

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

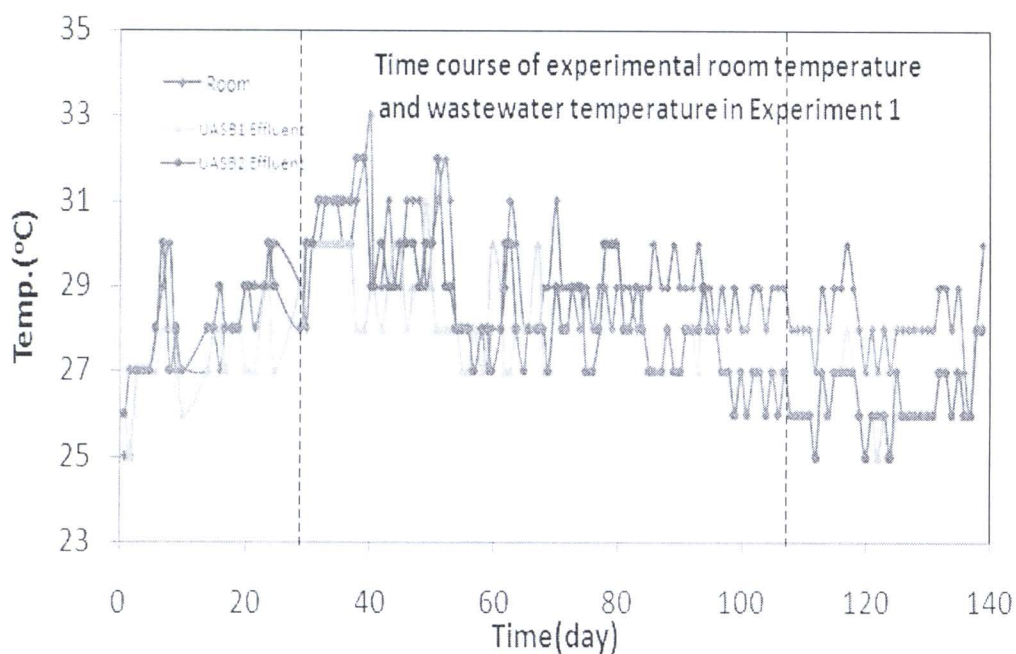
ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ทำการทดลองบำบัดน้ำเสีย จากโรงกลั่นเอทานอล โดย ระบบ ยูเอเอสบี 2 เฟส 2 แสดง ในสภาวะที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิของระบบ และไม่มีการปรับสภาพค่าตลอดการทดลอง โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ช่วงการทดลอง คือ ช่วงที่ 1 เพื่อต้องการหาประสิทธิภาพระบบยูเอเอสบี 2 เฟส 2 แสดง โดยที่ในถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี1 และ ถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี2 มีความเข้มข้นเชื้อตะกอนจุลินทรีย์เริ่มต้น 15 กก. VSS/ลบ.ม ซึ่งต้องเติมเชื้อตะกอนจุลินทรีย์ลงในถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี1 และ ถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี2 ในจำนวน 3 ลิตร เท่ากัน ช่วงที่ 2 เพื่อหาภาระบรรทุกอินทรีย์สูงสุดโดยในถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี1 และ ถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี2 มีความเข้มข้นเชื้อตะกอนจุลินทรีย์เริ่มต้น 25 กก. VSS/ลบ.ม ซึ่งต้องเติมเชื้อตะกอนจุลินทรีย์ลงในถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี1 และ ถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี2 ในจำนวน 4.5 ลิตร เท่ากัน

1. ผลการทดลอง ช่วงที่ 1

1.1 อุณหภูมิในการทดลองช่วงที่ 1

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิของระบบตลอดการทดลอง โดยอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อม ในการศึกษานี้เริ่มต้นเดินระบบจากค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบที่กำหนดไว้ที่ 5,000 มก./ลิตร จากนั้นทำการเพิ่มค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเป็น 10,000 มก./ลิตร และ 20,000 มก./ลิตร ตามลำดับโดยควบคุมอัตราการป้อนน้ำเสียคงที่ 4.6 ลิตร/วัน เนื่องจากใช้น้ำเสียจริงจึงเจอจากค่าน้ำประปาจึงทำให้ค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบไม่คงที่ โดยจากผลการทดลองได้ค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 6,670 มก./ลิตร ในระยะเวลา 29 วันแรก โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ย 27.9°C จากนั้นมีค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเฉลี่ย 11,650 มก./ลิตร ในระยะเวลา 73 วันต่อมา โดยอุณหภูมิเฉลี่ย 29.3°C และค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเฉลี่ย 17,000 มก./ลิตร ในระยะเวลา 37 วันสุดท้าย โดยอุณหภูมิเฉลี่ยมีค่า 28.2°C รวมระยะเวลาในการทดลองทั้งสิ้น 139 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4-1, 4-2 และ 4-3

จากภาพที่ 4-1 จะเห็นได้ว่า ในการทดลองนี้ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ อุณหภูมิตลอดการทดลองจึงไม่คงที่ โดยที่ค่าอุณหภูมิสูงสุดของการทดลองอยู่ในวันที่ 39 ที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ 10,000 มก./ลิตร มีอุณหภูมิ 33°C และมีค่าต่ำสุดของการทดลองอยู่ในวันที่ 124 ที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ 20,000 มก./ลิตร มีอุณหภูมิ 25 °C ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดการทดลองมีค่า 29 °C การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิส่งผลกระทบต่อการทำงานของกลุ่มแบคทีเรียผลิตก๊าซมีเทน ทำให้ในการทดลองเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทดลองอย่างรวดเร็ว จะทำให้อัตราการเกิดก๊าซมีเทนลดลง ประมาณร้อยละ 20-40 การที่อุณหภูมิจะส่งผลกระทบต่อระบบบำบัดยูเอเอสบีต้องมีการเปลี่ยนแปลง ประมาณ 10 °C โดยที่ ในอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 25 °