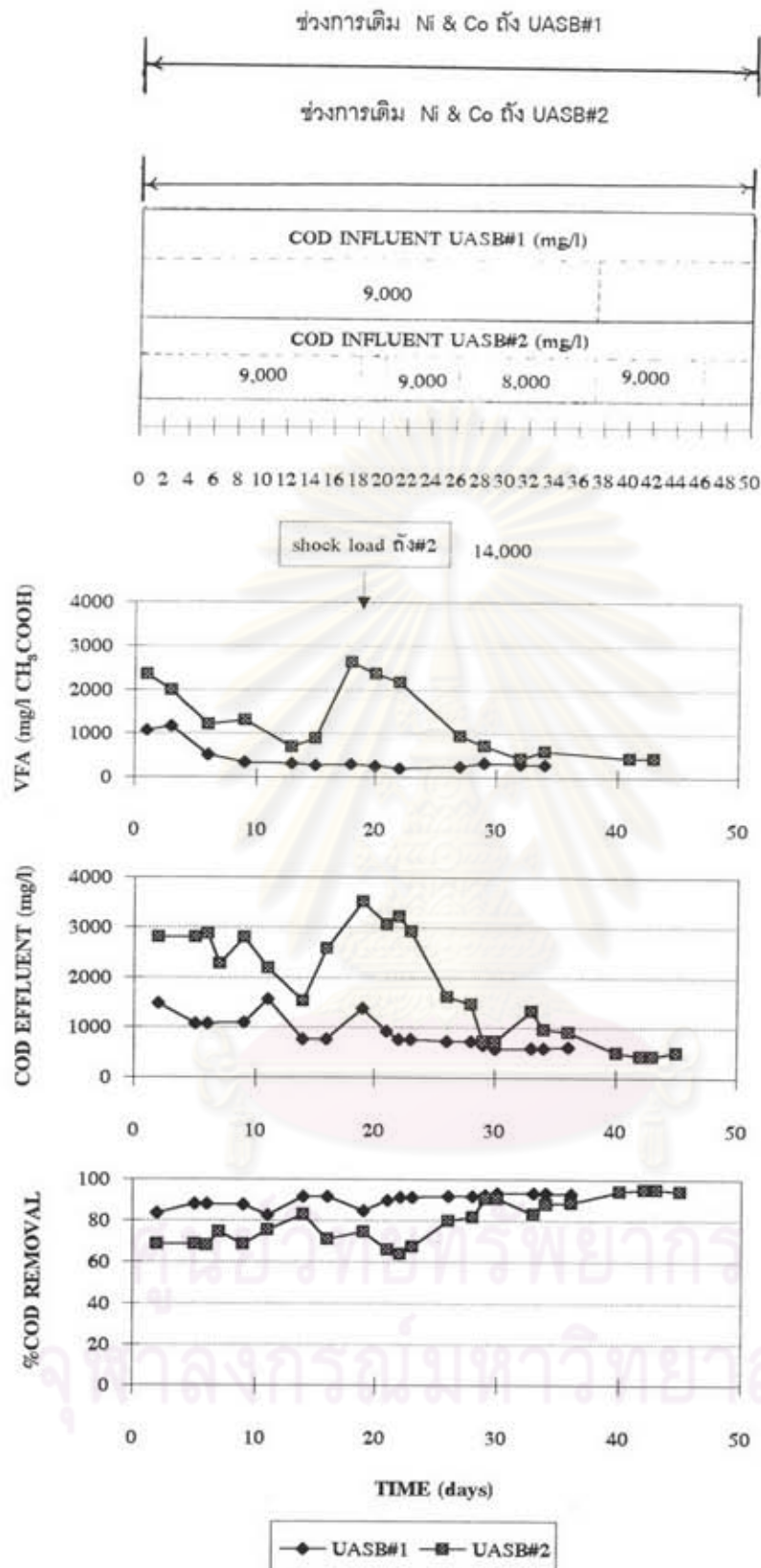
รูปที่ 6.23 แสดงความสัมพันธ์ของตะกอนแขวนลอยกับความขุ่นของน้ำทิ้งจากถังยูเอเอสบีที่ 2

6.6 ประสิทธิภาพของระบบยูเอเอสบีในการลดค่าซีไอดี

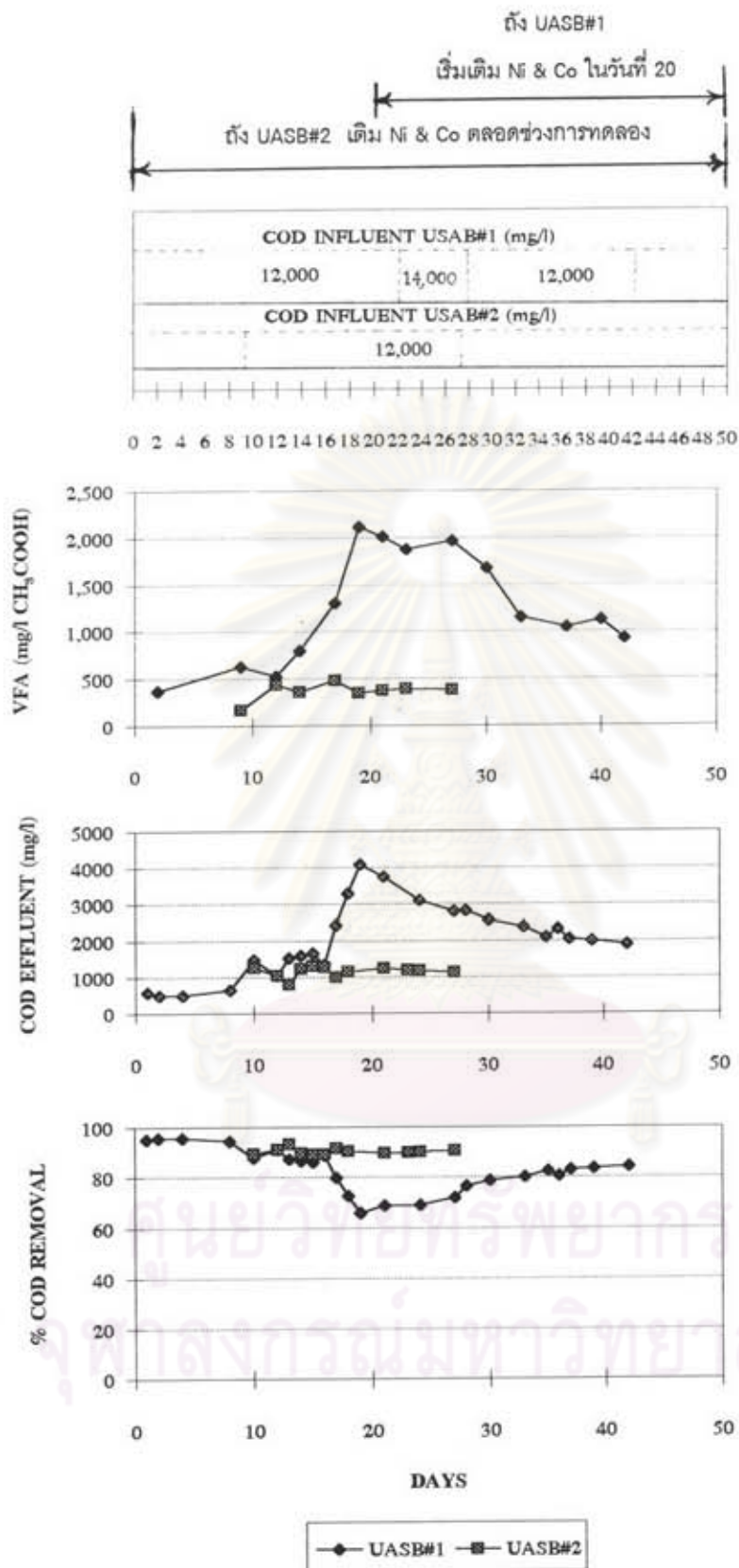
ประสิทธิภาพการลดค่าซีไอดี เป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถ หรือประสิทธิภาพของระบบบำบัดระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถทำงานได้ดี ย่อมทำให้ประสิทธิภาพการลดค่าซีไอดีมีค่าสูงตามไปด้วย รูป 6.24 - 6.26 แสดงถึงประสิทธิภาพการลดค่าซีไอดี ของระบบยูเอเอสบี ในการทดลองชุดที่ 1 ถึง 3 ตามลำดับ โดยการทดลองชุดที่ 1 ดึงยูเอเอสบี 1 มีประสิทธิภาพการลดค่าซีไอดีเฉลี่ยประมาณ 63.6 % ส่วนดึงยูเอเอสบีที่ 2 มีค่าประมาณ 52.7 % ซึ่งต่ำกว่าดั่งที่ 1 ดังตารางที่ 6.9 แต่ประสิทธิภาพของดึงยูเอเอสบีทั้งสองดั่ง มีค่าไม่สูงมากนัก แสดงถึงประสิทธิภาพของระบบไม่ดีเริ่มขาดความสมดุลย์และเสถียรภาพ ในช่วงท้ายการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับค่ากรดอินทรีย์ระเหย ที่มีการสะสมอยู่ในดึงยูเอเอสบีสูง และมีค่าของกรดไพโรพิออนิกอยู่สูงกว่า 1,000 มก./ล. อีกทั้งมีการหลุดออกมาของตะกอนแขวนลอยจากดึงยูเอเอสบีมากกว่า 3,000 มก./ล. จึงได้มีการเติมธาตุนิเกิลและโคบอลท์ ซึ่งจำเป็นสำหรับแบคทีเรียที่ผลิตมีเทน ลงในน้ำเสียในการทดลองชุดที่ 2 ทั้งสองดั่ง โดยมีอัตราส่วนของซีไอดี ต่อ นิเกิล ต่อ โคบอลท์ เท่ากับ 100 ต่อ 0.01 ต่อ 0.01 ผลปรากฏว่าประสิทธิภาพการลดค่าซีไอดี มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยในดึงยูเอเอสบีที่ 1 มีประสิทธิภาพการลดค่าซีไอดีสูงถึง 90 % รวมทั้ง การสะสมตัวของกรดอินทรีย์ระเหยภายในดึงและในน้ำเสียที่ออกจากดั่งมีค่าลดลง ส่วนดึงยูเอเอสบีที่ 2 มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น เช่นกัน แต่น้อยกว่าดึงยูเอเอสบีที่ 1 และในช่วงกลางประมาณวันที่ 18 ของการทดลองชุดที่ 2 ดึงยูเอเอสบีที่ 2 มีประสิทธิภาพลดลงเหลือประมาณ 60 % จึงตรวจสอบดูปรากฏว่า ค่าซีไอดีน้ำที่เข้าสู่ดึงยูเอเอสบีที่ 2 สูงถึง 14,000 มก./ล. เนื่องจากใช้น้ำสัปรดถึงเก่าที่เก็บไว้นาน จึงทำให้ออร์แกนิกไหลดิ่งที่เข้าสู่ดั่งที่ 2 สูงถึง 14.0 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน โดยไม่ได้ตั้งใจ ดังนั้น เพื่อให้ระบบฟื้นตัว จึงได้ลดค่าออร์แกนิกไหลดิ่งของน้ำเสียเข้าสู่ดึงยูเอเอสบีที่ 2 ลงเหลือ 8.0 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน เมื่อระบบเริ่มฟื้นสภาพ มีประสิทธิภาพการลดค่าซีไอดีสูงขึ้น จึงทำการเพิ่มออร์แกนิกไหลดิ่งที่เข้าสู่ดั่งที่ 2 เป็น 9.0 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน โดยมีประสิทธิภาพการลดค่าซีไอดีเฉลี่ยของดั่งที่ 2 ประมาณ 82.7 % เมื่อเข้าสู่การทดลองชุดที่ 3 ที่มีค่าออร์แกนิกไหลดิ่ง 12.0 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน โดยในช่วงแรกดึงยูเอเอสบีที่ 1 ไม่ได้เติมนิเกิลและโคบอลท์ ส่วนดั่งที่ 2 ยังเติมในอัตราส่วนดั่งเดิม ปรากฏว่าประสิทธิภาพการลดค่าซีไอดี ของดึงยูเอเอสบีที่ 1 เริ่มลดลง และมีประสิทธิภาพลดลงต่ำกว่าดึงยูเอเอสบีที่ 2 โดยดึงยูเอเอสบีที่ 2 กลับมีประสิทธิภาพการลดค่าซีไอดีเฉลี่ยประมาณ 90 % ส่วนดึงยูเอเอสบีที่ 1 ประสิทธิภาพการลดค่าซีไอดีต่ำลง เหลือประมาณ 65 % จึงได้เติมนิเกิลและโคบอลท์ ลงในดึงยูเอเอสบีที่ 1 อีกครั้ง ปรากฏว่าดึงยูเอเอสบี กลับมีประสิทธิภาพการลดค่าซีไอดีสูงขึ้น โดยมีค่ามากกว่า 80 % ใกล้เคียงกับดึงยูเอเอสบีที่ 1 ค่าประสิทธิภาพการลดค่าซีไอดีเฉลี่ย แสดงดังตารางที่ 6.9 ในการทดลองทั้ง 3 ชุด ในการทดลองชุดที่ 3 การที่ประสิทธิภาพการลดค่าซีไอดี ของดึงยูเอเอสบีที่ 1 ต่ำกว่าดึงยูเอเอสบีที่ 2 เล็กน้อย เนื่องจากช่วงท้ายในขณะที่



รูปที่ 6.24 แสดงประสิทธิภาพการลดค่าซีโอดีของระบบ ในการทดลองชุดที่ 1



รูปที่ 6.25 แสดงประสิทธิภาพการลดค่าซีโอดีของถังยูเอเอสบี การทดลองชุดที่ 2



รูปที่ 6.26 แสดงประสิทธิภาพการลดค่าซีโอดีของถังยูเอเอสบี การทดลองชุดที่ 3

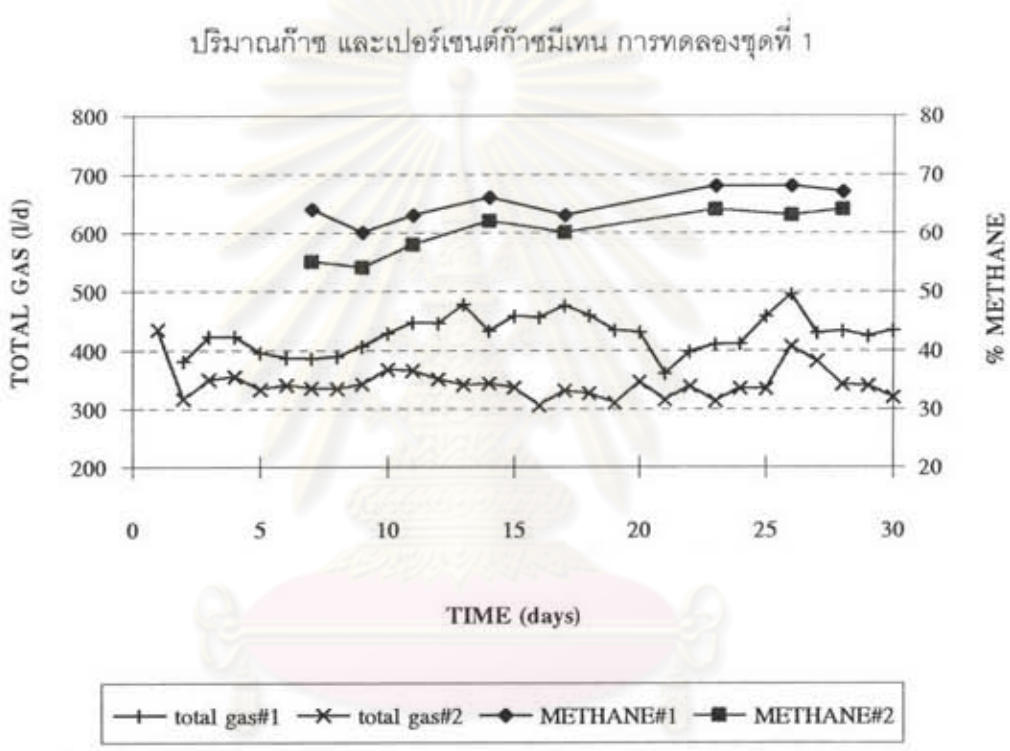
ทำการทดลองของถังยูเอเอสบีที่ 1 อยู่ในช่วงฤดูหนาว อุณหภูมิลดต่ำลง เป็นผลทำให้ประสิทธิภาพการลดค่าซีไอดี ลดลงด้วย การที่อุณหภูมิลดต่ำลง ทำให้อัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และการทำงานของเอนไซม์ลดต่ำลง ประสิทธิภาพระบบจึงลดลง [Dold et al,1986]

ตารางที่ 6.9 แสดงประสิทธิภาพการลดค่าซีไอดีเฉลี่ยของถังยูเอเอสบีทั้งสองถัง

การทดลองชุดที่	ถังยูเอเอสบีที่ 1 (%)	ถังยูเอเอสบีที่ 2 (%)
1	65.6±6.4	52.7±6.3
2	90.0±3.5	79.7±10.8
3	82.7±8.8	90.4±1.2

6.7 อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ

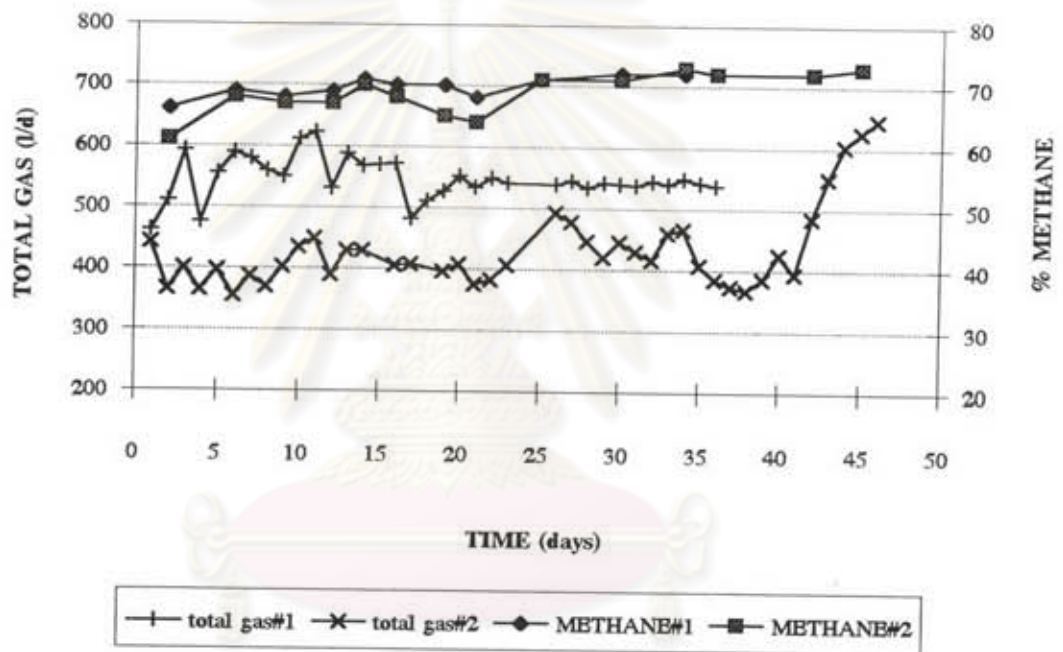
การใช้ระบบยูเอเอสบีในการบำบัดน้ำเสีย จะมีก๊าซเกิดขึ้น ซึ่งเป็นผลผลิตสุดท้ายของระบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจนทั่วไป ก๊าซที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ คือก๊าซมีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์ โดยก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากระบบ ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ รวมถึงความสมดุลย์และเสถียรภาพของระบบด้วย ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้น เป็นก๊าซเชื้อเพลิงให้พลังงานประมาณ 914.5 บีทียู ต่อ ลูกบาศก์ฟุต แต่อย่างไรก็ตามการนำไปใช้งาน ยังคงจำกัดอยู่เฉพาะในโรงงานขนาดใหญ่เท่านั้น เนื่องจาก หากต้องการแปรสภาพก๊าซมีเทนให้อยู่ในรูปก๊าซเหลว ต้องใช้ภาชนะบรรจุก๊าซชนิดพิเศษที่ควบคุมอุณหภูมิเย็นจัด ซึ่งต่ำกว่าจุดเยือกแข็งถึง -165 องศาเซลเซียส และก๊าซมีเทนเป็นก๊าซที่เบากว่าอากาศเนื่องจากมีความถ่วงจำเพาะประมาณ 0.55 การเก็บก๊าซต้องใช้ถังที่ทนแรงดันสูงมากถึง 2,400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือประมาณ 163 เท่าของความดันบรรยากาศ ทำให้ต้องพิจารณาในแง่เศรษฐศาสตร์ด้วย จึงเป็นสาเหตุที่ไม่ค่อยมีผู้นิยมใช้เป็นเชื้อเพลิงอย่างแพร่หลาย อย่างไรก็ตาม ก๊าซมีเทน และปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น ยังเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญ ในการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบ รูปที่ 6.27 - 6.29 แสดงปริมาณก๊าซทั้งหมดที่เกิดขึ้นและอัตราส่วนของก๊าซมีเทนของถังยูเอเอสบีทั้งสองถังในการทดลองชุดที่ 1 ถึง 3 ตามลำดับ ซึ่งการวัดอัตราส่วนของก๊าซมีเทน ใช้เครื่องมือวัดก๊าซแบบ ORSAT โดยวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนที่เหลือ จึงเป็นก๊าซมีเทน และคิดว่ามีก๊าซชนิดอื่นอยู่น้อยมาก โดยในการทดลองชุดที่ 1 และ 2 ถังยูเอเอสบีที่ 1 มีปริมาณก๊าซทั้งหมดที่เกิดขึ้นเฉลี่ย 427 และ 547 ลิตรต่อวัน ซึ่งสูงกว่าถังยูเอเอสบีที่ 2 ที่มีค่าเฉลี่ยประมาณ 343 และ 431 ลิตรต่อวัน



รูปที่ 6.27 แสดงปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น และเปอร์เซ็นต์มีเทน ในการทดลองชุดที่ 1

ศูนย์วิทยพัชร์พยากรณ์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

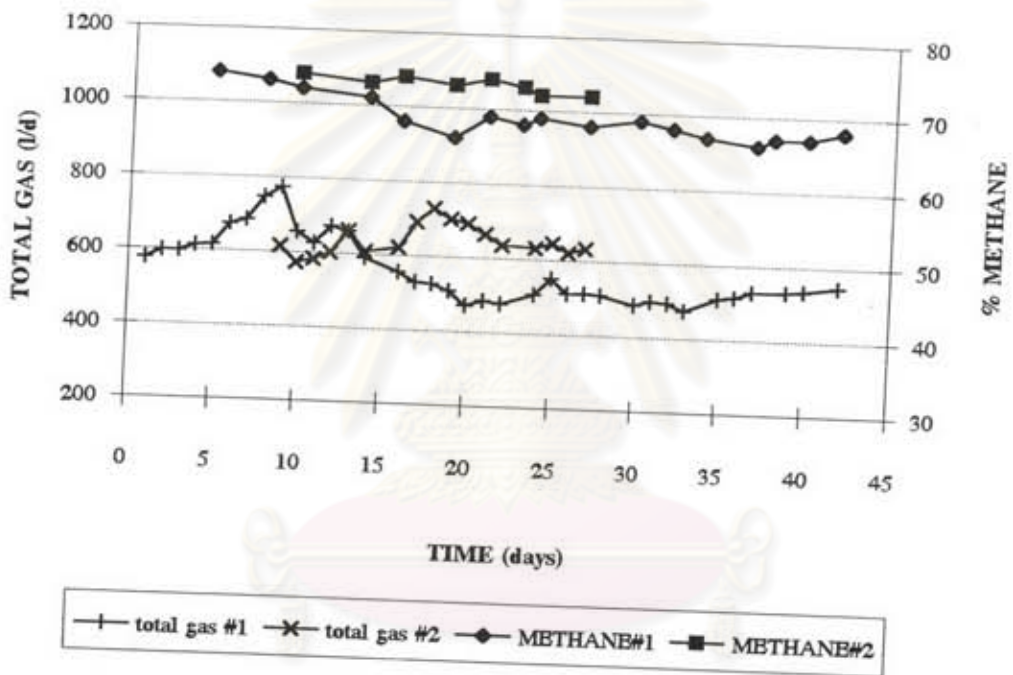
ปริมาณก๊าซ และเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทน การทดลองชุดที่ 2



ศูนย์วิทยทรัพยากร
 รูปที่ 6.28 แสดงปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น และเปอร์เซ็นต์มีเทน ในการทดลองชุดที่ 2
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ปริมาณก๊าซ และเปอร์เซ็นต์มีเทน การทดลองชุดที่ 3



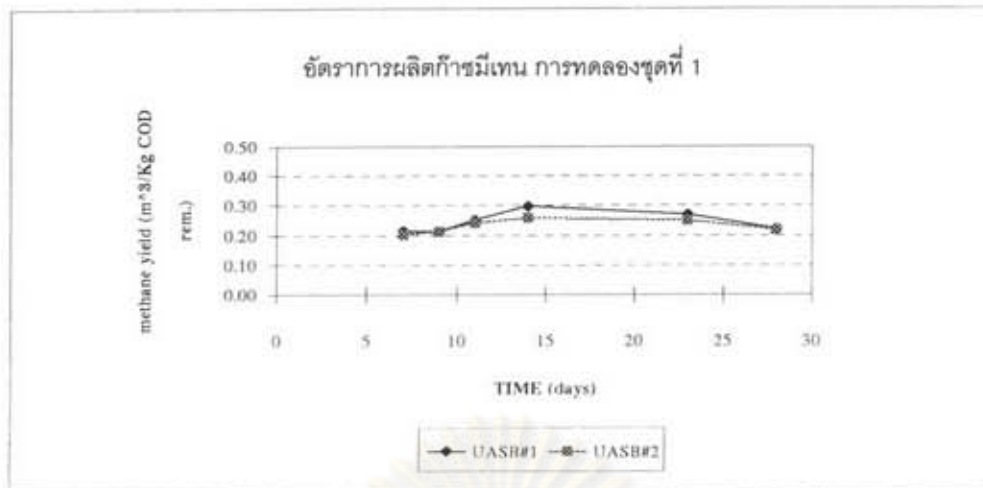
รูปที่ 6.29 แสดงปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น และเปอร์เซ็นต์มีเทน ในการทดลองชุดที่3
 ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตามลำดับ ส่วนในการทดลองชุดที่ 3 ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นของถังยูเอเอสบีที่ 2 กลับมีค่าสูงกว่าถังที่ 1 โดยถังที่ 2 มีค่าเฉลี่ยประมาณ 641 ลิตรต่อวัน ส่วนถังยูเอเอสบีที่ 1 มีค่าเฉลี่ยประมาณ 565 ลิตรต่อวัน ซึ่งสอดคล้องกับประสิทธิภาพการลดซีไอดีของระบบ ค่าเปอร์เซ็นต์หรืออัตราส่วนของก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้น ในการทดลองชุดที่ 1 อัตราส่วนของก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นมีค่าประมาณ 65 % สำหรับถังยูเอเอสบีที่ 1 และประมาณ 60 % สำหรับถังยูเอเอสบีที่ 2 เมื่อเติมนิเกิลและโคบอลต์ลงในน้ำเสียในการทดลองชุดที่ 2 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบให้ดีขึ้น ทำให้อัตราส่วนของก๊าซมีเทนมีค่าสูงขึ้น จนใกล้เคียงกันทั้งสองถัง โดยถังที่ 1 มีประมาณ 70 % ส่วนถังที่ 2 มีค่าประมาณ 69 % ส่วนในการทดลองชุดที่ 3 โดยถังยูเอเอสบีที่ 1 ไม่ได้เติมนิเกิลและโคบอลต์ในช่วงแรก ส่วนถังยูเอเอสบีที่ 2 ยังคงเติมดังเดิม ปรากฏว่าอัตราส่วนของก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นของถังที่ 2 มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าถังที่ 1 โดยถังที่ 2 มีค่าประมาณ 73 % ส่วนถังยูเอเอสบีที่ 1 มีค่าเฉลี่ยประมาณ 69 % ค่าเฉลี่ยของปริมาณก๊าซทั้งหมดที่เกิดขึ้น และเปอร์เซ็นต์ของก๊าซมีเทน ของถังยูเอเอสบีทั้งสองถังแสดงดังตารางที่ 6.10 โดยเมื่อเพิ่มออร์แกนิกโหลดคิงให้สูงขึ้น ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นก็สูงตามไปด้วย

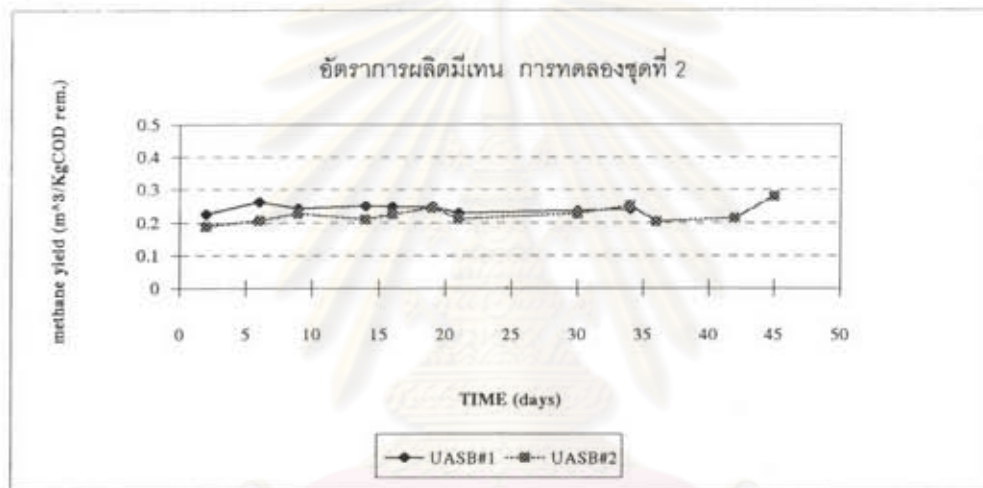
ตารางที่ 6.10 แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณก๊าซทั้งหมดที่เกิดขึ้นและเปอร์เซ็นต์ของก๊าซมีเทน

การทดลองชุดที่	ถังยูเอเอสบีที่ 1		ถังยูเอเอสบีที่ 2	
	ปริมาณก๊าซ (ลิตร/วัน)	เปอร์เซ็นต์มีเทน (%)	ปริมาณก๊าซ (ลิตร/วัน)	เปอร์เซ็นต์มีเทน (%)
1	427±32	64.9±2.9	343±27	60.0±4.0
2	547±34	69.6±1.9	431±67	68.7±3.6
3	565±79	68.8±2.4	641±44	73.1±0.8

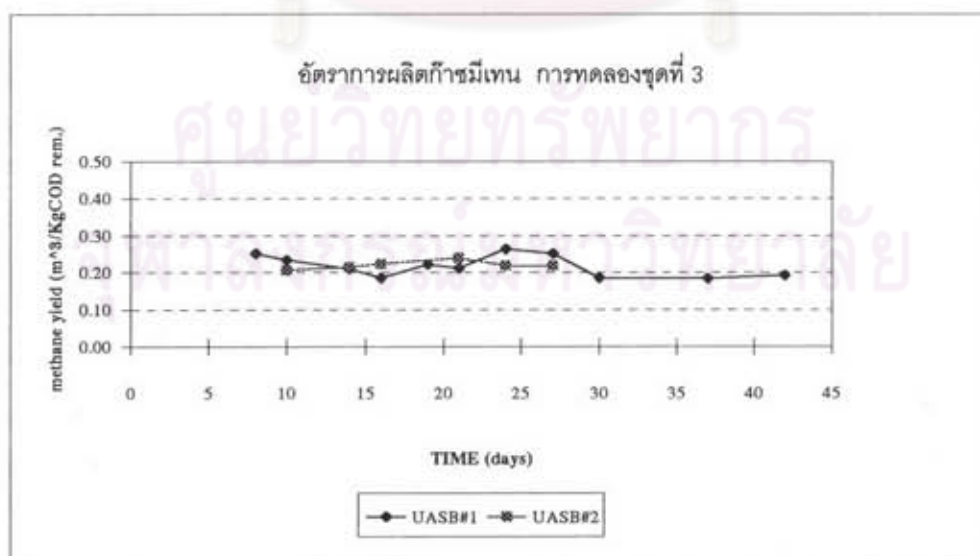
ส่วนอัตราการเกิดก๊าซมีเทนต่อกิโลกรัมของซีไอดีที่ถูกกำจัด ของการทดลองชุดที่ 1 ถึง 3 แสดงดังรูปที่ 6.30 - 6.32 ตามลำดับ โดยในการทดลองชุดที่ 1 อัตราการเกิดก๊าซมีเทนต่อกิโลกรัมของซีไอดีที่ถูกกำจัดเฉลี่ยของถังยูเอเอสบี ค่าประมาณ 0.244 และ 0.229 ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลกรัมซีไอดีที่ถูกกำจัด สำหรับถังยูเอเอสบีที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ส่วนในการทดลองชุดที่ 2 ถังยูเอเอสบีที่ 1 มีค่าสูงกว่าถังยูเอเอสบีที่ 2 เล็กน้อย โดยถังที่ 1 มีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.242 ส่วนถังที่ 2 มีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.224 ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลกรัมซีไอดีที่ถูกกำจัด และในการทดลองชุดที่ 3 ถังยูเอเอสบีที่ 2 กลับมีค่าสูงกว่าถังที่ 1 โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.220 และ 0.217 ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลกรัมซีไอดีที่ถูก



รูปที่ 6.30 แสดงอัตราการผลิตก๊าซมีเทนต่อกิโลกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด ในการทดลองชุดที่ 1



รูปที่ 6.31 แสดงอัตราการผลิตก๊าซมีเทนต่อกิโลกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด ในการทดลองชุดที่ 2



รูปที่ 6.32 แสดงอัตราการผลิตก๊าซมีเทนต่อกิโลกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด ในการทดลองชุดที่ 3



กำจัดสำหรับถังที่ 2 และ 1 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นในการทดลองนี้ ค่าเฉลี่ยของอัตราการเกิดก๊าซมีเทนแสดงดังตารางที่ 6.11 ทั้ง 3 ชุดการทดลอง

ตารางที่ 6.11 แสดงค่าเฉลี่ยอัตราการเกิดก๊าซมีเทนในการทดลองทั้ง 3 ชุด

การทดลองชุดที่	ถังยูเอเอสบีที่ 1 (m ³ /Kg COD removal)	ถังยูเอเอสบีที่ 2 (m ³ /Kg COD removal)
1	0.244 ± 0.03	0.229 ± 0.02
2	0.242 ± 0.01	0.224 ± 0.02
3	0.217 ± 0.03	0.220 ± 0.01

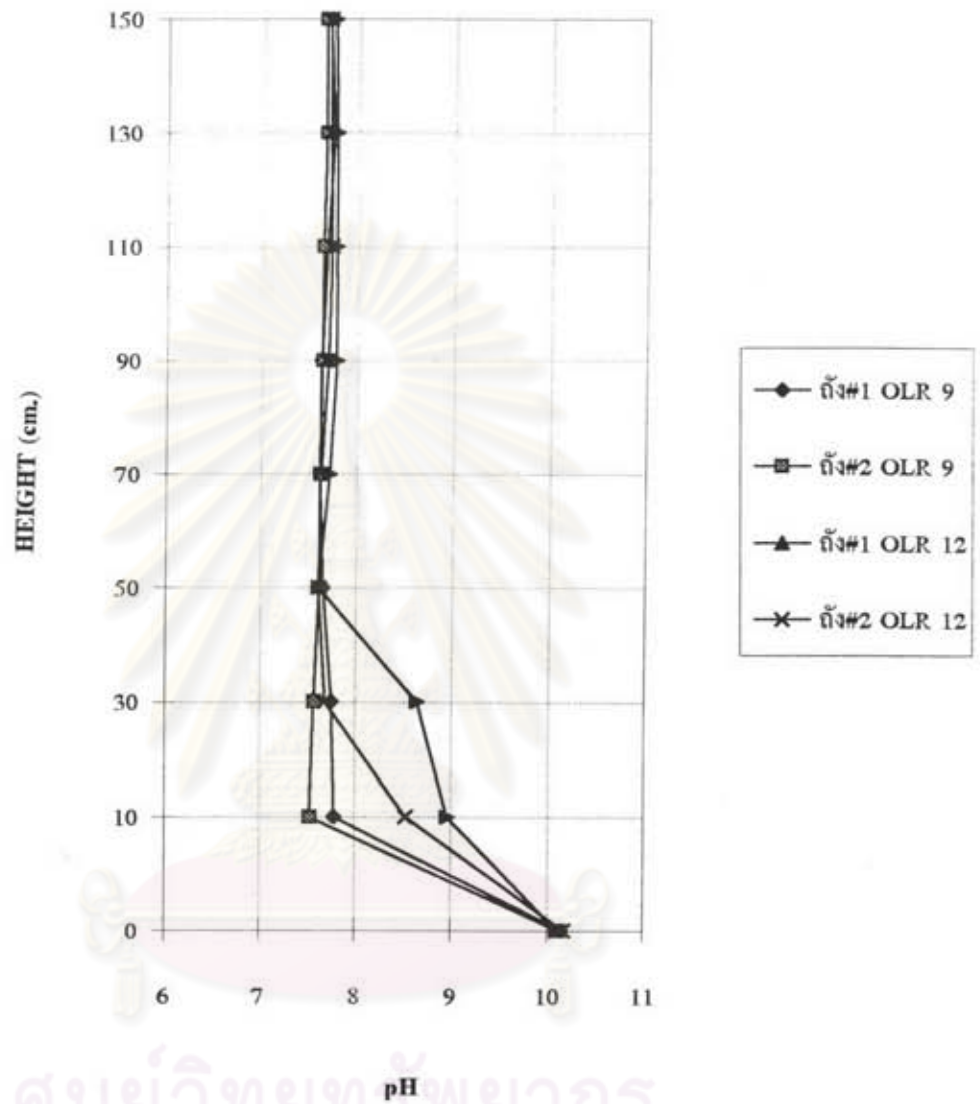
6.8 การเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ตามความสูงของถังยูเอเอสบี

6.8.1 ค่าพีเอช

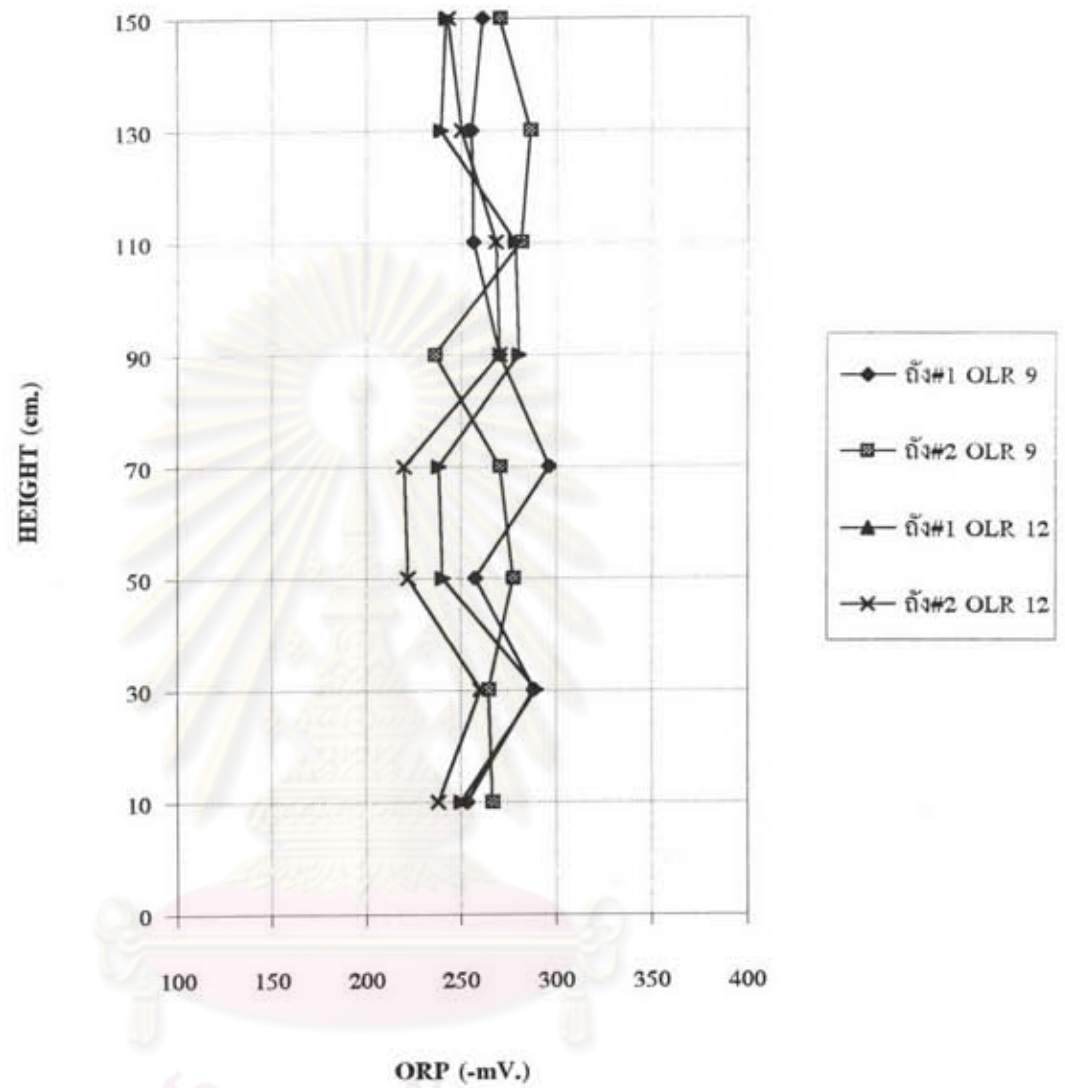
การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ตามความสูงของถังยูเอเอสบีทั้งสองถัง ที่ออร์แกนิกโหลดถึง 9.0 และ 12.0 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน แสดงดังรูปที่ 6.33 โดยถังยูเอเอสบีทั้งสองถังมีค่าพีเอชค่อนข้างใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ค่าพีเอชมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วบริเวณก้นถัง และเมื่อออร์แกนิกโหลดถึงสูงขึ้น ค่าพีเอชในถังมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อย และค่าพีเอชมีค่าต่ำสุดประมาณระดับความสูง 0.5 เมตร จากก้นถังยูเอเอสบีทั้งสองถัง เนื่องจากเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์สูง

6.8.2 ค่าไออาร์พี

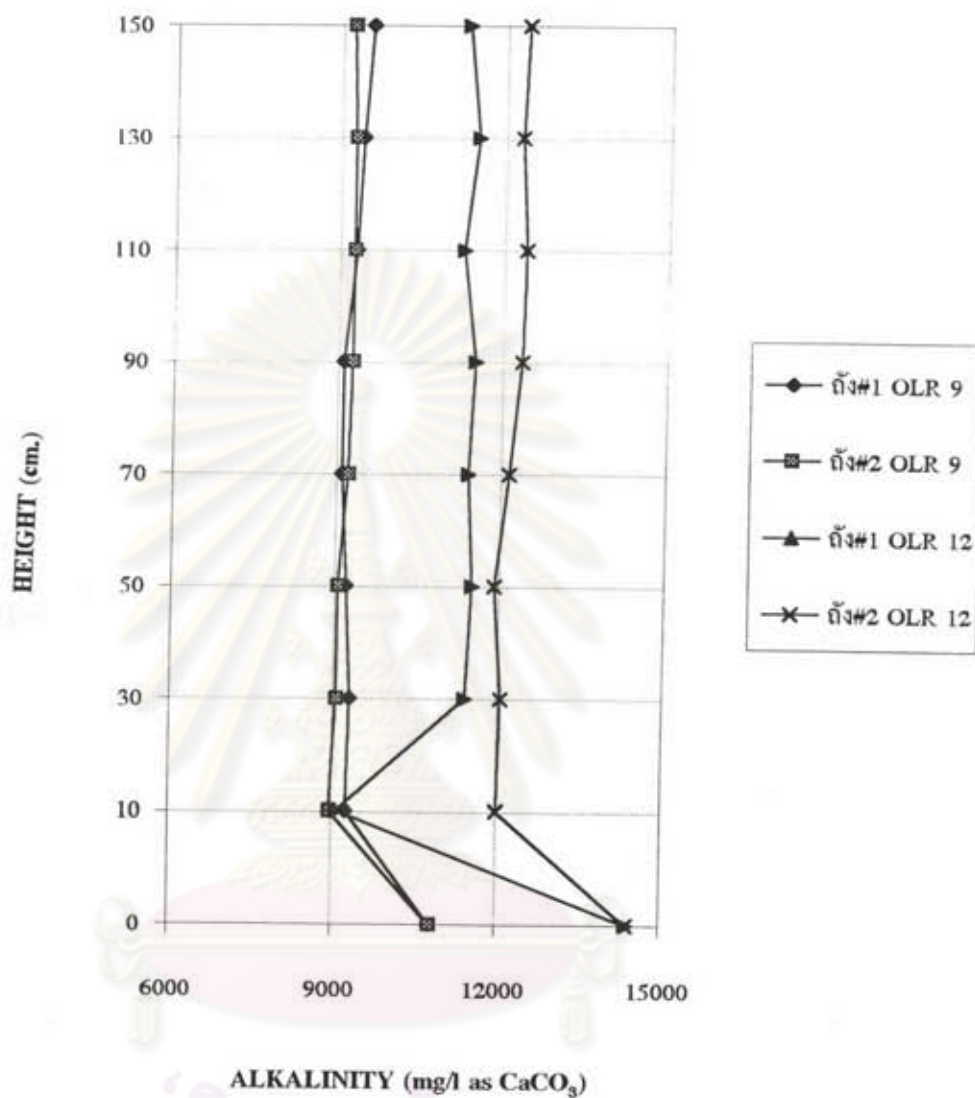
ค่าไออาร์พีที่เปลี่ยนแปลงตามความสูงของถังยูเอเอสบีทั้งสอง ที่ออร์แกนิกโหลดถึง 9.0 และ 12.0 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน แสดงดังรูปที่ 6.34 ที่ออร์แกนิกโหลดถึง 9.0 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน ถังยูเอเอสบีที่ 2 มีค่าสูงกว่าถังที่ 1 เล็กน้อย ส่วนที่ออร์แกนิกโหลดถึงที่ 12.0 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน ถังยูเอเอสบีที่ 1 มีค่าสูงกว่าถังที่ 2 เล็กน้อย และมีแนวโน้มไปทางเดียวกัน โดยมีค่าไออาร์พีต่ำสุดประมาณ 0.3 เมตร จากก้นถัง



รูปที่ 6.33 แสดงค่าพีเอชตามความสูงของถังยูเอเอสบีทั้งสองถังที่ออกการันกไหลดิ่ง 9.0 และ 12.0 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน



รูปที่ 6.34 แสดงค่าโออาร์พีตามความสูงของถังยูเอเอสบีทั้งสองถังที่ออกการันกไหลคดถึง 9.0 และ 12.0 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน



รูปที่ 6.35 แสดงค่าสภาพต่างรวมตามความสูงของถังยูเอเอสบีทั้งสองถังที่
 ออกาโรนิกโหลดคิง 9.0 และ 12.0 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.8.3 ค่าสภาพต่างรวม

ค่าสภาพต่างรวม ในการทดลองนี้มีค่าค่อนข้างสูง เนื่องจากค่าซีไอดีของน้ำเสียที่เข้าสู่ ถังยูเอเอสบีมีค่าสูง (ประมาณ 9,000-12,000 มก./ล.) สภาพต่างรวมของถังยูเอเอสบีทั้งสอง ที่ออร์แกนิกไหลคดถึง 9.0 และ 12.0 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน แสดงดังรูปที่ 6.35 ซึ่งสภาพต่างรวมมีแนวโน้มมีค่าต่ำสุด ที่ระดับตอนล่างประมาณ 0.1 เมตรจากกันถังยูเอเอสบีทั้งสอง และที่ระดับความสูงจากนั้นมีความเปลี่ยนแปลงน้อยมาก เมื่อออร์แกนิกไหลคดถึง สูงขึ้น ปริมาณสภาพต่างรวม มีค่าสูงตามไปด้วย

6.8.4 กรดอินทรีย์ระเหย

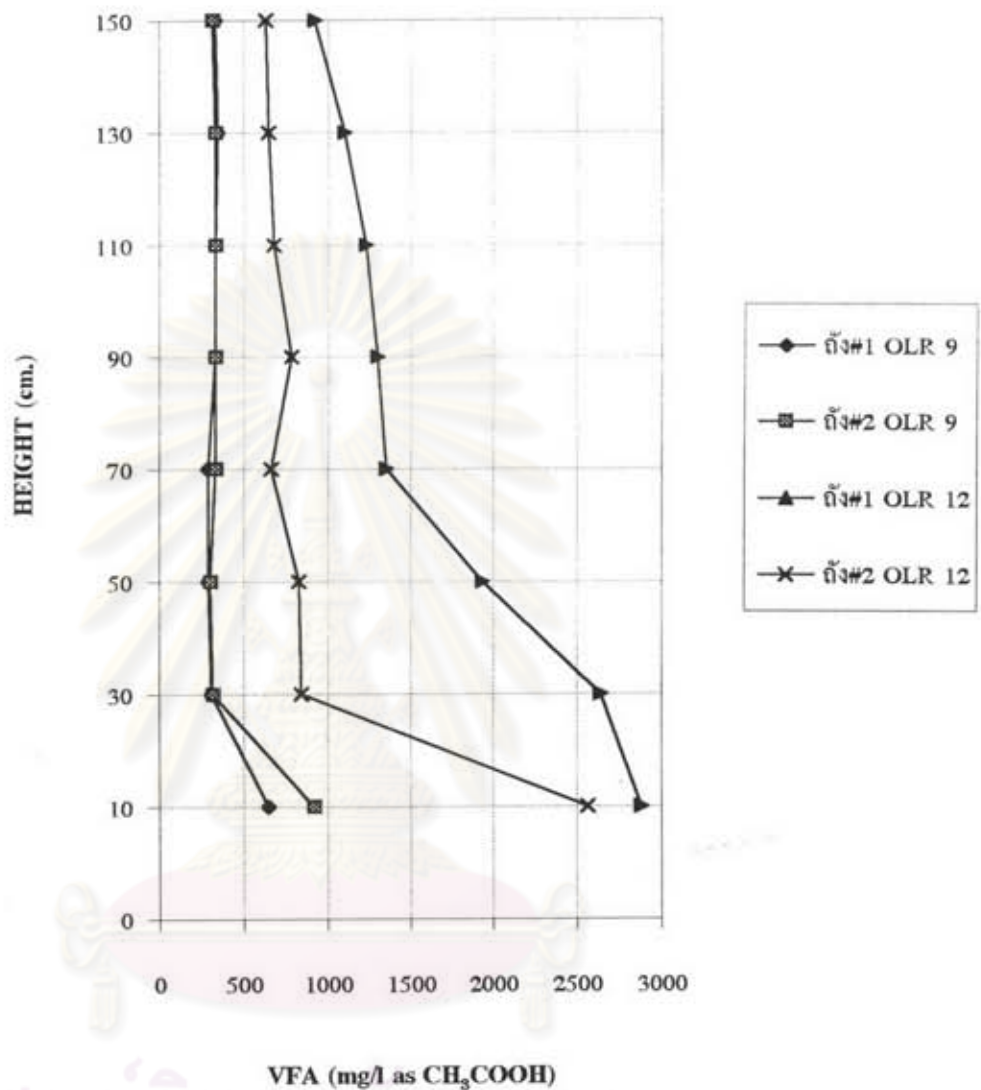
การสะสมกรดอินทรีย์ระเหย ภายในถังยูเอเอสบีนั้น ถ้ามีปริมาณสูงแสดงว่าการทำงานของแบคทีเรียที่ผลิตกรด กับแบคทีเรียที่ผลิตมีเทน ไม่สมดุลกัน และอาจทำให้ระบบมีประสิทธิภาพลดลง รูปที่ 6.36 แสดงค่าการสะสมกรดอินทรีย์ระเหย ตามความสูงของถังยูเอเอสบี ทั้งสองถังที่ออร์แกนิกไหลคดถึง 9.0 และ 12.0 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน โดยค่ากรดอินทรีย์ระเหยมีแนวโน้มมีค่าสูงสุดที่ระดับกันถัง แล้วลดลงตามความสูงของถังยูเอเอสบี โดยที่ออร์แกนิกไหลคดถึง 9.0 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน ถังยูเอเอสบีทั้งสองถัง มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนที่ออร์แกนิกไหลคดถึงที่ 12.0 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน ค่ากรดอินทรีย์ระเหยของถังยูเอเอสบีมีค่าสูงขึ้นจากเดิม และถังยูเอเอสบีที่ 1 มีค่าค่อนข้างสูงกว่าถังยูเอเอสบีที่ 2 เล็กน้อย

6.8.5 อัตราส่วนของกรดอินทรีย์ระเหยต่อสภาพต่างรวม

รูปที่ 6.37 แสดงอัตราส่วน ของกรดอินทรีย์ระเหย ต่อสภาพต่างรวมตามความสูงของถังยูเอเอสบีทั้งสอง ที่ออร์แกนิกไหลคดถึง 9.0 และ 12.0 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน อัตราส่วนดังกล่าวมีค่าลดลงต่ำสุด ที่ประมาณ 0.3 เมตร จากกันถัง และค่อนข้างคงที่ตลอดความสูงของถัง โดยมีอัตราส่วนประมาณ 0.03-0.04 ที่ออร์แกนิกไหลคดถึง 9.0 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน และเมื่อเพิ่มออร์แกนิกไหลคดถึงสูงขึ้น อัตราส่วนดังกล่าวมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งอัตราส่วนของกรดอินทรีย์ระเหยต่อสภาพต่างรวมในการทดลองครั้งนี้ มีค่าค่อนข้างต่ำมาก เนื่องจากการเติมสารเคมีเพื่อเพิ่มสภาพความเป็นด่างของน้ำเสียที่เข้าสู่ถังยูเอเอสบีให้มีค่าสูงประมาณ 10,800-14,400 มก./ล. (ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต) นั้นเอง

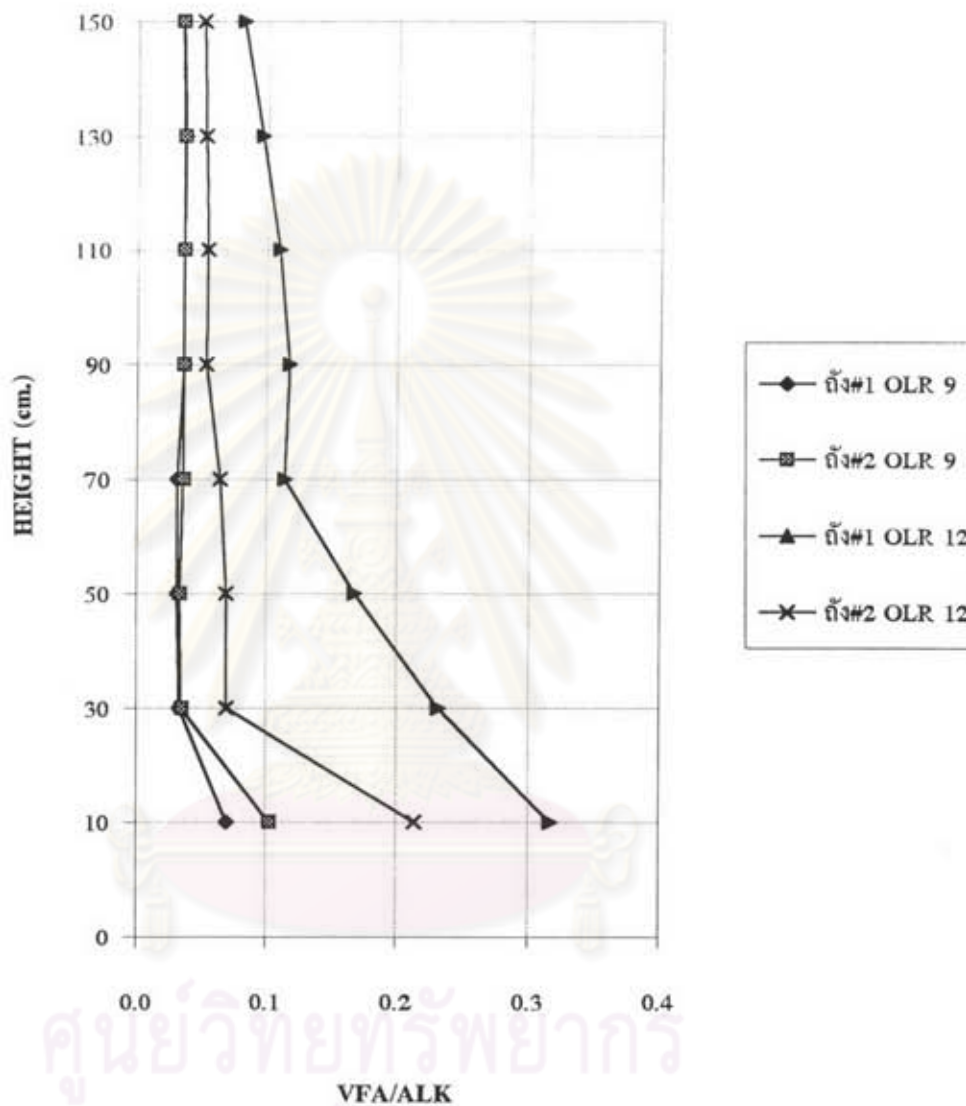
6.8.6 ค่าตะกอนแขวนลอย

ค่าตะกอนแขวนลอยภายในถังยูเอเอสบี เป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงปริมาณของจุลินทรีย์ในระบบอย่างคร่าวๆ ถ้าค่าตะกอนแขวนลอยมีค่าสูง พอจะประมาณได้ว่ามีจุลินทรีย์อยู่ภายในถังยูเอเอสบีค่อนข้างสูงตามไปด้วย รูปที่ 6.38 แสดงค่าตะกอนแขวนลอยของถังยูเอเอสบีตามความสูง



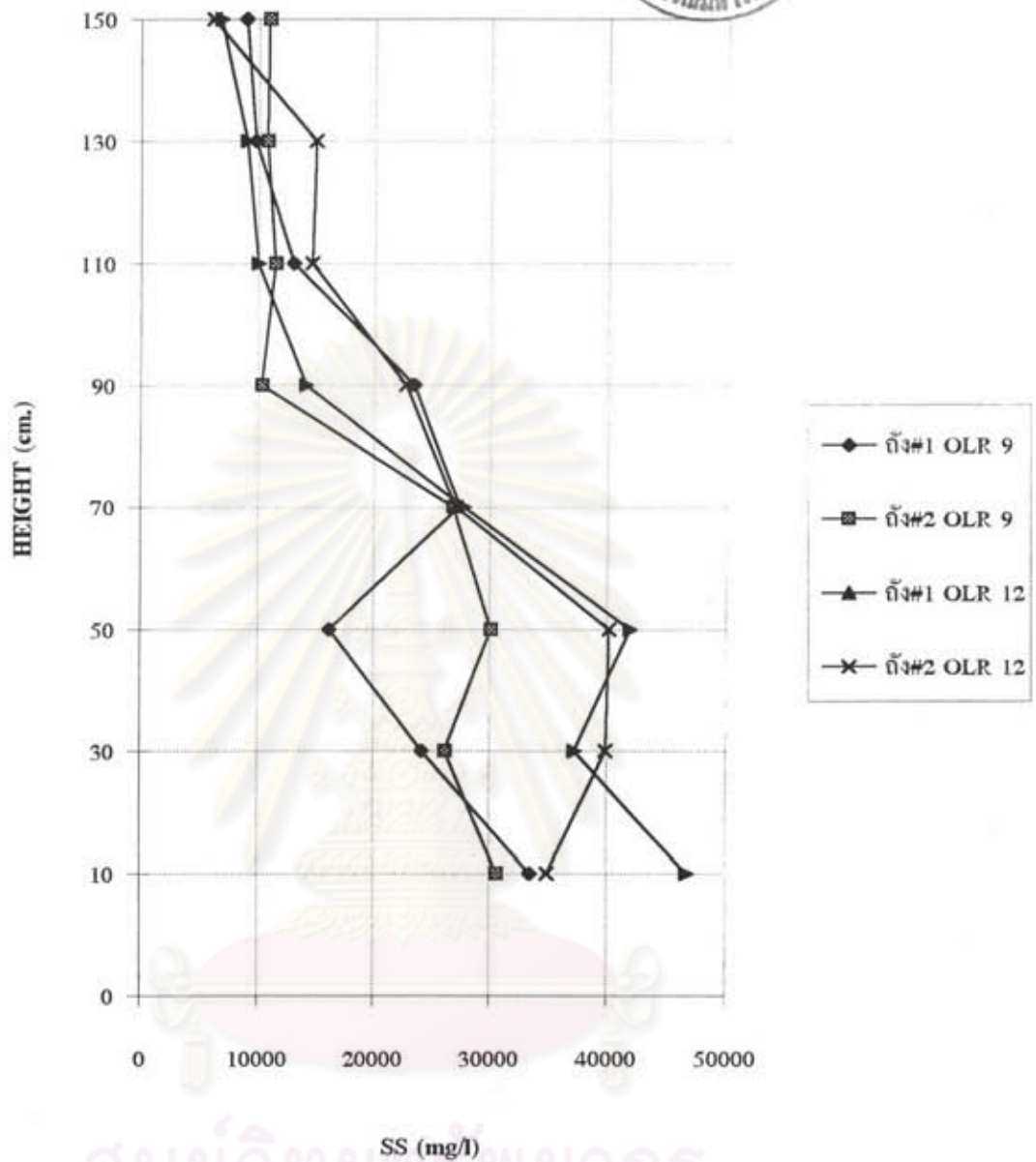
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 6.36 แสดงค่ากรดอินทรีย์ระยะเหยตามความสูงของถังยูเอเอสบีทั้งสองถังที่
ออกการันิกไหลดตึง 9.0 และ 12.0 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน



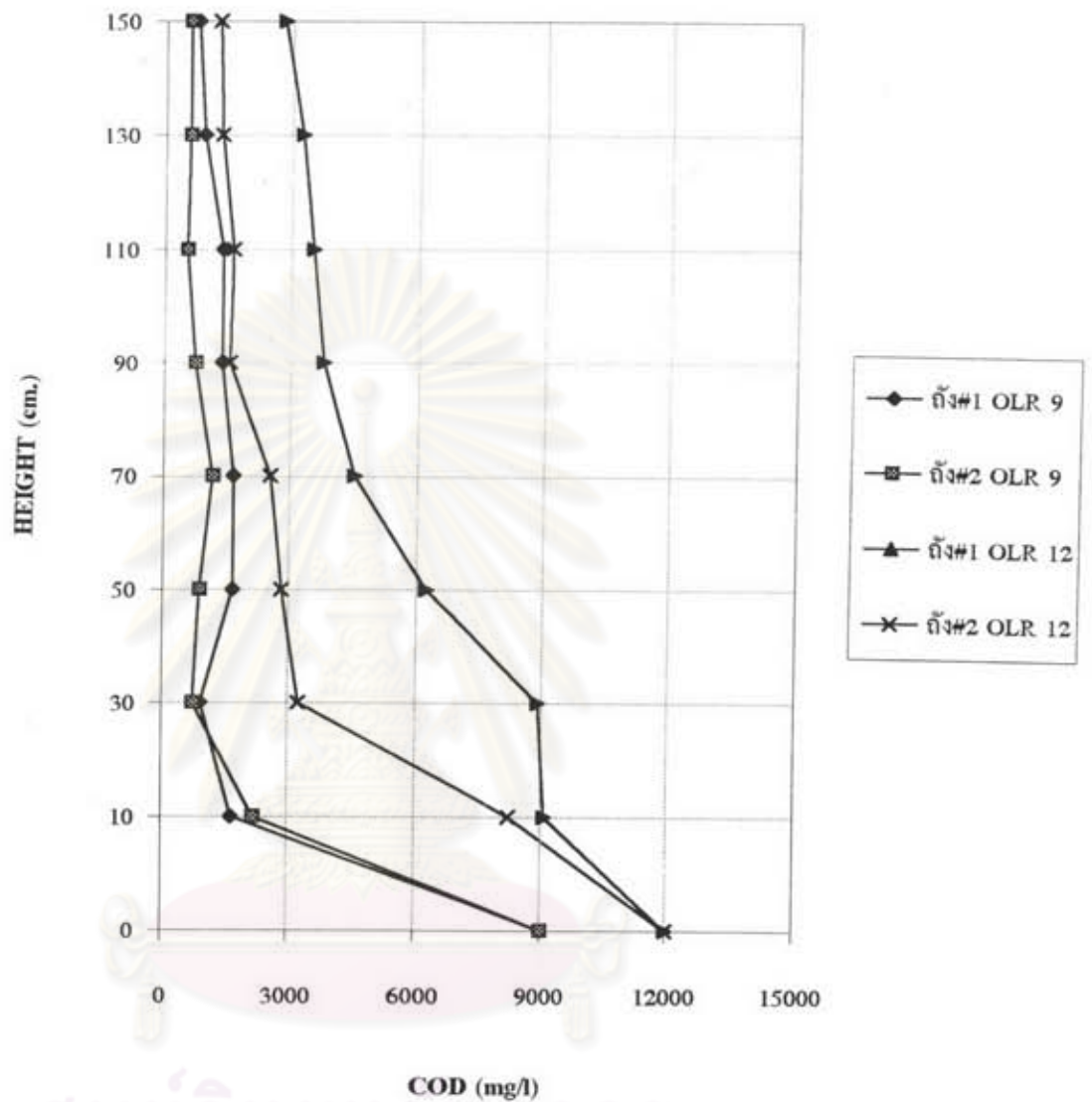
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 6.37 แสดงค่าอัตราส่วนของกรดอินทรีย์ระเหยต่อสภาพตั้งรวมตามความสูงของถัง ที่อัตราการไหลคงที่ 9.0 และ 12.0 กก.ชีโอดี/ลบ.ม.-วัน



ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 6.38 แสดงค่าตะกอนแขวนลอยตามความสูงของถังยูเอเอสพีทั้งสองถัง
ที่อัตราการไหลลดถึง 9.0 และ 12.0 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน



รูปที่ 6.39 แสดงค่าซีโอดีตามความสูงของถังยูเอเอสบีทั้งสองถังที่ออกการนิกไหลคดิง 9.0 และ 12.0 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน

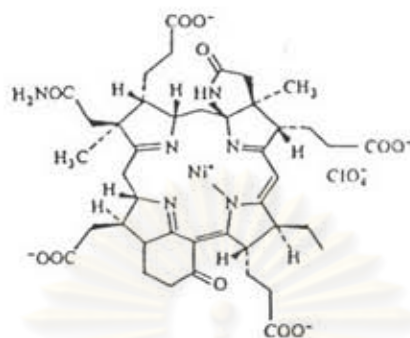
ของถังยูเอเอสบีทั้งสองถัง ที่ออร์แกนิกโพลดิง 9.0 และ 12.0 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน โดยที่ตะกอนแขวนลอยจะมีแนวโน้มเข้มข้นสูงที่ก้นถังยูเอเอสบี และลดลงตามความสูงของถัง

6.8.7 การเปลี่ยนแปลงค่าซีไอดี

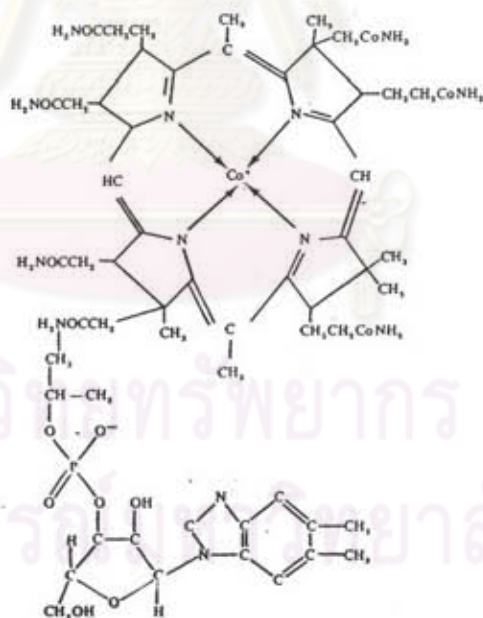
รูปที่ 6.39 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าซีไอดี ตามความสูงของถังยูเอเอสบีทั้งสองถังที่ออร์แกนิกโพลดิง 9.0 และ 12 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน โดยมีค่าซีไอดีน้ำเสียที่เข้าสู่ถัง 9,000 และ 12,000 มก/ล. ตามลำดับ ปรากฏว่าอัตราการลดค่าซีไอดี เกิดขึ้นสูงสุดในช่วง 0.3-0.5 เมตรจากระดับก้นถัง แสดงให้เห็นว่าเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์สูงในช่วงนี้ ค่าซีไอดีจะลดลงตามความสูงของถัง และมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันทั้งสองถัง และเมื่อเพิ่มออร์แกนิกโพลดิงให้สูงขึ้น ค่าซีไอดี ตามความสูงของถังยูเอเอสบี มีแนวโน้มสูงขึ้นตามไปด้วย

6.9 บทบาทและผลของการเติมธาตุไนเจลและโคบอลต์ต่อการสะสมของกรดโพธิออนิก ในระบบยูเอเอสบี

การเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ผลิตมีเทน นอกจากต้องการปัจจัยต่างๆ ที่เหมาะสมเช่น สารอาหารเสริม และสภาพแวดล้อมที่พอเหมาะแล้ว แบคทีเรียที่ผลิตมีเทนยังมีลักษณะพิเศษคือ มีความต้องการธาตุบางชนิด เช่นไนเจลและโคบอลต์ เป็นต้น ในปริมาณที่เล็กน้อย แต่ถ้าขาดอาจทำให้ประสิทธิภาพของระบบลดลง หรือล้มเหลวได้ ซึ่งไนเจลและโคบอลต์ เป็นธาตุทรานสิชันที่มีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า บทบาทของไนเจลที่มีต่อแบคทีเรียที่ผลิตมีเทน คือเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของ โคเอนไซม์ F_{430} ซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็น สำหรับแบคทีเรียที่ผลิตมีเทน ซึ่งโคเอนไซม์ F_{430} แสดงดังรูปที่ 6.40 ความสำคัญของโคบอลต์ คือเป็นส่วนประกอบของโครงสร้างระดับโมเลกุลของแบคทีเรียที่ผลิตมีเทน ดังแสดงในรูปที่ 6.41 จึงเป็นเหตุให้เมื่อการทดลองชุดที่ 1 ประสิทธิภาพของระบบยูเอเอสบีไม่สูงนัก จึงได้เติมไนเจลและโคบอลต์ให้แก่ระบบ ผลของการเติมธาตุไนเจลและโคบอลต์ทำให้ลดการสะสมของกรดอินทรีย์ระเหย โดยเฉพาะกรดโพธิออนิก ซึ่งกรดอินทรีย์ระเหยเป็นขั้นตอนที่เกิดขึ้น จากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนโดยแบคทีเรียที่ผลิตกรด ก่อนจะได้ก๊าซมีเทนเป็นผลผลิตสุดท้าย กรดอินทรีย์ระเหยที่ถูกสร้างขึ้นมา และเป็นตัวหลักที่สำคัญประกอบด้วย กรดอะซิติก กรดโพธิออนิก และกรดบิวทริก แบคทีเรียที่ผลิตมีเทน (ดังตารางที่ 3.1) สามารถใช้กรดอะซิติกเป็นสารอาหารได้โดยตรง แต่ไม่สามารถใช้กรดโพธิออนิก และกรดบิวทริกได้ การเปลี่ยนกรดโพธิออนิก และกรดบิวทริกให้เป็นกรดอะซิติก จึงเป็นขั้นตอนสำคัญเชื่อมต่อการบำบัดแบบไร้ออกซิเจน ขั้นตอนนี้จะเกิดขึ้นต่อเมื่อมีสภาวะเหมาะสม เช่น ต้องมีความดันพาร์เชียลของไฮโดรเจนต่ำ เป็นต้น ความล้มเหลวของการบำบัดแบบไร้ออกซิเจน สามารถตรวจสอบได้จากการเพิ่ม



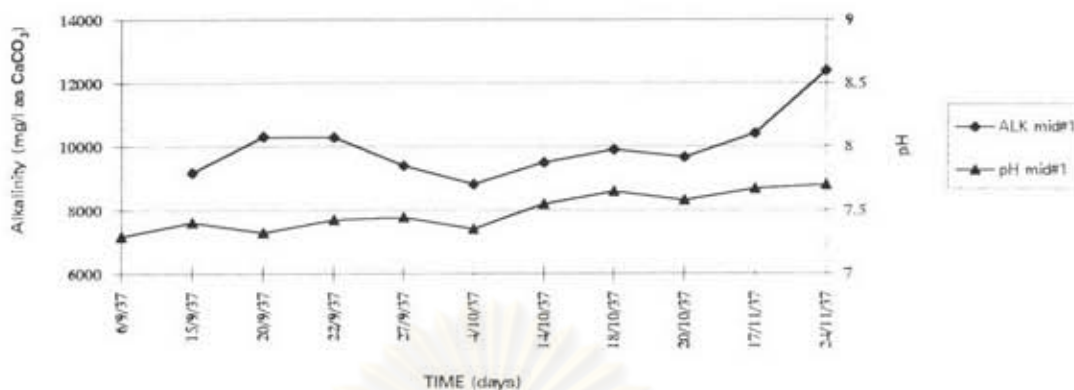
รูปที่ 6.40 แสดงส่วนประกอบของเอนไซม์ F_{430} ที่มีนิกเกิลเป็นองค์ประกอบ [24]



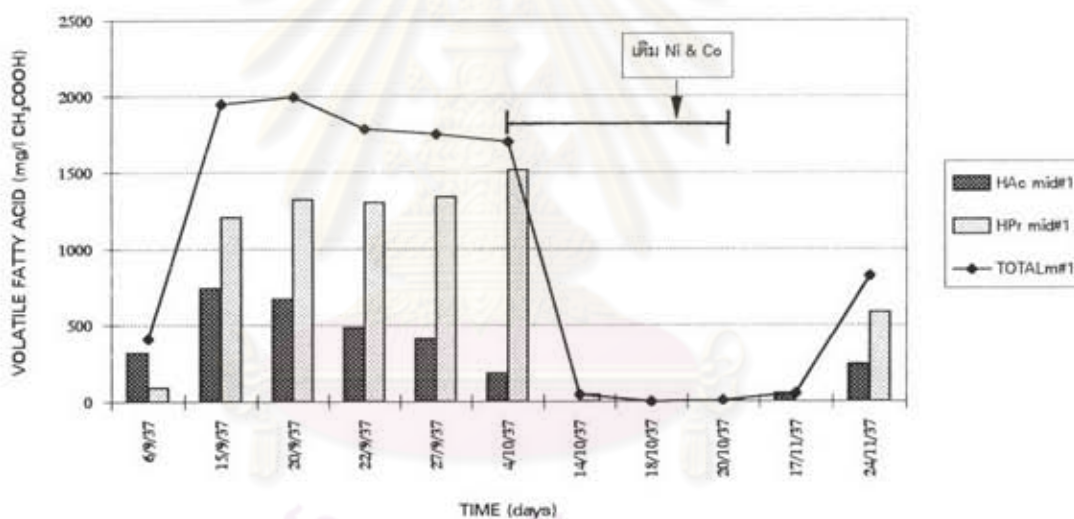
รูปที่ 6.41 แสดงโครงสร้างโมเลกุลที่ประกอบด้วยโคบอลต์ของแบคทีเรียที่ผลิตวิตามิน B12 [52]

ขึ้นของกรดอินทรีย์ระเหยอย่างรวดเร็ว มักจะพบกรดไพรฟิออนิกสะสมตัวอยู่ และกำจัดออกยากในระหว่างการให้ระบบฟื้นตัว [McCarty and Mosey,1991] ความไม่เสถียรภาพหรือล้มเหลวของระบบมักเกิดจาก แบคทีเรียที่อยู่ในระบบไม่สมดุลย์กัน ถ้าพีเอชต่ำกว่า 6 กรดอินทรีย์ระเหยที่อยู่ในรูปไม่แตกตัว จะแสดงความเป็นพิษต่อแบคทีเรียที่ผลิตมีเทนได้ เนื่องจากสามารถซึมผ่านเข้าไปในเซลล์เมมเบรนได้อย่างรวดเร็ว ความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ระเหยที่อยู่ในรูปไม่แตกตัว มีปริมาณ 20 - 30 มก/ล. ทำให้ระบบล้มเหลวได้ [Kroeker,1979] ความเข้มข้นของกรดไพรฟิออนิก สูงกว่า 1,000 มก/ล. จะมีปัญหาเรื่องพิษเพิ่มขึ้นมาอีกอย่างหนึ่งรวมกับปัญหาเรื่องการมีพีเอชต่ำ [มันสิน,2536] และถ้าความเข้มข้นของกรดไพรฟิออนิกต่ำกว่า 3,000 มก/ล. จะทำให้การบำบัดแบบใช้ออกซิเจนมีเสถียรภาพดี [Asinari,1981] จากการตรวจสอบความเข้มข้นของกรดไพรฟิออนิกที่สะสมภายในถังและในน้ำทิ้งที่ออกจากถังยูเอเอสบีทั้งสองถังด้วยเครื่อง GC (ดังตารางที่ 6.4) ปรากฏว่ามีการสะสมของกรดไพรฟิออนิกภายในถังและในน้ำเสียที่ออกจากถังยูเอเอสบีทั้งสองถังอยู่สูง ดังแสดงในรูปที่ 6.42 - 6.45 ในช่วงการทดลองชุดที่ 1 ถังยูเอเอสบีที่ 1 มีการสะสมตัวของกรดไพรฟิออนิกภายในถังสูงกว่า 1,200 มก/ล. และมีปริมาณความเข้มข้นในน้ำเสียที่ออกจากถังประมาณ 1,500 มก/ล. ส่วนถังยูเอเอสบีที่ 2 มีการสะสมตัวของกรดไพรฟิออนิกอยู่สูงมาก โดยมีปริมาณมากกว่า 2,000 มก/ล. เมื่อเติมธาตุนิเกิลและโคบอลต์ ลงไปในระบบยูเอเอสบี โดยให้มีอัตราส่วนของค่าซีไอดี ต่อ นิเกิล ต่อ โคบอลต์ เท่ากับ 100 ต่อ 0.01 ต่อ 0.01 ตามลำดับ ปรากฏว่าช่วยลดการสะสมตัวของกรดไพรฟิออนิกอย่างเห็นได้ชัด โดยหลังเติมธาตุนิเกิลและโคบอลต์ไปได้ประมาณ 9 วัน ถังที่ 1 ปริมาณกรดไพรฟิออนิกลดลงเหลือ 46 มก/ล. และถังที่ 2 ลดลงเหลือประมาณ 1,400 มก/ล. การลดลงของกรดไพรฟิออนิก อาจเนื่องมาจากการเติมนิเกิลและโคบอลต์ ไปกระตุ้นการทำงานของแบคทีเรียที่สร้างไฮโดเจน (Hydrogen Producing Acetogen) และแบคทีเรียที่ผลิตมีเทน โดยเฉพาะกลุ่มที่ใช้ไฮโดเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ (H₂ - Utilizing Methanogen) เป็นสารอาหาร ให้ทำงานสอดคล้องสัมพันธ์กัน ส่งผลให้ความดันพาร์เชียลของไฮโดเจนมีค่าต่ำ ทำให้พลังงานอิสระมีการเปลี่ยนแปลง การย่อยสลายกรดไพรฟิออนิกจึงเกิดขึ้น (ดังรูปที่ 3.5) การสะสมตัวของกรดไพรฟิออนิกจึงลดลง เป็นผลให้ประสิทธิภาพของระบบดีขึ้น จากการตรวจสอบด้วยเครื่อง GC พบว่ามีปริมาณกรดบิวทิริกในถังยูเอเอสบีทั้งสองถังในปริมาณที่ต่ำมาก โดยมีความเข้มข้นน้อยกว่า 20 มก/ล. จึงเป็นการยืนยันว่ากรดบิวทิริกไม่ใช่ตัวจำกัดปฏิกิริยาในการบำบัดแบบใช้ออกซิเจน ซึ่งสอดคล้องกับที่รายงานว่ากรดบิวทิริกจะถูกกำจัดหรือย่อยสลายได้เร็วที่สุด แต่กรดไพรฟิออนิกกำจัดออกได้ช้าที่สุด [Dohnyous,1985] การที่มีกรดไพรฟิออนิกสะสมอยู่สูงในช่วงการทดลองชุดที่ 1 แต่ยังไม่แสดงผลกระทบต่อระบบมากนัก เนื่องมาจากระบบมีสภาพต่างในปริมาณที่สูงพอ ทำให้สามารถรักษาค่าพีเอชไม่ให้ตกต่ำดังรูปที่ 6.42 - 6.45 มีผลทำให้ความเข้มข้นของกรดไพรฟิออนิกอยู่ในรูปที่ไม่แตกตัวในปริมาณต่ำ จึงมีพิษต่อระบบไม่มากนัก นี่เป็นข้อดีข้อหนึ่งของการมี

ค่าสภาพค่างรวมและพีเอชของน้ำเสียภายในถังUASB#1

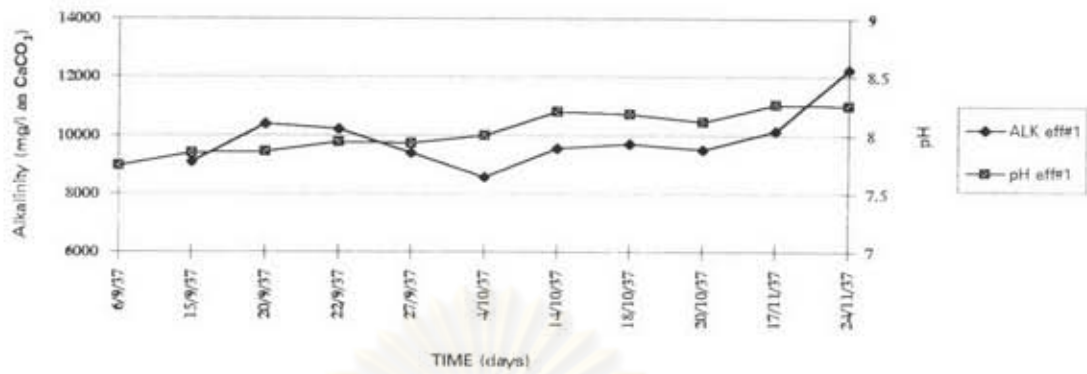


ค่ากรดอินทรีย์ระเหยของน้ำเสียภายในถัง UASB#1

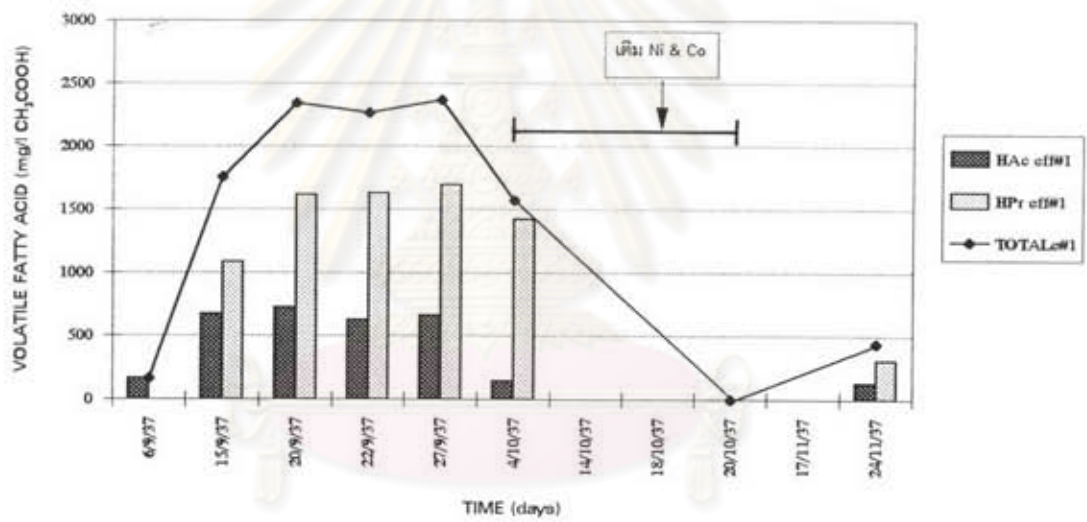


รูปที่ 6.42 แสดงความเข้มข้นของกรดไขมันอินทรีย์ของน้ำเสียภายในถัง UASB#1 ตรวจสอบโดยเครื่อง GC

ค่าสภาพด่างรวมและพีเอชของน้ำเสียที่ออกจากถังUASB#1

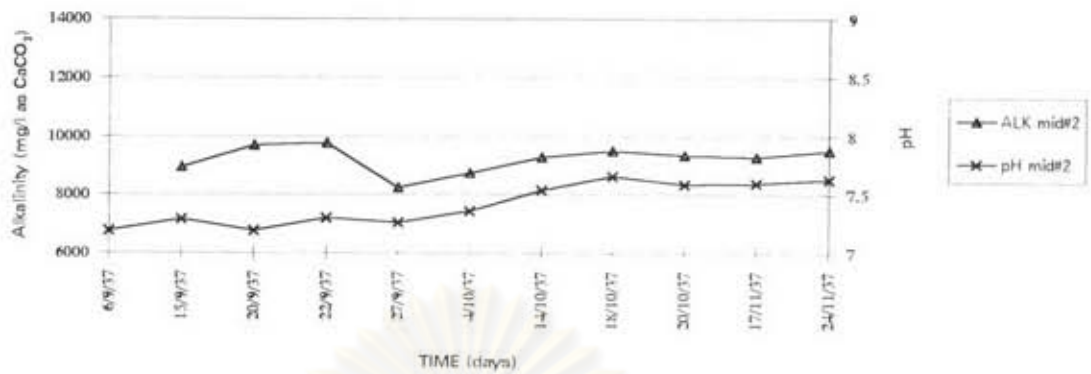


ค่ากรดอินทรีย์ของน้ำเสียที่ออกจากถังUASB#1

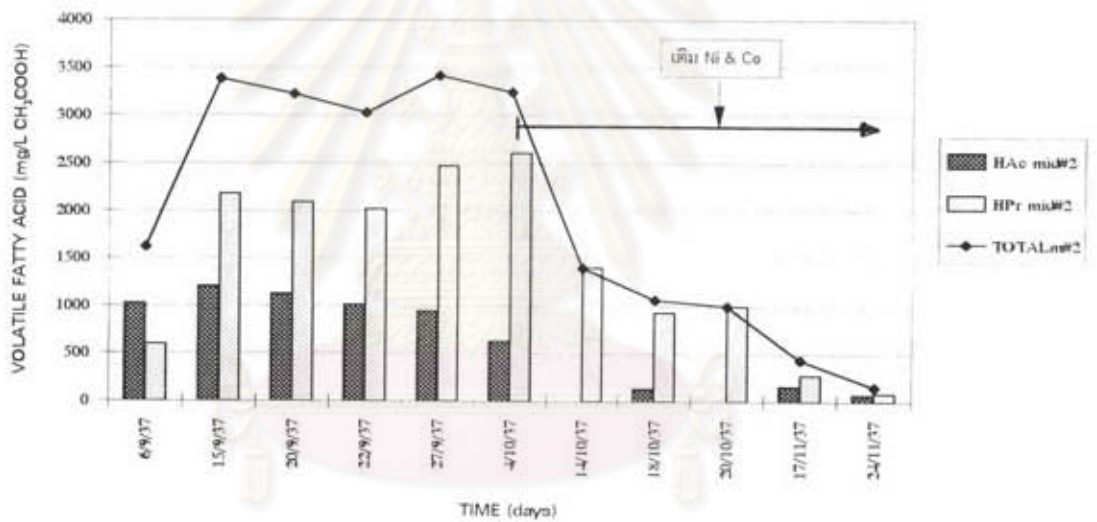


รูปที่ 6.43 แสดงความเข้มข้นของกรดไขมันอินทรีย์ของน้ำเสียที่ออกจากถัง UASB#1 ตรวจสอบโดยเครื่อง GC

ค่าสภาพต่างรวมและพีเอชของน้ำเสียภายในถังUASB#2

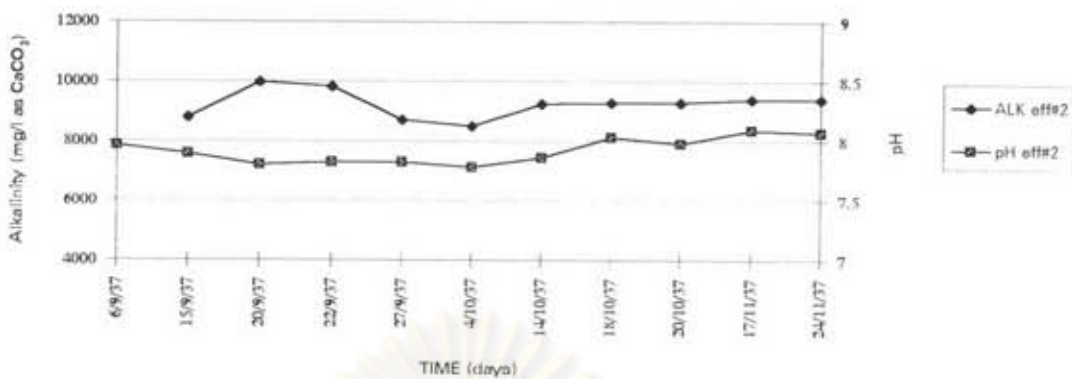


ค่ากรดอินทรีย์ระเหยของน้ำเสียภายในถังUASB#2

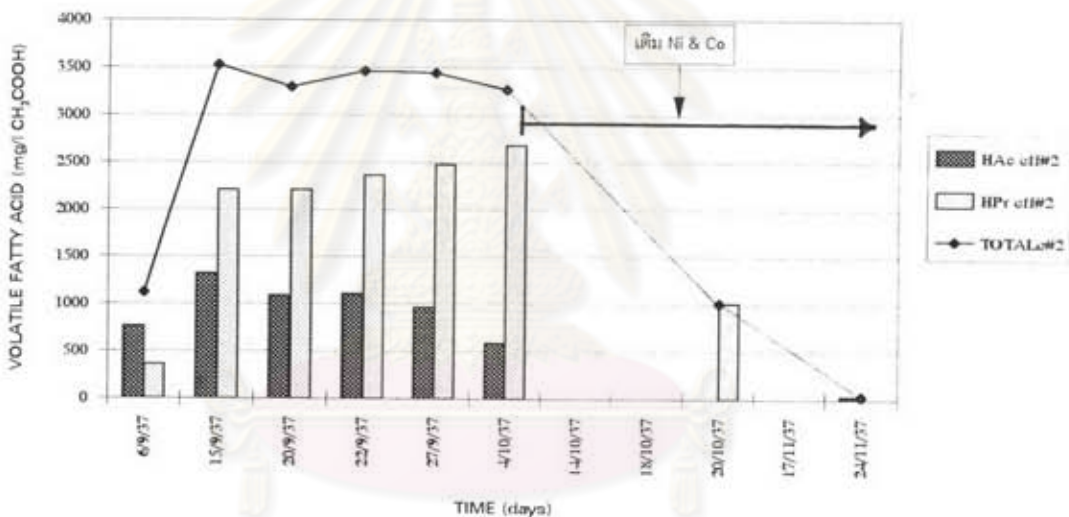


รูปที่ 6.44 แสดงความเข้มข้นของกรดโพพอนิกของน้ำเสียภายในถัง UASB#2 ตรวจสอบโดยเครื่อง GC

ค่าสภาพต่างรวมและพีเอชของน้ำเสียที่ออกจากถังUASB#2



ค่ากรดอินทรีย์ระเหยของน้ำเสียที่ออกจากถังUASB#2



รูปที่ 6.45 แสดงความเข้มข้นของกรดไขมันอินทรีย์ของน้ำเสียที่ออกจากถัง UASB#1 ตรวจสอบโดยเครื่อง GC

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สภาพต่างสูง ประสิทธิภาพของระบบยูเอเอสบีโดยเฉลี่ยต่อการเติมธาตุนิเกิลและโคบอลต์แสดงดัง ตารางที่ 6.12 และ 6.13

ตารางที่ 6.12 แสดงผลของการเติมนิเกิลและโคบอลต์ต่อระบบยูเอเอสบีดังที่ 1

ค่าพารามิเตอร์	ก่อนเติมนิเกิลและโคบอลต์	หลังเติมนิเกิลและโคบอลต์
ออร์แกนิกโหลดคิง	9.0 kgCOD/m ³ -d	9.0 kgCOD/m ³ -d
เวลากักน้ำ	24 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง
ค่าซีไอดีของน้ำเสียเข้าถัง	9,000 mg/l	9,000 mg/l
กรดอินทรีย์ระเหยในถัง	1,837 mg/l (as CH ₃ COOH)	473 mg/l (as CH ₃ COOH)
กรดอินทรีย์ระเหยน้ำทิ้งจากถัง	1,731 mg/l (as CH ₃ COOH)	435 mg/l (as CH ₃ COOH)
ปริมาณก๊าซทั้งหมดที่เกิดขึ้น	427 ลิตร/วัน	547 ลิตร/วัน
อัตราส่วนของก๊าซมีเทน	65 %	70 %
ค่าซีไอดีของน้ำทิ้งจากถัง	3,099 mg/l	896 mg/l
ประสิทธิภาพการลดค่าซีไอดี	66 %	90 %

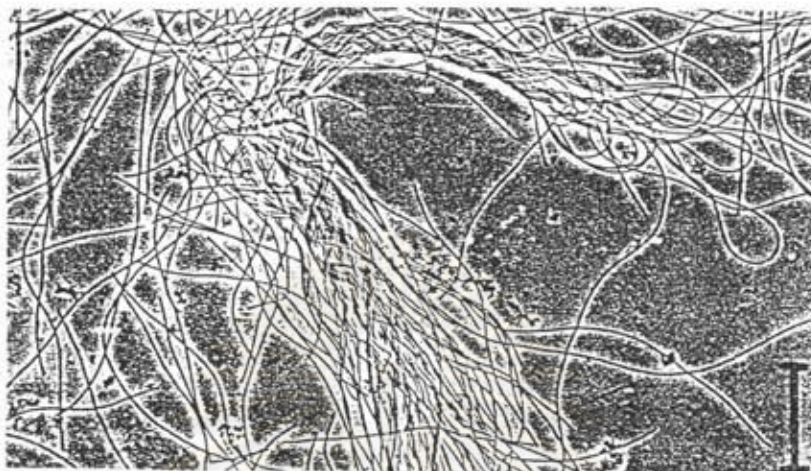
ตารางที่ 6.13 แสดงผลของการเติมนิเกิลและโคบอลต์ต่อระบบยูเอเอสบีดังที่ 2

ค่าพารามิเตอร์	ก่อนเติมนิเกิลและโคบอลต์	หลังเติมนิเกิลและโคบอลต์
ออร์แกนิกโหลดคิง	9.0 kgCOD/m ³ -d	9.0 kgCOD/m ³ -d
เวลากักน้ำ	24 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง
ค่าซีไอดีของน้ำเสียเข้าถัง	9,000 mg/l	9,000 mg/l
กรดอินทรีย์ระเหยในถัง	2,899 mg/l (as CH ₃ COOH)	1,356 mg/l (as CH ₃ COOH)
กรดอินทรีย์ระเหยน้ำทิ้งจากถัง	3,046 mg/l (as CH ₃ COOH)	1,283 mg/l (as CH ₃ COOH)
ปริมาณก๊าซทั้งหมดที่เกิดขึ้น	343 ลิตร/วัน	431 ลิตร/วัน
อัตราส่วนของก๊าซมีเทน	60 %	69 %
ค่าซีไอดีของน้ำทิ้งจากถัง	4,260 mg/l	1,836 mg/l
ประสิทธิภาพการลดค่าซีไอดี	53 %	80 %

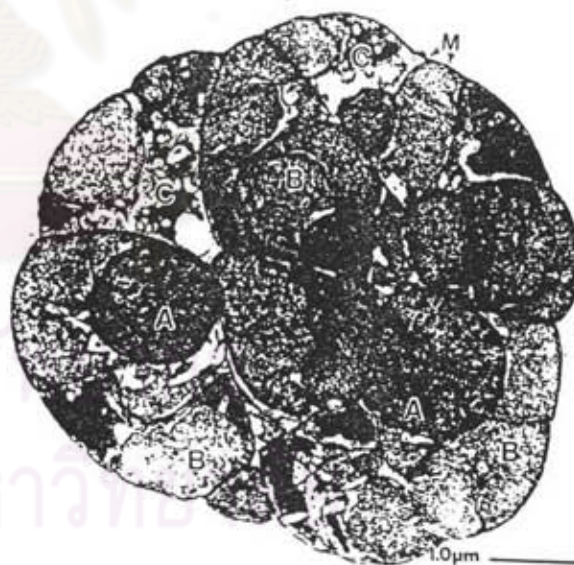
จะเห็นได้ว่าเมื่อเติมนิเกิลและโคบอลท์ ลงไปในระบบของยูเอเอสบี มีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด เช่นดังยูเอเอสบี1 ค่ากรดอินทรีย์ระเหยภายในดังยูเอเอสบี จากที่เคยสูงประมาณ 1,837 มก./ล. (ในท่อมของกรดอะซิติก) ลดลงเหลือเพียง 473 มก./ล. (ในท่อมของกรดอะซิติก) อัตราส่วนของก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้นเป็น 70 % และค่าซีไอดีของน้ำเสียที่ออกจากถังจากที่มีค่าสูงประมาณ 3,099 มก./ล. ลดลงเหลือ เพียง 896 มก./ล. รวมถึงประสิทธิภาพของระบบ ในการลดซีไอดีจากประมาณ 64 % สูงขึ้นถึง 90 % แสดงให้เห็นการเติมนิเกิลและโคบอลท์จะกระตุ้นการทำงานของแบคทีเรียในระบบให้สูงขึ้น ทำให้ระบบยูเอเอสบี มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน

6.10 ลักษณะของจุลินทรีย์ในระบบยูเอเอสบี

ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน ซึ่งใช้จุลินทรีย์หลายประเภท ในการย่อยสลายและลดค่าความสกปรกของน้ำเสียลงได้นั้น แบคทีเรียที่มีส่วนสำคัญในระบบดังกล่าวได้แก่แบคทีเรียที่ผลิตมีเทน ซึ่งเป็นแบคทีเรียชนิดที่ไม่ต้องการออกซิเจนเลย (obligate anaerobic) ปัจจุบัน ได้มีการศึกษาค้นคว้า รวมทั้งสามารถแยกเชื้อบริสุทธิ์ สำเร็จเป็นจำนวนมาก ทำให้เข้าใจถึงสภาพความเป็นไปและความต้องการของแบคทีเรียที่ผลิตมีเทนได้ดียิ่งขึ้น จึงได้มีการแบ่งแบคทีเรียที่ผลิตมีเทนออกเป็นกลุ่มใหญ่ (ดังตารางที่ 3.1) ซึ่งในระบบยูเอเอสบีนั้นมีข้อดีคือจุลินทรีย์จะจับตัวเป็นเม็ด โดยทั่วไปมีขนาดประมาณ 1.0-5.0 มิลลิเมตร มีความหนาแน่น 1.00-1.05 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ทำให้สามารถรักษากุณินทรีย์ อยู่ในระบบได้นาน แต่อย่างไรก็ตามจะเป็นข้อเสียทันทีหากจุลินทรีย์ไม่สามารถรวมตัวเป็นเม็ดได้ ส่งผลให้ประสิทธิภาพของระบบลดลงด้วย การจับตัวหรือรวมตัวกันเป็นเม็ดได้นั้น [Dolfing,1986] กล่าวว่าเกิดจาก Extracellular material ที่ช่วยยึดให้เซลล์ติดกันได้ ซึ่งคล้ายกันกับ [Sam-soon et al.,1987] ที่กล่าวว่า การรวมตัวเป็นกลุ่มก้อนจุลินทรีย์ เกิดจากพฤติกรรมของแบคทีเรีย Methanobacterium strain AZ ที่ปล่อย Extracellular polypeptide ออกมาล้อมรอบจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการรวมตัวเป็นกลุ่มก้อน หรือเป็นเม็ดจุลินทรีย์ขึ้น จุลินทรีย์ภายในเม็ดยังนั้น [Dolfing ,1986] พบว่าเป็นตะกอนจุลินทรีย์ที่ตกตะกอนได้ดี นอกจากนี้ จะมีแบคทีเรียที่ผลิตมีเทนแล้ว ยังพบพวกแบคทีเรียที่ผลิตกรด และแบคทีเรียพวก denitrifying ด้วย ส่วน [Sam-soon et al.,1987] พบว่าแบคทีเรียที่มีบทบาทสูงในเม็ดตะกอนจุลินทรีย์คือพวก Methanobacterium strain AZ ซึ่งเป็นแบคทีเรีย ที่ใช้ไฮโดรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสารอาหาร มีลักษณะเป็นเส้นใยยาว [Hickey et al.,1991] พบว่าเม็ดจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ประกอบด้วยแบคทีเรียพวก Methanothrix ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ผลิตมีเทน โดยใช้อะซิเตทเป็นสารอาหาร โดยมีลักษณะเป็นเส้นใยยาวๆและ Methanosacrina ซึ่งมีลักษณะเป็นก้อนกลม [Fang and Chui , 1993] พบว่าเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ประกอบด้วยแบคทีเรียชนิด Methanothrix และพบ



รูปที่ 6.46 แสดงรูปพรรณของแบคทีเรียที่ผลิตมีเทน *Methanotherix* spp. [45]



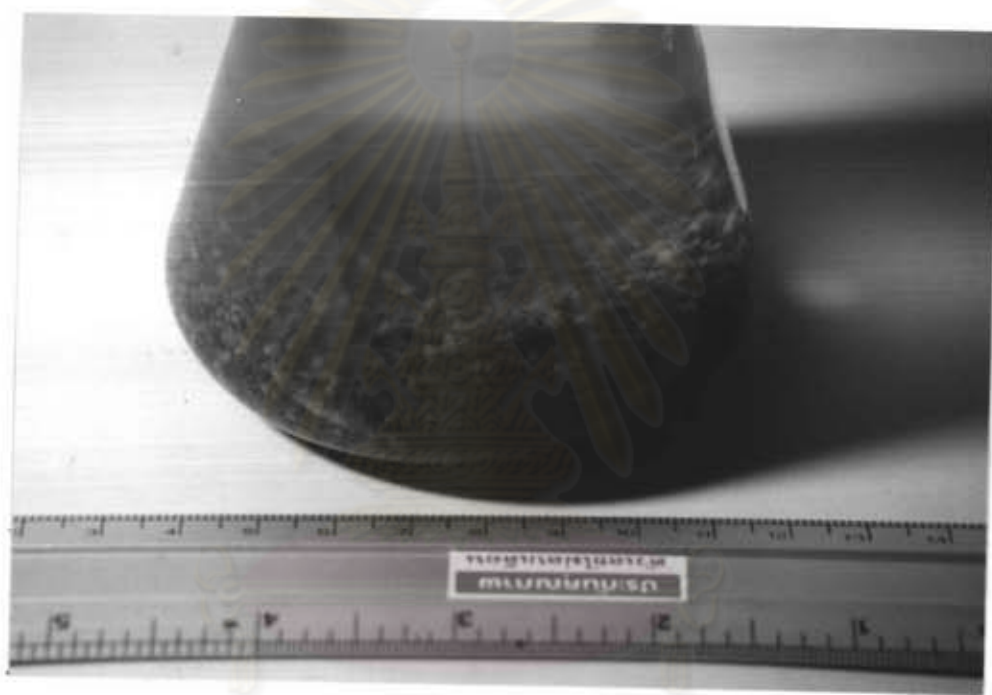
รูปที่ 6.47 แสดงรูปพรรณของแบคทีเรียที่ผลิตมีเทน *Methanosarcina* spp. [46]

แบคทีเรียจำพวก Methanococcus ด้วย ส่วนพวก Methanosarcina นั้นตรวจไม่พบในเม็ดยูเอเอสบี ส่วน [MacLeod et al.,1990] เสนอว่าเม็ดยูเอเอสบี ประกอบด้วยกลุ่มแบคทีเรียแบ่งเป็นชั้นได้ 3 ชั้น โดยมีแบคทีเรียที่ผลิตมีเทนชนิด Methanothrix อยู่ชั้นในสุด ลักษณะของแบคทีเรียชนิด Methanothrix และ Methanosarcina แสดงดังรูปที่ 6.46 และ 6.47 ตามลำดับ

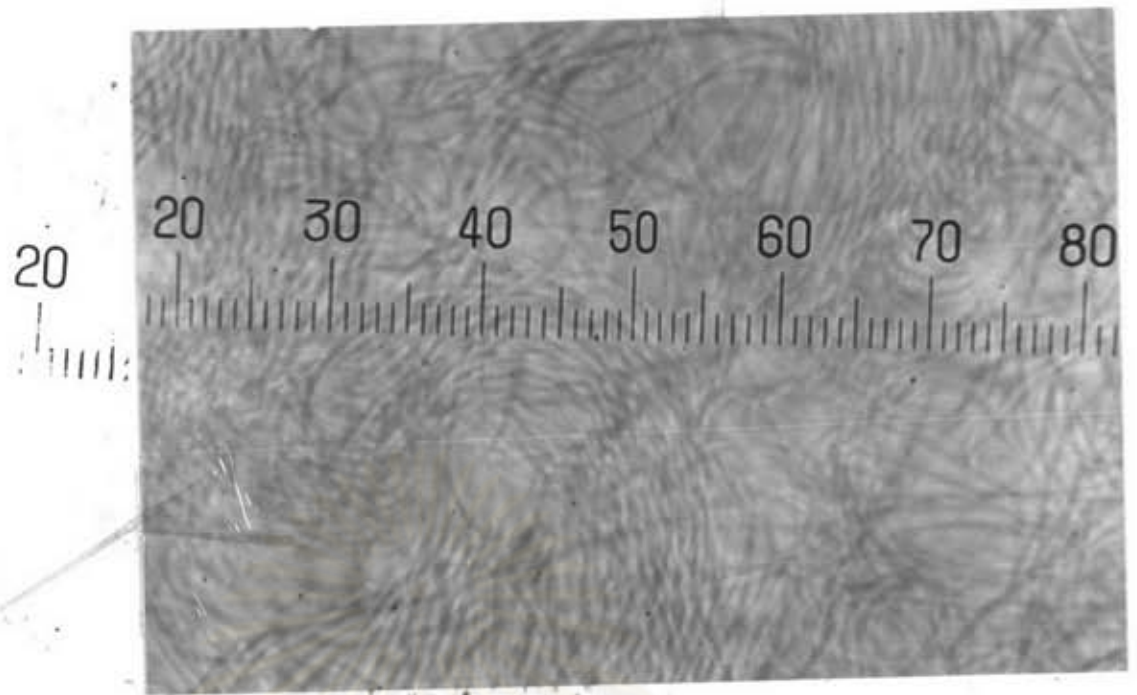
จากการตรวจสอบจุลินทรีย์ภายในถังยูเอเอสบีทั้งสองถังด้วยสายตา ปรากฏว่าเป็นจุลินทรีย์มีลักษณะค่อนข้างเล็ก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.0-2.0 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 6.48 เมื่อใช้กล้องจุลทรรศน์ตรวจสอบ ปรากฏว่าพบจุลินทรีย์มีลักษณะเป็นเส้นใยยาวๆ สานพันกันอย่างหนาแน่น มีลักษณะคล้ายกับแบคทีเรียที่ผลิตมีเทนชนิด Methanothrix เป็นตัวเด่นดังรูปที่ 6.49 โดยทั้งสองถังมีลักษณะของจุลินทรีย์ไม่แตกต่างกัน แต่ในการทดลองชุดที่ 1 ลักษณะการสานเป็นเส้นใยค่อนข้างที่จะมีความหนาแน่นน้อยกว่าในการทดลองชุดที่ 2 และ 3 และในการทดลองชุดที่ 3 ที่มีออร์แกนิกโหลดถึง 12.0 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน ยังพบพวกกลุ่มแบคทีเรียที่มีลักษณะเป็นก้อนทรงกลมคล้ายกับแบคทีเรียที่ผลิตมีเทนชนิด Methanosarcina ด้วยดังแสดงในรูปที่ 6.50

6.11 ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงค่าออร์แกนิกโหลดคิง และการเติมนิเกิลและโคบอลต์ต่อค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ตลอดช่วงเวลาการทดลอง

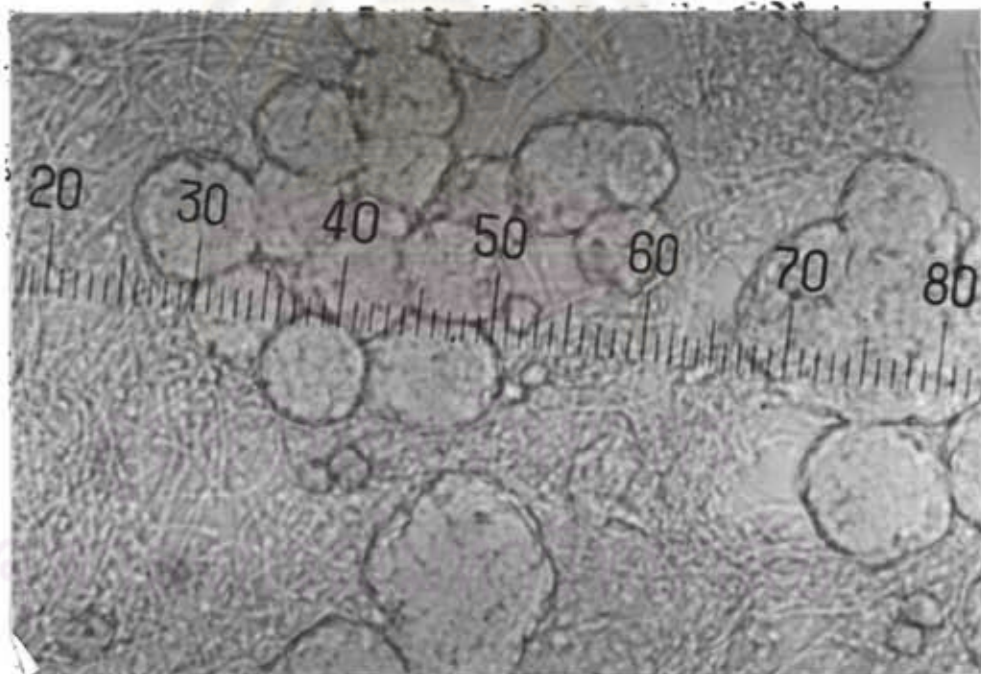
รูปที่ 6.51 - 6.52 แสดงความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ตลอดช่วงเวลา ในการทดลองทั้ง 3 ชุด ที่ออร์แกนิกโหลดคิง 9.0 - 12.0 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน รวมทั้งช่วงเวลาที่มีการเติมนิเกิลและโคบอลต์ของถังยูเอเอสบีทั้งสองถัง โดยมีค่าพารามิเตอร์คือ พีเอชภายในถัง กรดอินทรีย์ระเหย สภาพต่างๆรวม และค่าไออาร์พีของน้ำเสียภายในถัง (ที่ระดับความสูง 0.9 เมตรจากก้นถัง) , ค่าตะกอนแขวนลอย ค่าซีไอดีของน้ำทิ้งที่ออกจากถัง ประสิทธิภาพการลดค่าซีไอดี และปริมาณก๊าซทั้งหมดที่เกิดขึ้น ของถังที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ค่าพีเอชมีค่าค่อนข้างคงที่ประมาณ 7.0 - 7.9 ตลอดช่วงการทดลอง ในช่วงแรกที่ไม่ได้เติมนิเกิลและโคบอลต์ที่ออร์แกนิกโหลดคิง 9.0 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน ปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยมีค่าค่อนข้างสูง และประสิทธิภาพการลดค่าซีไอดีมีค่าต่ำ ค่าซีไอดีของน้ำทิ้งที่ออกจากถังมีค่าสูง เมื่อเติมนิเกิลและโคบอลต์ลงไปถังยูเอเอสบี ทำให้ระบบมีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด โดยประสิทธิภาพของระบบมีค่าสูงขึ้น การสะสมของกรดอินทรีย์ระเหยมีค่าลดลง ค่าซีไอดีของน้ำทิ้งจากถังมีค่าต่ำลง ทำให้ประสิทธิภาพการลดค่าซีไอดีมีค่าสูงขึ้น เกิดจากการเติมนิเกิลและโคบอลต์ลงไปทำให้กระตุ้นการทำงานของแบคทีเรียที่อยู่ในถัง โดยเฉพาะที่ผลิตมีเทนให้สูงขึ้น การสะสมของกรดอินทรีย์ระเหยที่เกิดจากแบคทีเรียที่ผลิตกรดจึงลดลง ในช่วงที่ถังยูเอเอสบีที่ 1 ไม่ได้เติมนิเกิลและโคบอลต์ กรดอินทรีย์ระเหยและค่าซีไอดีที่ออกจากถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอีก และเมื่อกลับมาเติมธาตุดังกล่าวอีกครั้งหนึ่งทำให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นจากเดิม ปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยมีค่าแนวโน้มสอดคล้องกับค่าซีไอดี



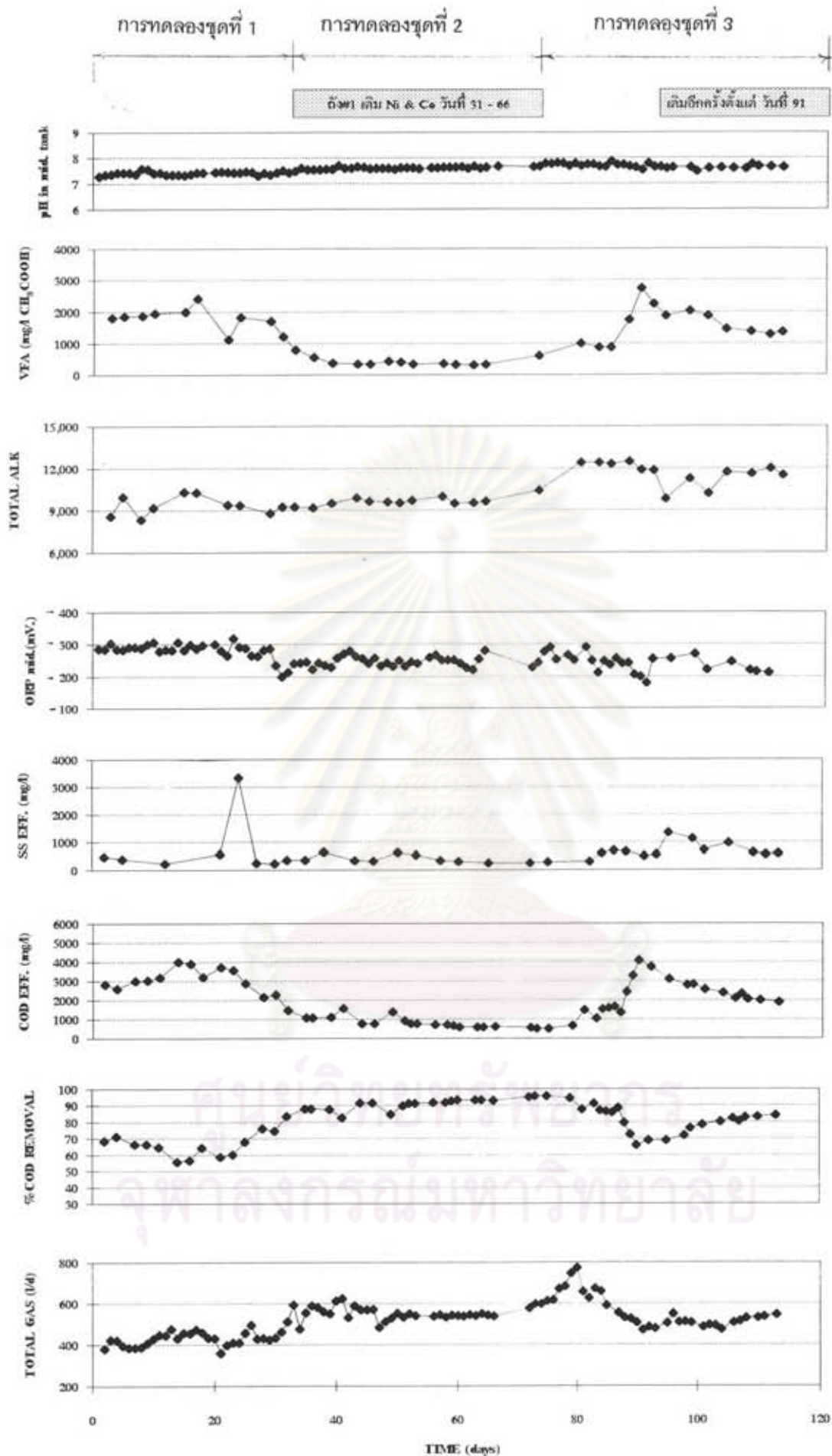
ศูนย์วิทยุทรัพยากร
รูปที่ 6.48 แสดงขนาดเมื่อดึงตะกอนจุลินทรีย์ของถังยูเอเอสบี
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



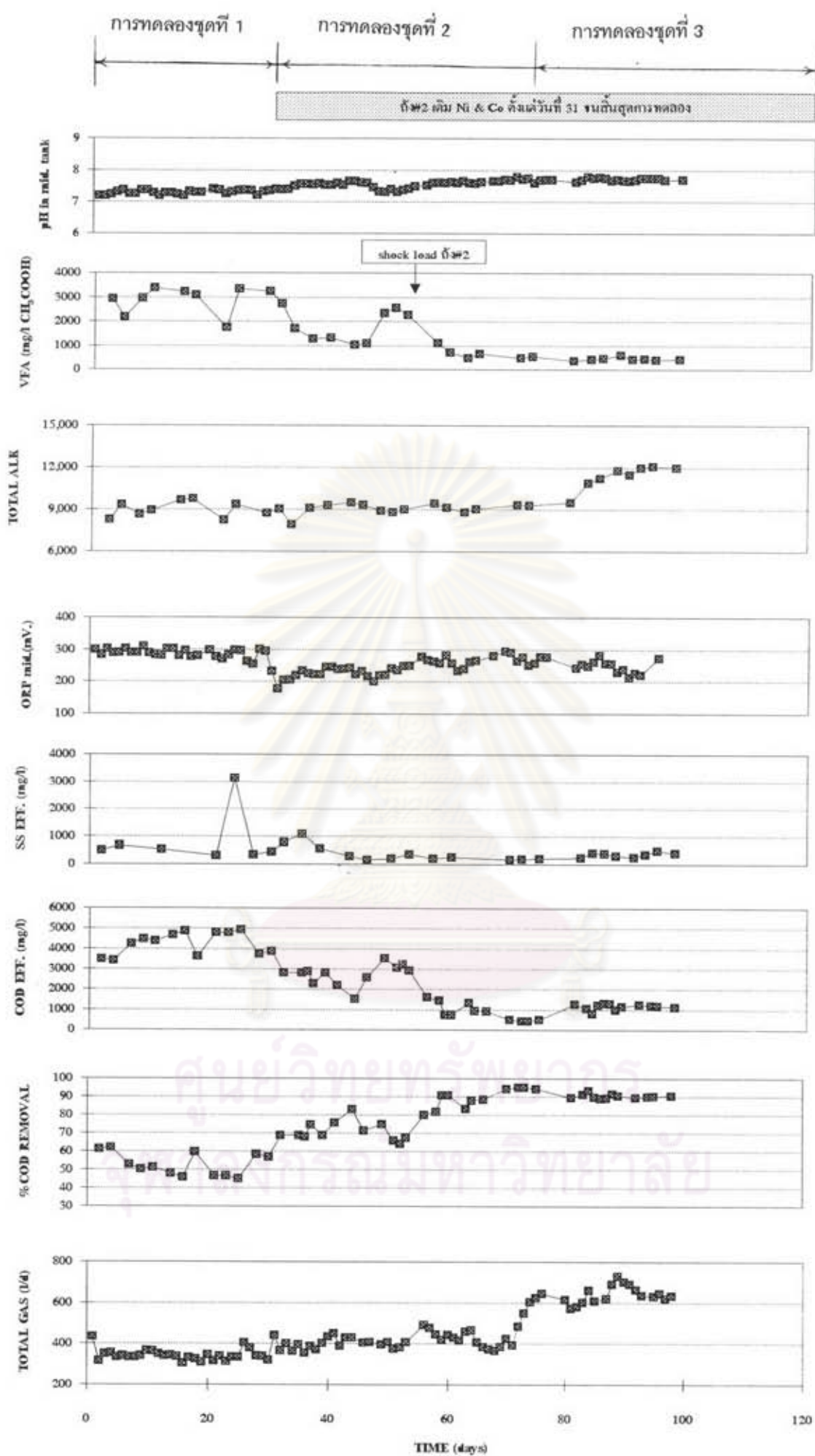
รูปที่ 6.49 แสดงจุลินทรีย์ในเมือกที่มีลักษณะเป็นเส้นใยคล้าย *Methanotherrix*



รูปที่ 6.50 แสดงจุลินทรีย์ในเมือกที่มีลักษณะทรงกลมคล้าย *Methanosarcina*



รูปที่ 6.51 แสดงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงค่าออร์แกนิกโหลดตึงต่อพารามิเตอร์ต่างๆตลอดช่วงการทดลองของถังยูเอเอสบีที่ 1



รูปที่ 6.52 แสดงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงค่าออร์แกนิกไหลคดิ่ง ต่อพารามิเตอร์ต่างๆตลอดช่วงการทดลองของถังยูเอเอสบีที่ 2

ของน้ำเสียที่ออกจากถัง กล่าวคือเมื่อปริมาณกรดอิทรีย์ระเหยมีค่าสูง ปริมาณความเข้มข้นของซีไอดีมีค่าสูงตาม หากกรดอิทรีย์ระเหยมีค่าลดลง ค่าซีไอดีมีแนวโน้มลดต่ำลงด้วย ปริมาณก๊าซทั้งหมดที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเติมนิเกิลและโคบอลต์ รวมทั้งเมื่อเพิ่มค่าออร์แกนิกโหลดดิ่งสูงขึ้น ปริมาณก๊าซมีแนวโน้มสูงตามไปด้วย สำหรับค่าไออาร์พี มีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดช่วงเวลาทดลอง โดยมีค่าประมาณ -200 ถึง -300 มิลลิโวลท์ ไม่เปลี่ยนแปลงเด่นชัด สภาพต่างรวมภายในถังค่อนข้างคงที่และมีปริมาณสูงมาก ในช่วงเพิ่มค่าออร์แกนิกโหลดดิ่งสูงขึ้น โดยเพิ่มค่าซีไอดีทำให้สภาพต่างที่ป้อนเข้าดิ่งสูงขึ้น ส่งผลให้สภาพต่างรวมภายในถังที่ค่าสูงขึ้น การหลุดออกของตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งที่ออกจากถังยูเอเอสบีทั้งสองถังมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน และมีค่าใกล้เคียงกันตลอดช่วงการทดลอง การติดตั้งอุปกรณ์แยกก๊าซ ตะกอนแขวนลอย และน้ำทิ้ง ที่แตกต่างกันของถังยูเอเอสบีทั้งสองถัง ไม่ได้แสดงผลของประสิทธิภาพโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ หากแต่การเติมนิเกิลและโคบอลต์ลงไปโน้ดิงยูเอเอสบี ทำให้ประสิทธิภาพของระบบยูเอเอสบีดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจน



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย