



### ผลการทดลองและวิจารณ์

ข้อมูลการทดลองที่อัตราการรับสารอินทรีย์ต่าง ๆ ได้แสดงในภาคผนวก ข ในแต่ละอัตราการรับสารอินทรีย์หนึ่ง ระบบหมักที่ทำการทดลองจะใช้เวลาระยะหนึ่งในการปรับตัวเข้าสู่สภาวะคงตัว (steady state) โดยสังเกตได้จากค่า COD ในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบและปริมาณแก๊สที่ผลิตได้คงที่ ซึ่งแสดงว่าระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวแล้ว ค่าเฉลี่ยของตัวแปรทุกตัวที่ทำการวิเคราะห์ในช่วงสภาวะคงตัวนี้ นำมาสรุปในตารางที่ 4.1 และ ตารางที่ 4.2 และแสดงในรูปกราฟความสัมพันธ์ของตัวแปรกับอัตราการรับสารอินทรีย์ในรูปที่ 4.1 ถึง 4.13

จากตารางที่ 4.1 และกราฟรูปที่ 4.1 สภาวะที่ทดลองเป็นดังนี้คือ ในช่วงแรกเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์จาก 5.16, 7.00 จนถึง 9.34 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน โดยการเพิ่มความเข้มข้น COD ที่เข้าสู่ระบบเป็น 37800, 51300 และ 68500 มก.ต่อลิตร ตามลำดับ เพื่อให้ระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้งคงที่ 7.33 วัน ส่วนที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 11.31 และ 15.03 กก. COD ต่อ ลบ.ม.-วัน เพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์โดยการลดระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้งเป็น 5.99 และ 4.40 วัน ตามลำดับ โดยควบคุมค่าความเข้มข้น COD ให้คงที่ประมาณ 66000 มก.ต่อลิตร ส่วนการเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์ 18.31 กก. COD ต่อ ลบ.ม.-วัน จนถึง 33.83 กก. COD ต่อลบ.ม.-วัน โดยการลดระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้งจนถึง 2.42 วัน และคงที่ค่า COD ที่เข้าสู่ระบบประมาณ 80000 มก.ต่อลิตร ผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังจะกล่าวต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

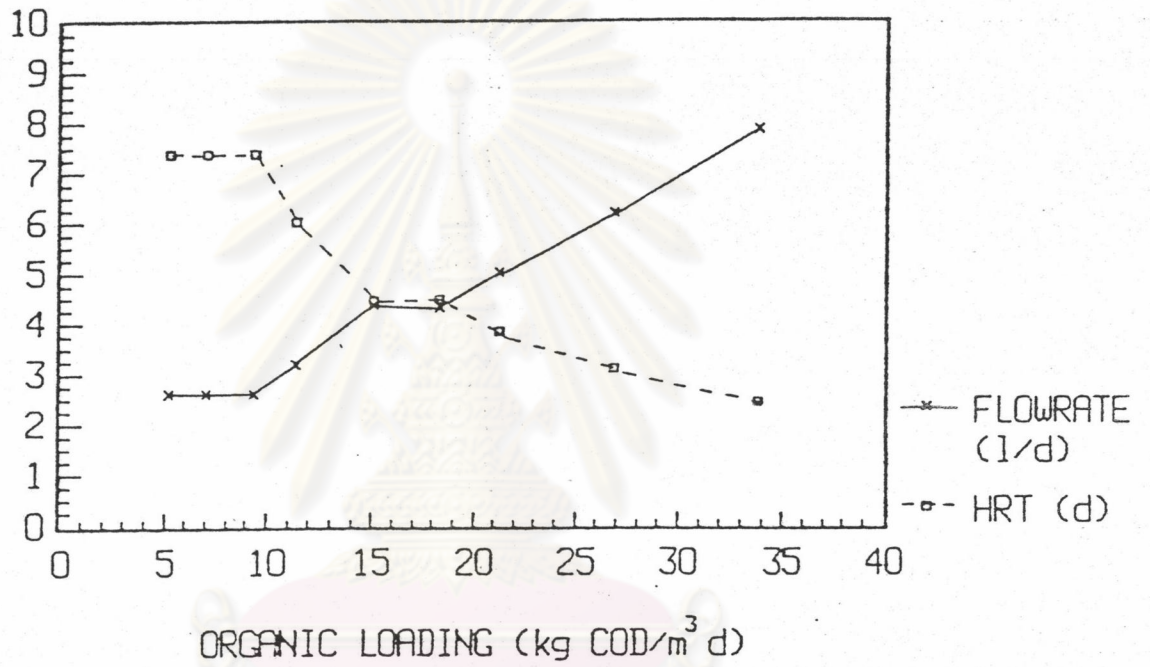
ตารางที่ 4.1 สรุปข้อมูลการทดลองที่ค่าเฉลี่ยอัตราการรับสารอินทรีย์ต่าง ๆ แสดงถึงค่าเฉลี่ยตัวแปรที่ทำการวิเคราะห์ก่อนเข้าสู่ระบบ และค่าเฉลี่ยตัวแปรหลังออกจากระบบ เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว

อัตราการรับสารอินทรีย์	(kg COD/ม <sup>3</sup> ·d)	5.16	7.00	9.34	11.31	15.03	18.31	21.20	26.83	33.83
ระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง	(วัน)	7.33	7.33	7.33	5.99	4.40	4.44	3.81	3.08	2.42
อัตราการไหล	(l/d)	2.59	2.59	2.59	3.17	4.32	4.28	4.99	6.18	7.84
COD เข้า	(mg/l)	37800	51300	60500	67700	66100	81300	80800	82600	81800
COD ออก	(mg/l)	17800	24600	30100	35100	34200	40000	45300	49000	51000
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> เข้า	(mg/l)	2370	3130	4640	4730	4420	4960	5640	5630	5440
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ออก	(mg/l)	300	390	190	46	74	101	221	530	870
COD : SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> เข้า		16:1	16:1	15:1	14:1	15:1	16:1	14:1	15:1	15:1
COD : SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ออก		59:1	83:1	158:1	783:1	482:1	396:1	205:1	92:1	59:1
pH เข้า		5.1	4.7	4.8	4.8	4.8	4.7	4.7	4.7	4.8
pH ออก		7.9	7.7	7.8	7.4	7.2	7.5	7.4	7.3	7.1
VFA เข้า	(mg/l as CH <sub>3</sub> COOH)	290	370	670	880	630	770	780	770	780
VFA ออก	(mg/l as CH <sub>3</sub> COOH)	270	310	780	2180	1270	2310	2940	3230	3890
Alk เข้า	(mg/l as CaCO <sub>3</sub> )	820	800	2100	1840	2110	2390	3380	3410	3380
Alk ออก	(mg/l as CaCO <sub>3</sub> )	4040	4820	10320	11310	10410	11740	12230	12280	10740
TS เข้า	(mg/l)	42060	58190	81050	80800	75950	89360	92510	95450	88945
TS ออก	(mg/l)	24030	31990	40170	42035	42980	47780	55555	57110	61020
SS เข้า	(mg/l)	2150	3435	4500	4445	4070	5010	5000	5250	5620
SS ออก	(mg/l)	570	1330	2120	3060	3570	4030	5080	5940	6180
Soluble S <sup>2-</sup>	(mg/l)	228	270	370	554	576	444	588	491	447
H <sub>2</sub> S	(%)	7.5	9.1	11.8	18.0	18.8	14.3	17.8	15.8	14.1
CO <sub>2</sub>	(%)	38.3	41.2	40.7	38.3	35.2	40.4	40.5	46.3	50.9
CH <sub>4</sub>	(%)	54.2	49.7	47.5	45.7	46.0	45.3	41.7	38.1	35.0
ระยะเวลาที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว	(วัน)	33	21	15	9	14	16	19	24	24



ตารางที่ 4.2 ผลประสิทธิภาพการทำงานของระบบที่อัตราการรับสารอินทรีย์ต่าง ๆ ในระบบบำบัดน้ำเสียลงน้ำ

ประสิทธิภาพการทำงานของระบบ	อัตราการรับสารอินทรีย์ (kg COD/m <sup>3</sup> d)								
	5.16	7.00	9.34	11.31	15.03	18.31	21.20	26.83	33.83
ประสิทธิภาพการกำจัด COD (COD removal) (%)	50.6	51.1	55.3	47.9	47.8	49.7	44.0	42.3	37.7
ประสิทธิภาพการกำจัดสารซัลเฟต (sulphate reduction) (%)	88.6	87.6	95.9	99.0	98.3	97.9	95.9	89.6	84.3
<b>ประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ (Biogas Yield)</b>									
Biogas production (ml/d)	5157	7077	12058	13526	16189	19148	22164	21516	20073
Biogas produced per day ( $\frac{m^3}{day}$ )	0.1083	0.1072	0.1250	0.1344	0.1197	0.1136	0.1211	0.0977	0.0853
(Flowrate) (inf COD-off COD) kg COD removed									
Biogas produced per day ( $\frac{m^3}{day}$ )	0.0547	0.0542	0.0692	0.0841	0.0573	0.0565	0.0541	0.0412	0.0321
(Flowrate) (inf COD) kg COD applied									
Biogas produced per day ( $\frac{m^3}{day}$ )	0.2711	0.3888	0.6348	0.7137	0.8545	1.0143	1.1005	1.1340	1.0554
Reactor volume m <sup>3</sup>									
<b>ประสิทธิภาพการผลิตมีเทน (Methane Yield)</b>									
Methane production (ml/d)	2769	3543	5762	8218	7402	8734	9295	8221	7015
Methane produced per day ( $\frac{m^3}{day}$ )	0.0582	0.0536	0.0594	0.0616	0.0550	0.0515	0.0518	0.0373	0.0208
(flowrate) (inf COD-off COD) kg COD removed									
Methane produced per day ( $\frac{m^3}{day}$ )	0.0294	0.0271	0.0328	0.0293	0.0263	0.0256	0.0230	0.0157	0.0112
(flowrate) (inf COD) kg COD applied									
Methane produced per day ( $\frac{m^3}{day}$ )	0.1457	0.1865	0.3016	0.3273	0.3928	0.4597	0.4892	0.4327	0.3692
Reactor volume m <sup>3</sup>									



รูปที่ 4.1 อัตราการไหลของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้งในการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

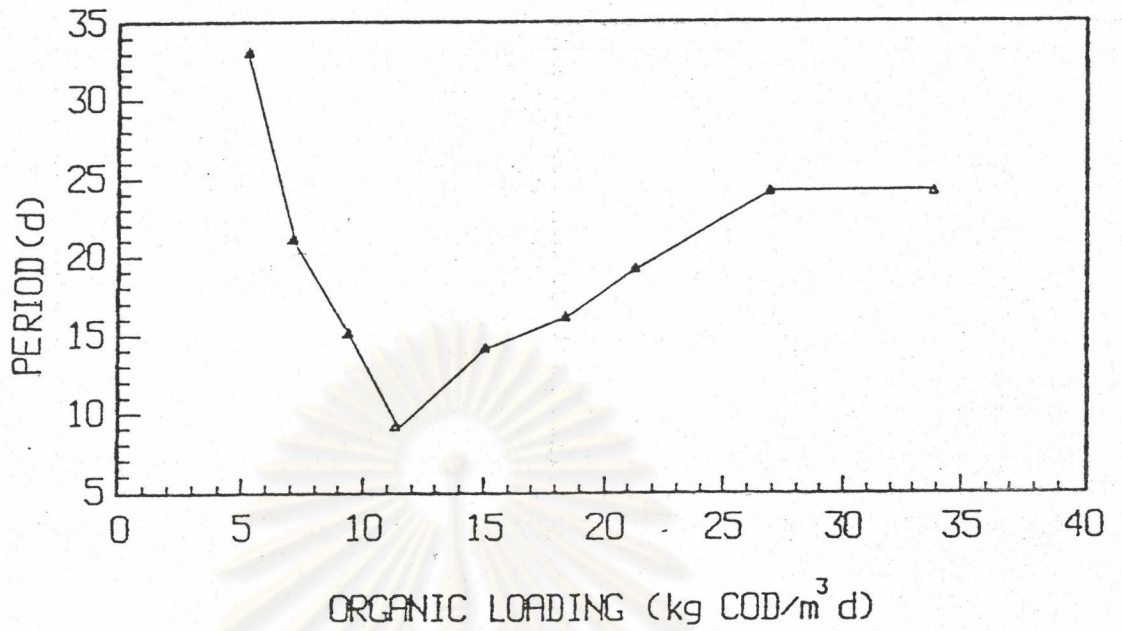


#### 4.1 ระยะเวลาที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว

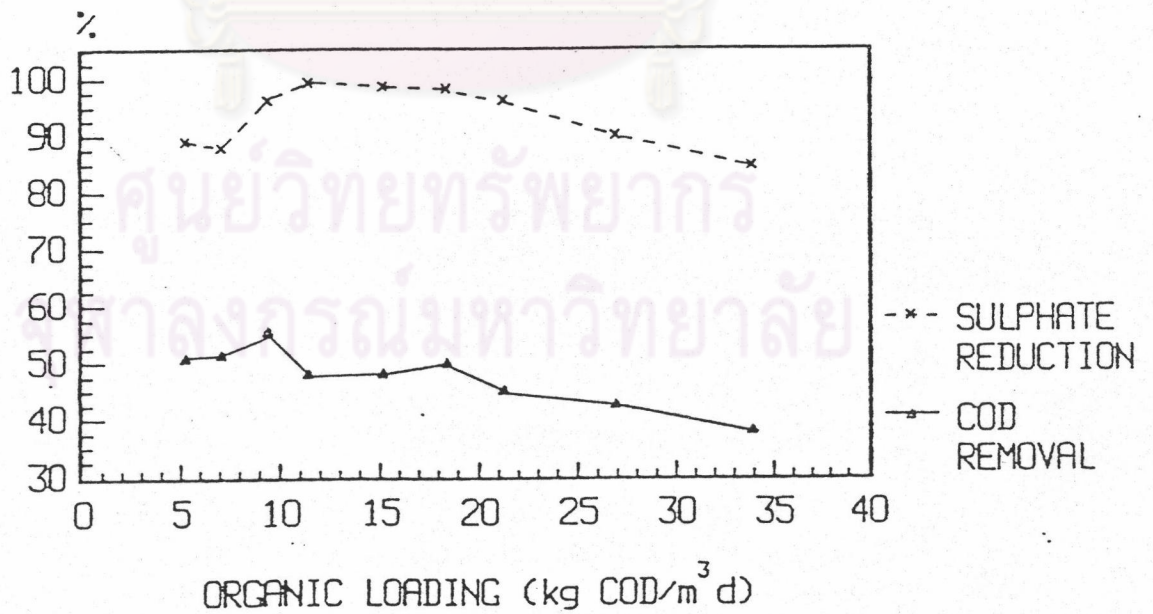
จากตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.2 พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์ ระบบมีระยะเวลาที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวสั้นลงในช่วงแรก โดยที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 5.16 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน มีระยะเวลาที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวยาวนาน 33 วัน และเมื่อเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์สูงขึ้น ระบบมีระยะเวลาที่เข้าสู่สภาวะคงตัวลดลงอย่างรวดเร็ว จนเหลือระยะเวลาที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวเพียง 9 วัน ที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 11.31 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน การที่ระบบมีระยะเวลาที่เข้าสู่สภาวะคงตัวลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรกของการทดลองนี้ เนื่องจากเป็นช่วงที่แบคทีเรียในระบบมีการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนเซลล์อย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการใช้สารอินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เป็นผลให้ระยะเวลาที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวลดลงอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นเมื่อเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์สูงกว่า 11.31 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน พบว่ามีระยะเวลาที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวยาวนานขึ้น และนานถึง 24 วัน ที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 33.83 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน เนื่องจากการสะสมของกรดไขมันระเหยสูงมากขึ้น ทำให้แบคทีเรียในระบบอ่อนแอลง การปรับตัวของแบคทีเรียเพื่อให้เกิดสมดุลช้าลง ทำให้ระยะเวลาที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวนานขึ้น

#### 4.2 ประสิทธิภาพการกำจัด COD

จากตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.3 เมื่อเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์จาก 5.16 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง 7.33 วัน เป็น 9.34 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง 7.33 วัน ค่าประสิทธิภาพการกำจัด COD เพิ่มขึ้นจาก 50.6 % เป็น 55.3 % ซึ่งเป็นค่าสูงสุด เนื่องจากแบคทีเรียมีการเจริญเติบโต และเพิ่มจำนวนเซลล์อย่างรวดเร็วในช่วงแรกของการทดลอง อันเนื่องจากการใช้สารอินทรีย์สูงขึ้น ค่าประสิทธิภาพการกำจัด COD จึงสูงขึ้น (สุเมธ ชวเดช, 2529) และเมื่อเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์จนถึง 33.83 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ลดระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้งเหลือ 2.42 วัน พบว่า ประสิทธิภาพการกำจัด COD ลดลงและมีค่าเป็น 37.9 % ที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 33.83 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบมากเกินไป เซลล์เริ่มอ่อนแอลงอันเนื่องมาจากความเป็นพิษของกรดไขมันระเหยที่สะสมในระบบ ทำให้การใช้สารอินทรีย์ลดลง (สุเมธ ชวเดช, 2529)



รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงระยะเวลาที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวที่อัตราการรับสารอินทรีย์ต่าง ๆ



รูปที่ 4.3 ประสิทธิภาพการกำจัด COD และประสิทธิภาพการกำจัดสารซัลเฟตที่อัตราการรับสารอินทรีย์ต่าง ๆ



## ค่าประสิทธิภาพการกำจัด COD จึงลดลง

### 4.3 ประสิทธิภาพการกำจัดสารซัลเฟต

จากตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าผลของการเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์ต่อประสิทธิภาพการกำจัดสารซัลเฟต มีแนวโน้มเหมือนประสิทธิภาพการกำจัด COD โดยพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์จาก 5.16 กก. COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง 7.33 วัน จนถึง 11.31 กก. COD ต่อ ลบ.ม.-วัน มีระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง 5.99 วัน ค่าประสิทธิภาพการกำจัดสารซัลเฟตเพิ่มขึ้นจาก 88.6 % เป็น 99.0 % ซึ่งเป็นค่าสูงสุดเนื่องจากแบคทีเรียกลุ่ม SRB มีการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนเซลล์อย่างรวดเร็วในช่วงแรกของการทดลอง จึงมีการใช้สารซัลเฟตสูงขึ้น ทำให้ค่าประสิทธิภาพการกำจัดสารซัลเฟตสูงขึ้น (Hilton และ Archer, 1987; Wilma และ Strydom, 1987) เมื่อเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์สูงขึ้นจนถึง 33.83 กก. COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้งลดลง 2.42 วัน พบว่า ค่าประสิทธิภาพการกำจัดสารซัลเฟตมีแนวโน้มลดลงและลดลงเป็น 84.3 % ที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 33.83 กก. COD ต่อ ลบ.ม.-วัน เนื่องจากปริมาณซัลเฟตที่เข้าสู่ระบบสูงเกินไป ระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้งลดลงแบคทีเรียกลุ่ม SRB เริ่มอ่อนแอลง ทำให้มีการใช้สารซัลเฟตลดลง ค่าประสิทธิภาพการกำจัดสารซัลเฟตจึงลดลง รายละเอียดการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสารซัลเฟตจะกล่าวในหัวข้อ 4.11

จากผลของประสิทธิภาพการกำจัด COD และประสิทธิภาพการกำจัดสารซัลเฟตดังกล่าว เมื่อพิจารณาค่าอัตราส่วน COD :  $SO_4^{2-}$  ในน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบที่อัตราการรับสารอินทรีย์ต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.1 พบว่า ค่าอัตราส่วน COD :  $SO_4^{2-}$  ในน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 14 : 1- 16 : 1 ส่วนในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ ค่าอัตราส่วน COD :  $SO_4^{2-}$  มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเหมือนประสิทธิภาพการกำจัด COD และประสิทธิภาพการกำจัดสารซัลเฟต โดยมีค่า 59 : 1 ที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 5.16 กก. COD ต่อ ลบ.ม.- วัน ระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง 7.33 วัน และมีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุด 763 : 1 ที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 11.31 กก. COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง 5.99 วัน ซึ่งที่อัตราการรับสารอินทรีย์นี้ ระบบมีค่าประสิทธิภาพการกำจัดสารซัลเฟตสูงสุดเช่นกัน และเมื่อเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์สูงขึ้นถึง 33.83 กก. COD ต่อ

ลบ.ม.-วัน ระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง 2.42 วัน ค่าอัตราส่วน COD :  $\text{SO}_4^{2-}$  มีแนวโน้มลดลงและลดลงเป็น 59 : 1 ที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 33.83 กก. COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ค่าอัตราส่วน COD :  $\text{SO}_4^{2-}$  นี้ ถ้ามีค่าต่ำจะทำให้เกิดซัลไฟด์สูง ซึ่งจะก่อให้เกิดปัญหาต่อระบบได้ ค่าอัตราส่วน COD :  $\text{SO}_4^{2-}$  มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 10 พบว่าจะไม่ทำให้เกิดปัญหาในระบบ (Visser, 1991) สำหรับน้ำเสียที่มีค่าอัตราส่วน COD :  $\text{SO}_4^{2-}$  น้อยกว่า 10 จำเป็นจะต้องรู้ค่าความเข้มข้นไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงสุดที่ระบบรับได้ ซึ่งในการทดลองนี้มีค่าอัตราส่วน COD :  $\text{SO}_4^{2-}$  ค่อนข้างสูงในน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบ และมีค่าสูงมากในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ จึงไม่ทำให้เกิดปัญหาในระบบ และเนื่องจากเป็นถึงหมักชนิดมีระบบเก็บกักเชื้อ จึงทำให้ระบบสามารถทนปริมาณซัลไฟด์สูงได้ (Kroiss และ Wabnegg, 1983) โดยพบว่าสามารถทนปริมาณซัลไฟด์ได้สูงถึง 576 มก.ต่อลิตร

#### 4.4 ประสิทธิภาพการผลิตแก๊ส

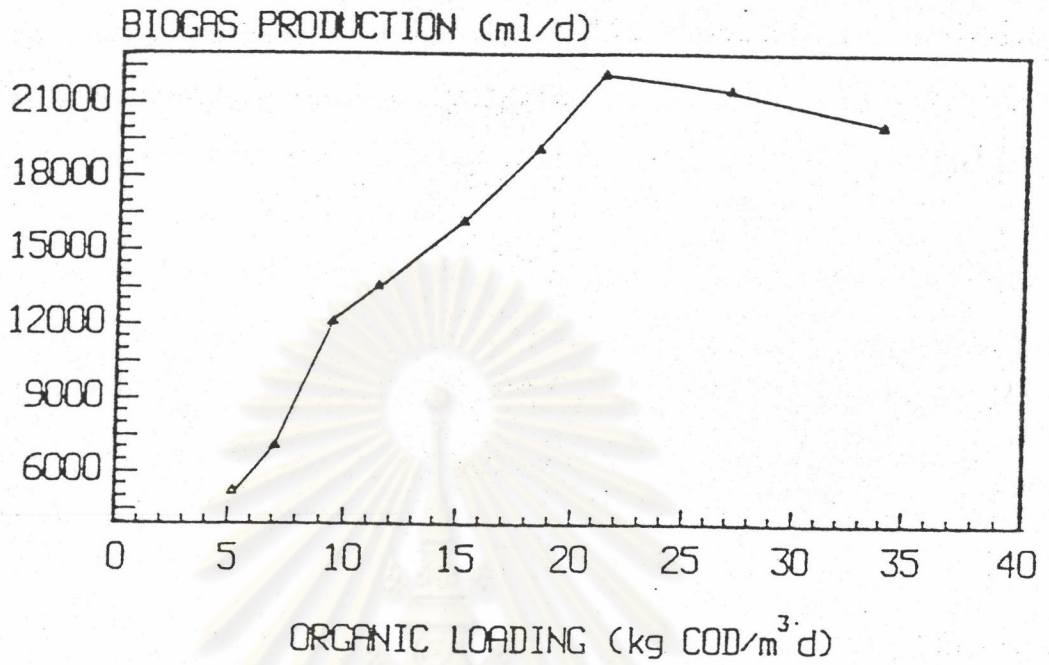
จากรูปที่ 4.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงอัตราแก๊สชีวภาพที่ผลิตได้พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์ในช่วง 5.16-21.20 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน อัตราแก๊สชีวภาพที่ระบบผลิตได้มีค่าสูงขึ้น โดยมีความสัมพันธ์เกือบเป็นเส้นตรง ในช่วงการทดลองนี้แบคทีเรียมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบสูง ทำให้เกิดปฏิกิริยาชีวเคมีมากขึ้น ปริมาณแก๊สชีวภาพจึงสูงขึ้น (สุเมธ ชวเดช, 2529) และมีค่าสูงสุดที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 21.20 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง 3.81 วัน โดยมีอัตราผลิตแก๊สชีวภาพสูงสุด 22164 มล.ต่อวัน จากนั้นเมื่อเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์สูงกว่า 21.20 กก. COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ปริมาณแก๊สชีวภาพที่ระบบผลิตได้มีค่าลดลง เนื่องจากระบบเริ่มเสถียรสมดุล มีแบคทีเรียบางส่วนหลุดออกจากระบบ โดยสังเกตได้จากค่าปริมาณสารแขวนลอย (SS) ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้แบคทีเรียในระบบลดน้อยลง และถึงแม้จะมีปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบในปริมาณสูง แต่ระบบมีระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้งลดลง ประกอบกับแบคทีเรียกลุ่ม MPB อ่อนแอลง เนื่องจากความเป็นพิษจากปริมาณกรดไขมันระเหยที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งส่งผลให้มีการใช้สารอินทรีย์ลดลง ปริมาณแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นจึงลดลง ประสิทธิภาพการทำงานของแบคทีเรียกลุ่ม MPB ลดต่ำลงเมื่ออัตราการรับสารอินทรีย์สูงขึ้นนี้ สามารถสังเกตได้จากแก๊สชีวภาพที่ผลิตได้มีสัดส่วนแก๊สมีเทนลดต่ำลง และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น รูปที่ 4.5 แสดงประสิทธิภาพ



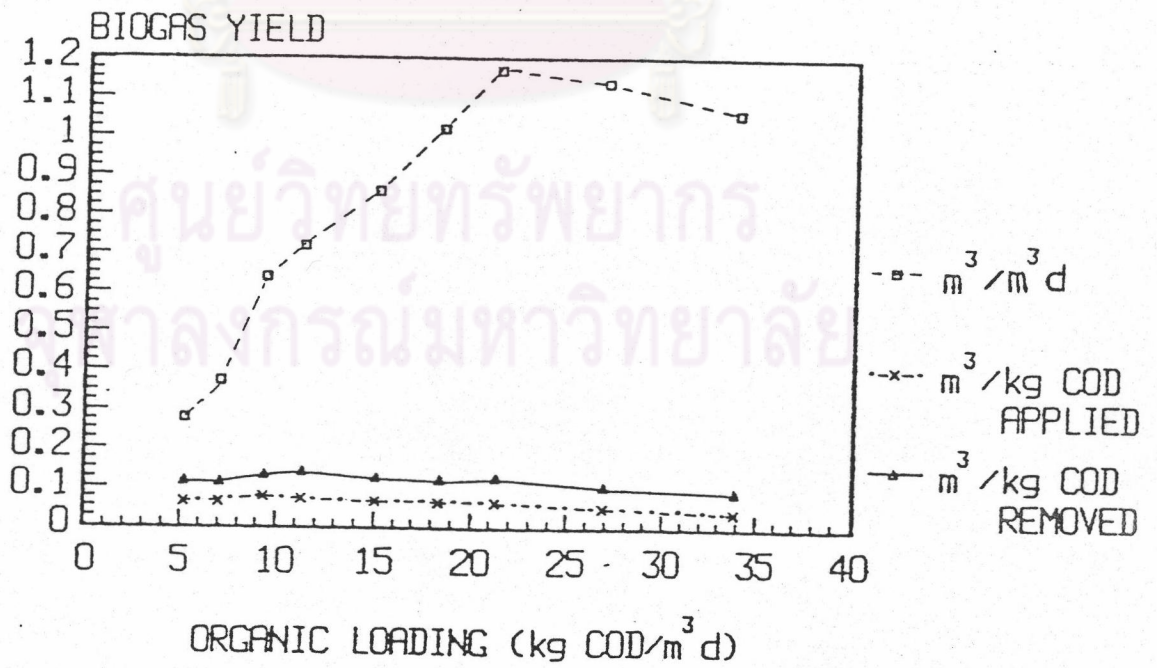
การผลิตแก๊สชีวภาพที่อัตราการรับสารอินทรีย์ต่าง ๆ การผลิตแก๊สชีวภาพเมื่อคำนวณเป็นปริมาณแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นต่อวันต่อปริมาตรถังหมัก พบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สชีวภาพที่ระบบผลิตได้ดังแสดงในรูปที่ 4.4 โดยมีค่าสูงสุด 1.17 ลบ.ม.-วันต่อ ลบ.ม.ถังหมัก ที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 21.20 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง 3.81 วัน และเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการผลิตแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นต่อปริมาณ COD ที่เข้าสู่ระบบ และปริมาณการผลิตแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นต่อปริมาณ COD ที่ถูกกำจัด พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์ ประสิทธิภาพการผลิตแก๊สชีวภาพมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกของการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.5 เนื่องจากแบคทีเรียมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ (COD) สูง ทำให้มีการใช้สารอินทรีย์มากขึ้นซึ่งสอดคล้องกับค่าประสิทธิภาพการกำจัด COD ที่มีค่าสูงขึ้นในระยะแรกเช่นกันดังได้กล่าวมาแล้ว โดยพบว่าระบบมีค่าประสิทธิภาพการผลิตแก๊สชีวภาพสูงสุด 0.13 ลบ.ม.ต่อ ปริมาณ COD ที่ถูกกำจัด หรือเท่ากับ 0.06 ลบ.ม.ต่อปริมาณ COD ที่เข้าสู่ระบบที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 11.31 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง 5.99 วัน จากนั้นเมื่อเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์สูงขึ้นต่อไป ค่าประสิทธิภาพการผลิตแก๊สชีวภาพมีค่าลดลงเล็กน้อยตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับค่าประสิทธิภาพการกำจัด COD ดังได้กล่าวมาแล้ว และสามารถอธิบายได้ด้วยเหตุผลเช่นเดียวกัน

ส่วนปริมาณแก๊สมีเทนที่ผลิตได้และประสิทธิภาพการผลิตแก๊สมีเทน มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับปริมาณแก๊สชีวภาพที่ผลิตได้ และประสิทธิภาพการผลิตแก๊สชีวภาพดังแสดงในรูปที่ 4.6 และ 4.7 และสามารถสรุปได้ว่า ระบบให้ค่าปริมาณแก๊สมีเทนที่ผลิตได้สูงสุด 9295 มล.ต่อวัน ที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 21.20 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง 3.81 วัน และให้ค่าประสิทธิภาพการผลิตแก๊สมีเทนสูงสุด 0.49 ลบ.ม.-วัน ต่อปริมาตรถังหมักที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 21.20 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง 3.81 วันเช่นกัน และที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 11.31 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง 5.99 วัน ระบบให้ค่าประสิทธิภาพการผลิตแก๊สมีเทนสูงสุด 0.06 ลบ.ม. ต่อปริมาณ COD ที่ถูกกำจัดหรือเท่ากับ 0.03 ลบ.ม. ต่อปริมาณ COD ที่เข้าสู่ระบบ

ส่วนผลการเปลี่ยนแปลงค่าองค์ประกอบแก๊สชีวภาพดังแสดงในรูปที่ 4.8 พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์ ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในระบบมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 38.3 % ที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 5.16 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน และเพิ่มสูงขึ้นเป็น 50.9 % อัตราการรับสารอินทรีย์ 33.83 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน

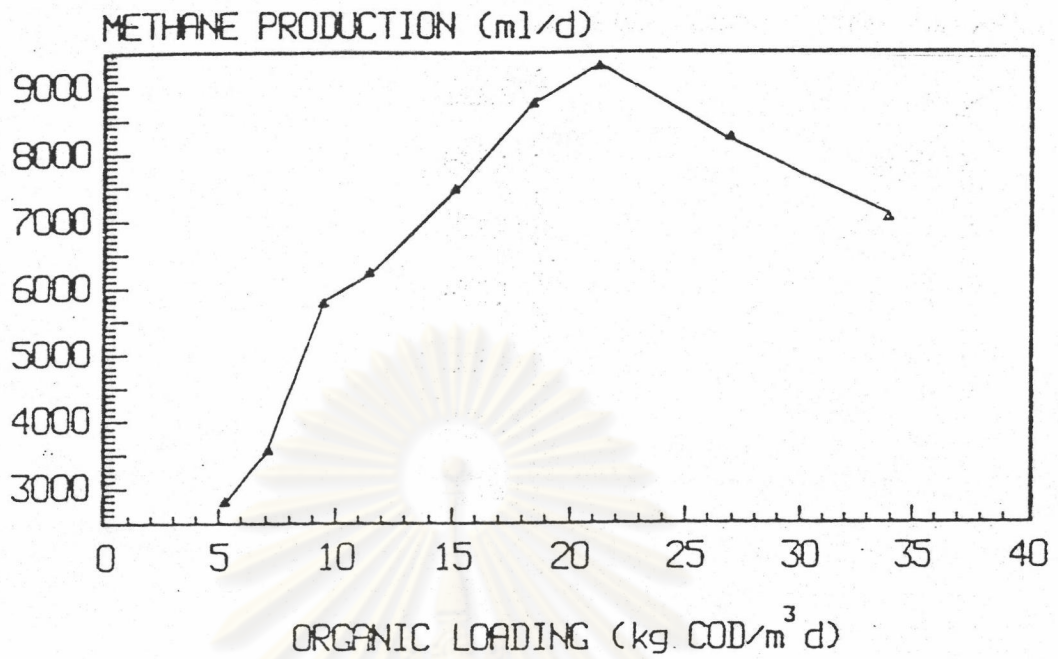


รูปที่ 4.4 อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากอัตราการรับสารอินทรีย์ต่าง ๆ

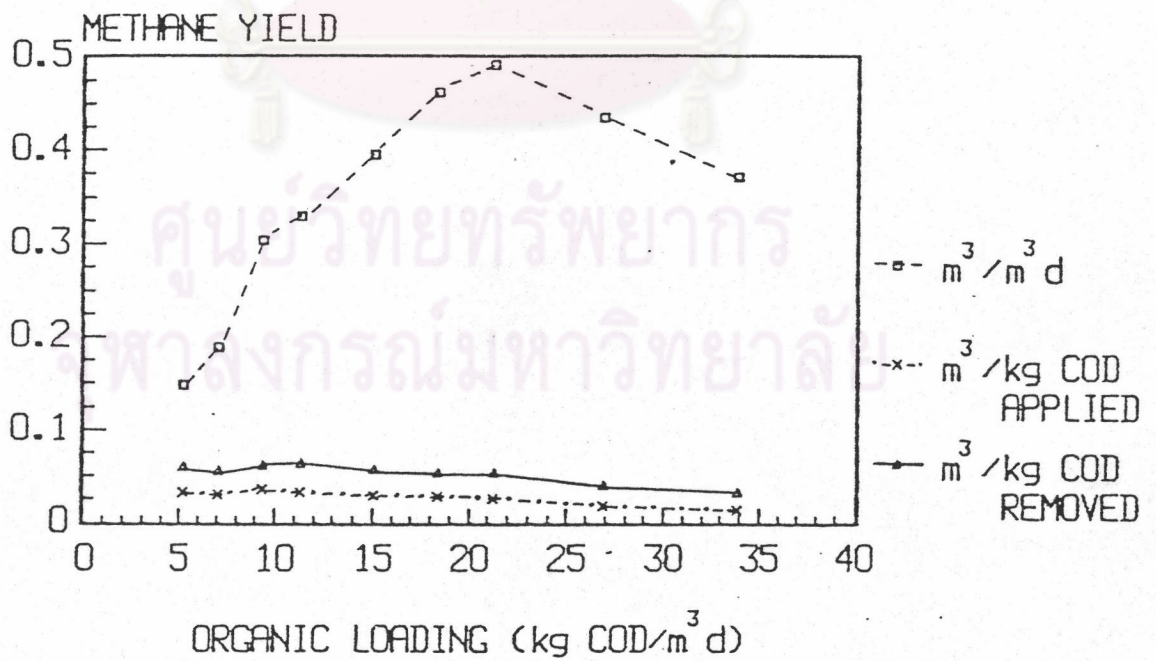


รูปที่ 4.5 ประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากอัตราการรับสารอินทรีย์ต่าง ๆ





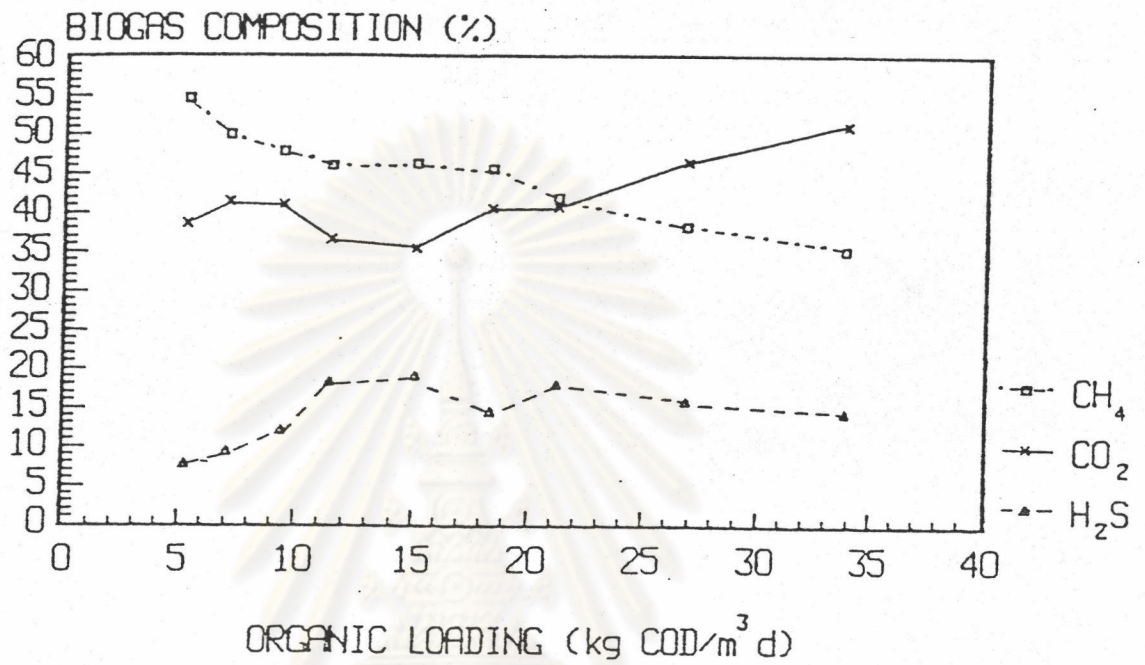
รูปที่ 4.6 อัตราการผลิตแก๊สมีเทนที่ผลิตได้จากอัตราการรับสารอินทรีย์ต่าง ๆ



รูปที่ 4.7 ประสิทธิภาพการผลิตแก๊สมีเทนที่ผลิตได้จากอัตราการรับสารอินทรีย์ต่าง ๆ

เนื่องจากมีปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบมากขึ้น เกิดปริมาณกรดไขมันระเหยในถังหมักมีปริมาณสูงขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อแบคทีเรียกลุ่มที่สร้างมีเทน (สุเมธ ชวเดช, 2529) จึงทำให้แก๊สชีวภาพมีองค์ประกอบแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น อย่างไรก็ตามที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 11.31 และ 15.03 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงเหลือ 36.3 % และ 35.2 % ตามลำดับ ซึ่งเมื่อพิจารณาปริมาณซัลไฟด์ส่วนที่ละลายในระบบ ในตารางที่ 4.1 พบว่า ที่อัตราการรับสารอินทรีย์ดังกล่าว ระบบมีปริมาณซัลไฟด์ส่วนที่ละลายสูงถึง 554 และ 576 มก.ต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งทำให้เกิดเป็นพิษต่อแบคทีเรียในระบบ (Kroiss และ Wabnegg, 1983; Isa และคณะ, 1986) ทำให้ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง และเมื่อเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์ต่อไป ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าสูงขึ้น เนื่องจากแบคทีเรียกลุ่ม SRB มีประสิทธิภาพลดลง ทำให้ปริมาณไฮโดรเจนซัลไฟด์ลดลง และปริมาณความเข้มข้นซัลไฟด์ในถังหมักลดลง ความเป็นพิษต่อแบคทีเรียกลุ่มที่สร้างกรดจึงต่ำลงจึงทำให้ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น ส่วนปริมาณแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เกิดขึ้น เมื่อเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์ มีการเปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับการเกิดประสิทธิภาพการกำจัดสารซัลเฟต (รูปที่ 4.3) โดยมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 7.5% ที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 5.16 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน และมีค่าเพิ่มขึ้นจนถึง 18.8% ซึ่งเป็นค่าสูงสุด ที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 15.03 กก. COD ต่อ ลบ.ม.-วัน เนื่องจากแบคทีเรียกลุ่ม SRB มีการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนเซลล์ในปริมาณสูงในช่วงแรก ทำให้มีการใช้สารซัลเฟตมากขึ้น และเกิดปฏิกิริยารีดักชันของสารซัลเฟตมากขึ้น ทำให้ปริมาณแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์มากขึ้น (Hilton และ Archer, 1987; Yadav และ Archer, 1989) จากนั้นเมื่อเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์ ปริมาณแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์เริ่มลดลง และมีค่า 14.1% ที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 33.83 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน เนื่องจากปริมาณสารอินทรีย์และสารซัลเฟตที่เข้าสู่ระบบสูงเกินไป และระบบมีระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้งลดลง ทำให้แบคทีเรียกลุ่ม SRB เริ่มอ่อนแอลง มีการใช้สารซัลเฟตลดลง ปริมาณแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์จึงลดลง องค์ประกอบแก๊สมีเทนในแก๊สชีวภาพที่ผลิตได้ พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์ ปริมาณแก๊สมีเทนจะมีค่าลดลงโดยมีค่าสูงสุด 54.2% มีอัตราการรับสารอินทรีย์ 5.16 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน และเมื่อเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์จนถึง 33.83 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ปริมาณแก๊สมีเทนลดลงจนถึง 35.0% เนื่องจากแบคทีเรียกลุ่มที่สร้างแก๊สมีเทนมีความทนต่อปริมาณกรดไขมันระเหยและปริมาณสารซัลเฟตที่เพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์ได้น้อยกว่าแบคทีเรียกลุ่มที่สร้างกรด และกลุ่ม SRB ในระบบ จึงทำให้ปริมาณแก๊สมีเทน





รูปที่ 4.8 องค์ประกอบแก๊สชีวภาพที่อัตราการรับสารอินทรีย์ต่าง ๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลดลง (Koster และคณะ, 1986; Karhadkar และคณะ, 1987)

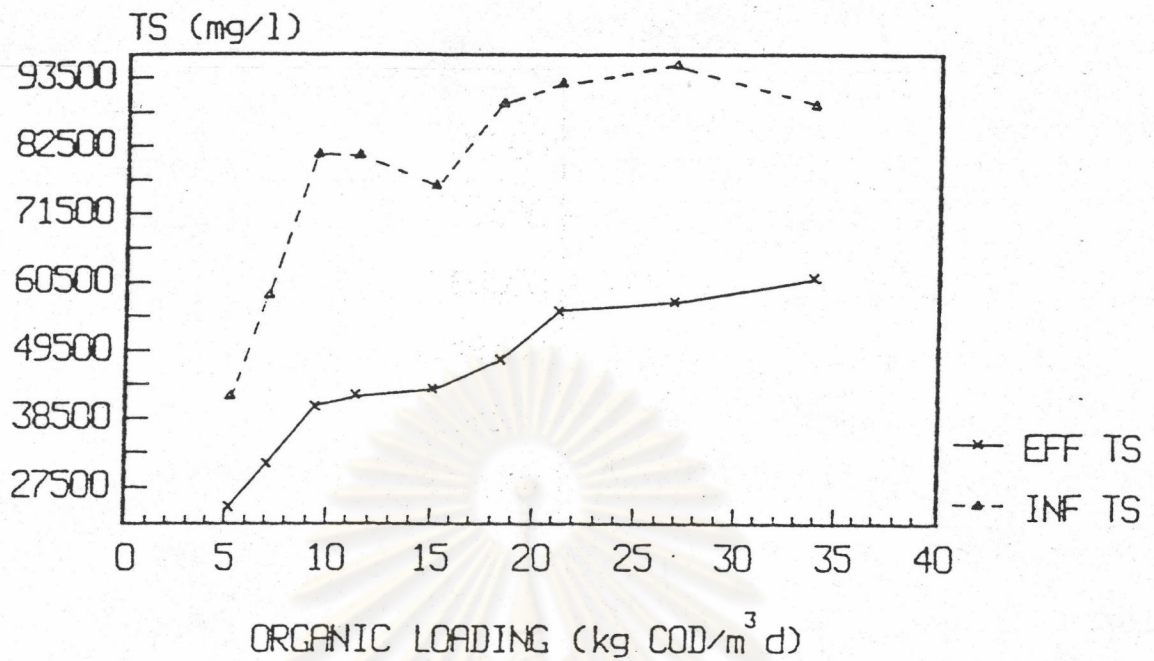
#### 4.5 ประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณของแข็งทั้งหมด

รูปที่ 4.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS) ในน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบ และในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์ ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่า COD ที่เข้าสู่ระบบ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 42060-95450 มก.ต่อลิตร โดยปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ออกจากระบบมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์ โดยมีค่า 24030 มก.ลิตร ที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 5.16 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน และเพิ่มขึ้นเป็น 61020 มก.ต่อลิตร ที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 33.83 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน คำนวณเป็นประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณของแข็งทั้งหมดเป็น 42.9% และ 31.4% ที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 5.16 และ 33.83 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับประสิทธิภาพการกำจัด COD ดังกล่าวมาแล้ว

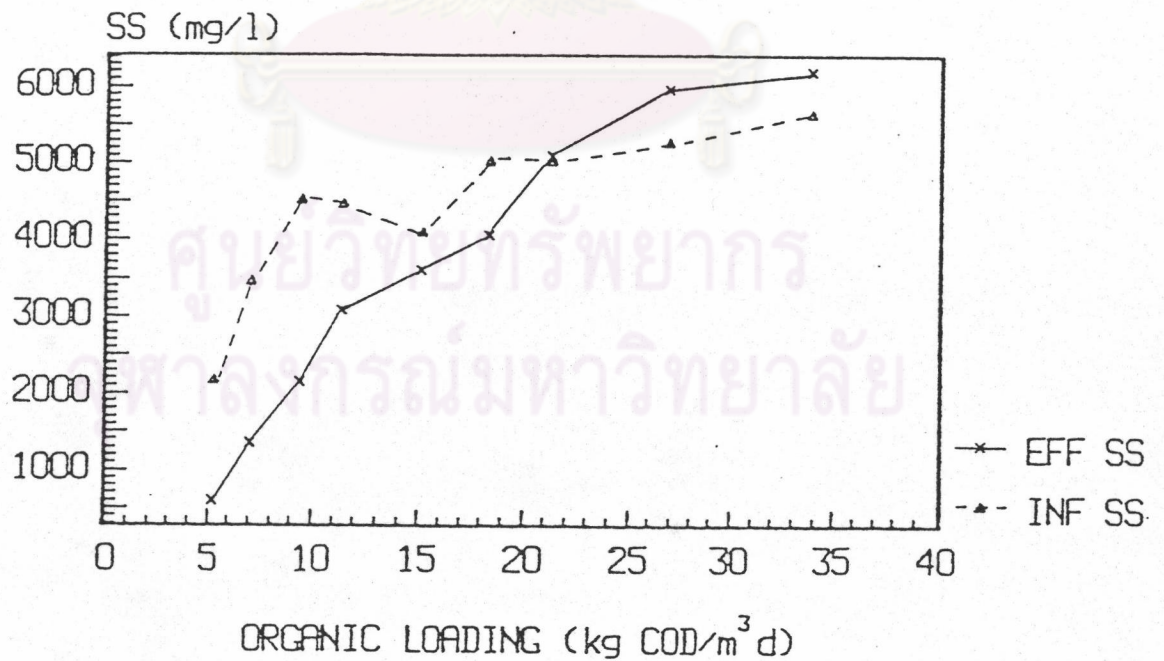
#### 4.6 ปริมาณของแข็งแขวนลอย

เมื่อเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์ ปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS) ในน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่า COD ที่เข้าสู่ระบบ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2150 - 5620 มก.ต่อลิตร และปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์ ดังแสดงในรูปที่ 4.10 ที่อัตราการรับสารอินทรีย์สูงกว่า 21.20 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ มีค่ามากกว่าปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบ แสดงว่ามีเซลล์แบคทีเรียหลุดออกจากระบบสูงมากขึ้น เกิดการ wash-out (สุมเมซ ชวเดช, 2529) เนื่องจากปริมาณสารอินทรีย์ที่เข้าสู่ระบบสูงเกินไป และระบบมีระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้งสั้นลง มีปริมาณกรดไขมันระเหยสะสมในระบบสูงจนก่อให้เกิดอันตรายต่อแบคทีเรียกลุ่มที่สร้างมีเทน มีผลทำให้ปริมาณแก๊สชีวภาพ, แก๊สมีเทนที่เกิดขึ้นลดลงและประสิทธิภาพการกำจัด COD ลดลงดังได้กล่าวมาแล้ว





รูปที่ 4.9 ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบ และในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ ที่อัตราการรับสารอินทรีย์ต่าง ๆ



รูปที่ 4.10 ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ ที่อัตราการรับสารอินทรีย์ต่าง ๆ

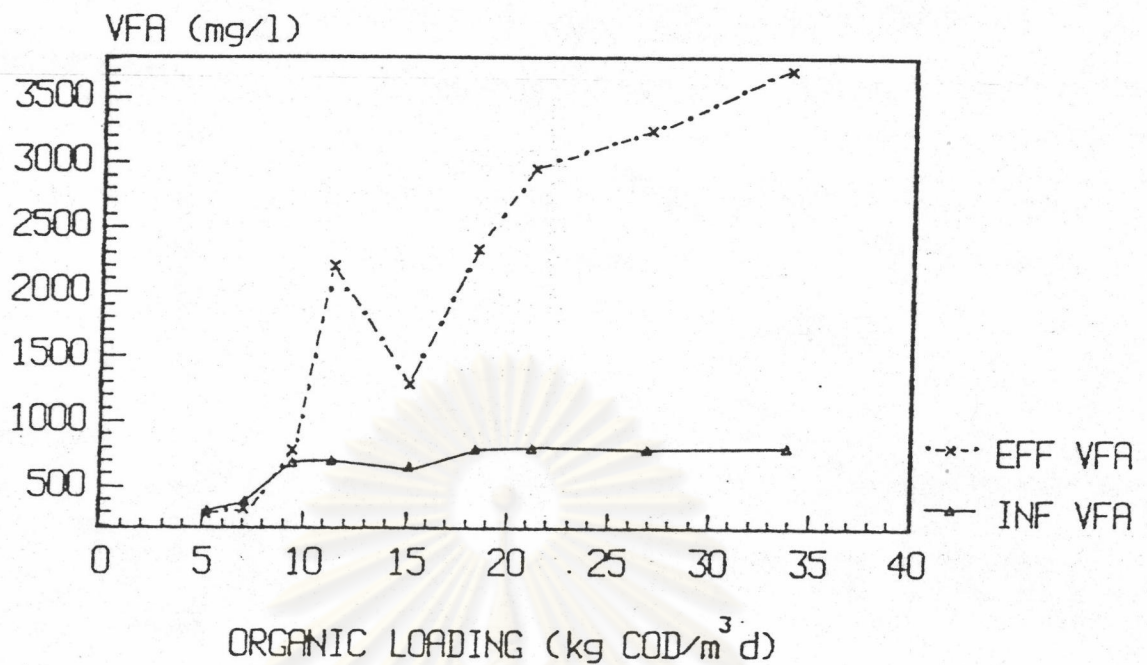
#### 4.7 ปริมาณกรดไขมันระเหยในระบบหมัก

เมื่อเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์ ปริมาณกรดไขมันระเหยในน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่า COD ที่เข้าสู่ระบบโดยมีค่าอยู่ในช่วง 290-790 มก. ต่อ ลิตร และปริมาณกรดไขมันระเหยในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่าสูงขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์ ดังแสดงในรูป 4.11 โดยมีค่า 270 มก. ต่อ ลิตร ที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 5.16 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง 7.33 วัน จนถึง 3690 มก. ต่อลิตร ที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 33.83 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง 2.42 วัน เนื่องจากเมื่อเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์ ปริมาณสารอินทรีย์ที่เข้าสู่ระบบสูงขึ้น แบคทีเรียกลุ่มที่สร้างกรดสามารถทำการย่อยสลายสารอินทรีย์เหล่านั้นทำให้ได้ปริมาณกรดมากขึ้น แบคทีเรียกลุ่ม SRB และ MPB ไม่สามารถนำไปใช้ได้ทัน ทำให้เกิดการสะสมของกรดไขมันระเหยในระบบมากขึ้น (สุมเมธ ชวเดช, 2529) ปริมาณกรดไขมันระเหยที่สูงขึ้นเรื่อย ๆ นี้ เนื่องจากเกิดสภาพ overloading โดยอัตราการรับสารอินทรีย์สูงเกินไป ที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 11.31 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง 5.99 วัน ปริมาณกรดไขมันระเหยในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบสูงอย่างผิดปกติ ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลการทดลองได้จากการทดลองที่ระยะเวลาสั้นเพียง 9 วัน ซึ่งสั้นมากจึงทำให้ระบบยังไม่เข้าสู่สภาวะคงตัว

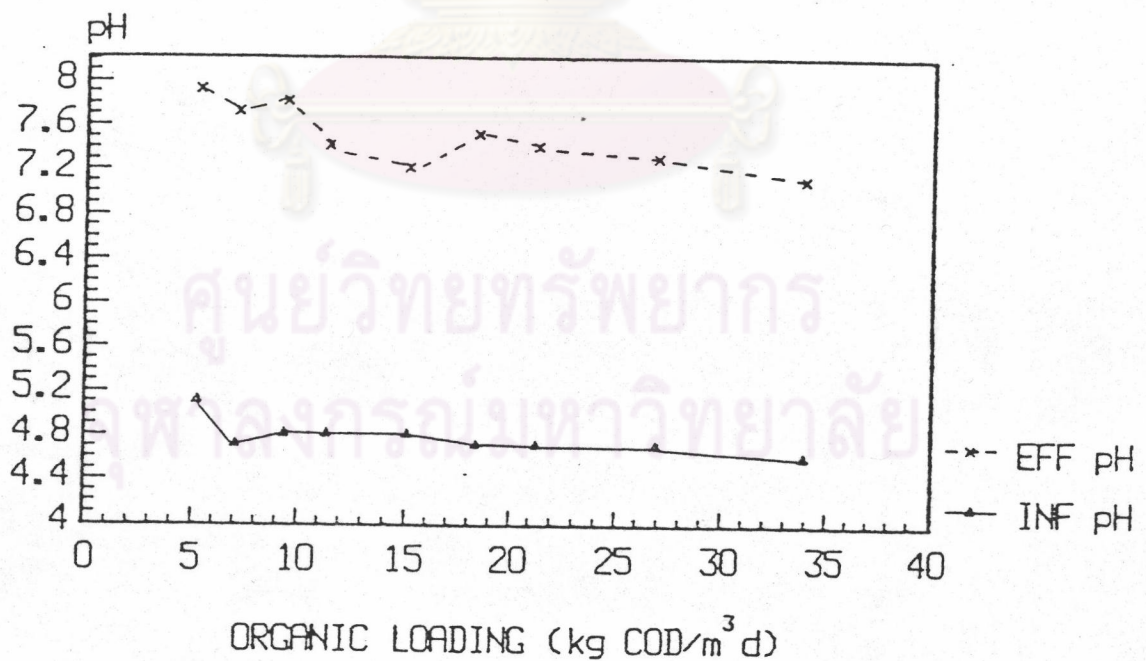
#### 4.8 ค่า pH

ค่า pH ในน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบมีค่าลดลงเมื่อค่า COD ที่เข้าสู่ระบบสูงขึ้น โดยมีค่า pH อยู่ในช่วง 4.6-5.1 ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ส่วน pH ในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีสภาวะเป็นกลาง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์ โดยที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 5.16 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน มีค่า pH ในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบเท่ากับ 7.9 และเมื่อเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์ จนถึง 33.83 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ค่า pH ลดลงเป็น 7.1 ดังแสดงในรูปที่ 4.12 ค่า pH ลดต่ำลงเมื่ออัตราการรับสารอินทรีย์สูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากความเข้มข้นกรดไขมันระเหยในถังหมักเพิ่มสูงขึ้นนั่นเอง (สุมเมธ ชวเดช, 2529)





รูปที่ 4.11 ปริมาณกรดไขมันระเหยในน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ ที่อัตราการรับสารอินทรีย์ต่าง ๆ



รูปที่ 4.12 ค่า pH ในน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบที่อัตราการรับสารอินทรีย์ต่าง ๆ

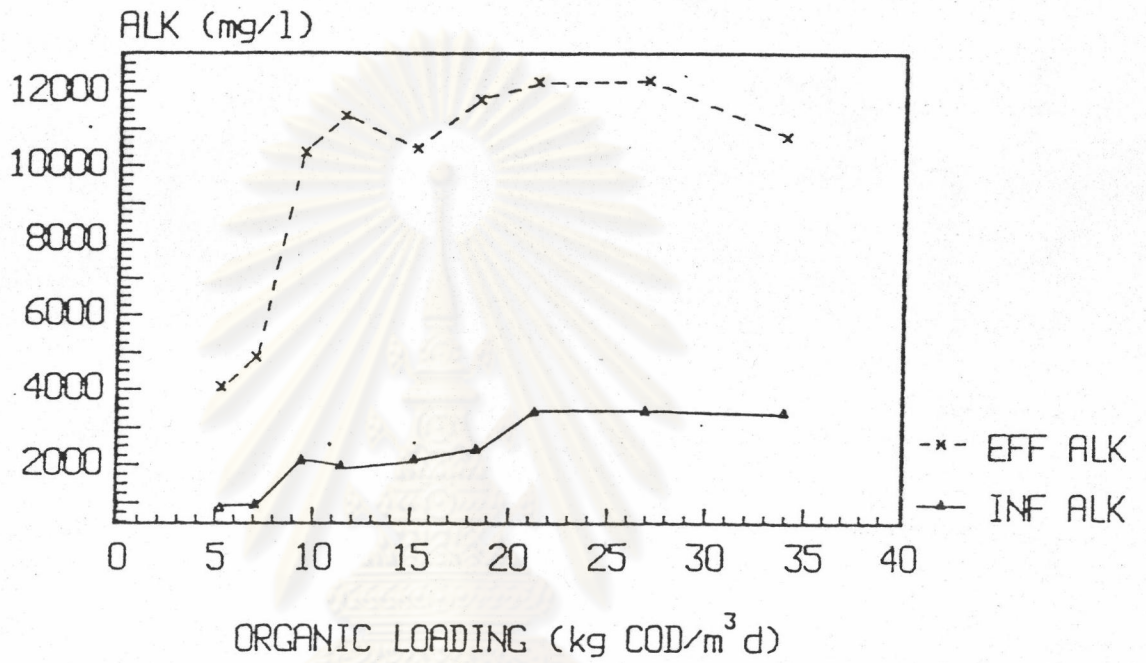
#### 4.9 ค่าความเป็นด่าง

เมื่อเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์ ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) ในน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณ COD ที่เข้าสู่ระบบเพิ่มขึ้นดังแสดงในรูปที่ 4.13 โดยมีค่าอยู่ในช่วง 820 - 3380 มก. ต่อ ลิตร ส่วนค่าความเป็นด่างในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่าสูงขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์ โดยที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 5.16 กก. COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ค่าความเป็นด่างในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ มีค่าเท่ากับ 4040 มก.ต่อ ลิตร และเมื่อเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์ถึง 26.83 กก. COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ค่าความเป็นด่างในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่าสูงสุดเท่ากับ 12260 มก.ต่อ ลิตร ค่าความเป็นด่างสูงขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์ เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์และการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ของสารซัลเฟต จะได้คาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจะรวมตัวกับแอมโมเนียมเป็นสารแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต ซึ่งทำให้ค่าความเป็นด่างสูงขึ้น (สุเมธ ชวเดช, 2529 ; Middleton และ Lawrence, 1977) และเมื่อเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์เป็น 33.83 กก. COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ค่าความเป็นด่างในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบลดลงโดยมีค่าเท่ากับ 10740 มก.ต่อลิตร ทั้งนี้เนื่องจากความเข้มข้นกรดไขมันระเหยที่สูงเพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำลายค่าความเป็นด่างให้ต่ำลง และส่งผลให้ค่า pH ลดต่ำลงด้วย

#### 4.10 เสถียรภาพของระบบหมัก

ค่า pH ปริมาณกรดไขมันระเหย และค่าความเป็นด่าง มีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบ โดยพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์ มีปริมาณกรดไขมันระเหยสะสมในระบบสูงขึ้น แต่เมื่อพิจารณาค่า pH ถึงแม้ว่าน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบจะมีค่า pH เป็นกรด (pH 4.6-5.1) และมีปริมาณกรดไขมันระเหยสูง พบว่า ระบบยังสามารถรักษาระดับ pH ที่เป็นกลางไว้ได้ โดยมีค่า pH ในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบลดลงเล็กน้อย เมื่อเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์ (pH 7.9 ลดลงถึง pH 7.1) ทั้งนี้เนื่องจากระบบมีค่าความเป็นด่างสูงตั้งที่กล่าวมาแล้ว ค่าความเป็นด่างที่สูงนี้ จะมีฤทธิ์สะเทินกรดทำให้ระบบสามารถรักษาระดับ pH ที่เป็นกลางไว้ได้ (สุเมธ ชวเดช, 2529) เมื่อพิจารณาเสถียรภาพของระบบหมักนี้อาจสรุปได้ว่า ระบบยังสามารถทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูง ทั้งการกำจัด COD และสารซัลเฟต ถึงแม้ว่าอัตราการรับสารอินทรีย์





รูปที่ 4.13 ค่าความเป็นด่างในน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ  
ที่อัตราการรับสารอินทรีย์ต่าง ๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สูงถึง 33.83 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน

#### 4.11 สมดุลสารซัลเฟอร์ในระบบหมัก

รายละเอียดการคำนวณสมดุลซัลเฟอร์ได้แสดงในภาคผนวก ค ตารางที่ 4.3 แสดง สมดุลสารซัลเฟอร์ที่อัตราการรับสารอินทรีย์ต่าง ๆ โดยซัลเฟอร์ที่เข้าสู่ระบบจะอยู่ในรูปซัลเฟต ในน้ำกากส่าที่ป้อนเข้าสู่ระบบ ส่วนซัลเฟอร์ที่ออกจากระบบอยู่ในรูปแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ใน แก๊สชีวภาพ ซัลเฟตที่เหลือในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ ซัลไฟด์ส่วนที่ละลายในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ โดยปริมาณซัลเฟอร์ที่หายไป จะอยู่ในรูปโลหะซัลไฟด์ซึ่งส่วนใหญ่สะสมในถังหมัก และบางส่วน ล้นออกมากับน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ และสารซัลเฟอร์บางส่วนจะถูกนำไปใช้ในการสร้างเซลล์

ตารางที่ 4.3 สมดุลซัลเฟอร์ที่อัตราการรับสารอินทรีย์ต่าง ๆ

อัตราการรับสารอินทรีย์ (กก.COD ต่อ ลบ.ม. - วัน)	ปริมาณซัลเฟอร์ที่ เข้าสู่ระบบทั้งหมด (มก.ต่อวัน)	ปริมาณซัลเฟอร์ที่ออกจาก ระบบทั้งหมด (มก.ต่อวัน)	ปริมาณซัลเฟอร์ในรูปโลหะ ซัลไฟด์และในเซลล์ แบคทีเรีย (%)
5.16	2046.10	1340.34	34
7.00	2702.33	1852.00	31
9.34	4005.87	2946.33	26
11.31	4998.03	4937.59	1.20
15.03	6364.80	6498.88	-0.02
18.31	7076.22	5567.61	21
21.20	9381.20	8286.34	12
26.83	11391.80	8462.18	26
33.83	14216.53	9432.78	34



จากตารางที่ 4.3 จะเห็นว่าปริมาณซิลเฟอรที่คำนวณอยู่ในรูปโลหะซิลไฟด์และถูกดูดซึมโดยเซลล์แบคทีเรีย อยู่ในช่วง 21-34 % ของซิลเฟอรที่เข้าสู่ระบบ ยกเว้นที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 11.31 และ 15.03 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ซึ่งมีค่าต่ำ 1.20 % และ -0.02 % ตามลำดับ ที่ช่วงอัตราการรับสารอินทรีย์ดังกล่าว ได้ทดลองในระยะเวลาอันสั้น คือ 9 และ 14 วัน ดังนั้นระบบหมักยังไม่เข้าสู่สภาวะคงตัวที่แท้จริง จึงทำให้เมื่อคำนวณสมดุลซิลเฟอร ผิดพลาดจากที่อัตราสารอินทรีย์อื่น ๆ อย่างมาก

#### 4.12 สภาวะเหมาะสมของระบบหมัก

สภาวะเหมาะสมในการควบคุมระบบหมักอาจแบ่งได้เป็น 3 กรณีดังนี้

##### 4.12.1 สภาวะเหมาะสำหรับการกำจัด COD

ที่อัตราการรับสารอินทรีย์เหมาะสม 9.34 กก. COD ต่อ ลบ.ม.-วัน มีระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง 7.33 วัน ระบบมีค่าประสิทธิภาพการกำจัด COD สูงสุด 55.3 % โดยที่สภาวะเหมาะสมนี้ ระบบสามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้ 12058 มล. ต่อวัน คิดเป็นประสิทธิภาพการผลิตแก๊สชีวภาพ 0.12 ลบ. ม. ต่อ กก. COD ที่ถูกกำจัด หรือเท่ากับ 0.07 ลบ.ม. ต่อ กก. COD ที่เข้าสู่ระบบ หรือเท่ากับ 0.63 ลบ.ม.-วัน ต่อ ลบ.ม. ถังหมัก มีปริมาณแก๊สมีเทน 47.5 % หรือเท่ากับ 5762 มล.ต่อวัน คิดเป็นประสิทธิภาพการผลิตแก๊สมีเทน 0.06 ลบ. ม.ต่อ กก.COD ที่ถูกกำจัด หรือเท่ากับ 0.03 ลบ.ม. ต่อ กก.COD ที่เข้าสู่ระบบ หรือเท่ากับ 0.30 ลบ.ม.-วัน ต่อ ลบ.ม. ถังหมัก

##### 4.12.2 สภาวะเหมาะสำหรับการกำจัดสารซิลเฟต

ที่อัตราการรับสารอินทรีย์เหมาะสม 11.31 กก. COD ต่อ ลบ.ม.-วัน มีระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง 5.99 วัน ระบบมีค่าประสิทธิภาพการกำจัดสารซิลเฟตสูงสุด 99.0 % โดยที่สภาวะเหมาะสมนี้ ระบบสามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้ 13526 มล. ต่อวัน คิดเป็นประสิทธิภาพการผลิตแก๊สชีวภาพ 0.13 ลบ. ม. ต่อ กก. COD ที่ถูกกำจัด หรือเท่ากับ 0.06 ลบ.ม. ต่อ กก. COD ที่เข้าสู่ระบบ หรือเท่ากับ 0.71 ลบ.ม.-วัน ต่อ ลบ.ม. ถังหมัก มีปริมาณแก๊สมีเทน 45.7 % หรือเท่ากับ 6218 มล.ต่อวัน คิดเป็นประสิทธิภาพการผลิตแก๊สมีเทน 0.06 ลบ. ม.ต่อ กก.COD

ที่ถูกกำจัด หรือเท่ากับ 0.03 ลบ.ม. ต่อ กก. COD ที่เข้าสู่ระบบ หรือเท่ากับ 0.33 ลบ.ม.-วัน ต่อ ลบ.ม. ถึงหมัก

#### 4.12.3 สภาวะเหมาะสำหรับการผลิตแก๊สชีวภาพ

ที่อัตราการรับสารอินทรีย์เหมาะสม 21.20 กก. COD ต่อ ลบ.ม.-วัน มีระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง 3.81 วัน ปริมาณแก๊สชีวภาพสูงสุดที่ระบบผลิตได้มีค่าเท่ากับ 22164 มล. ต่อวัน คิดเป็นประสิทธิภาพการผลิตแก๊สชีวภาพสูงสุด 1.17 ลบ. ม.-วัน ต่อ ลบ.ม. ถึงหมัก



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย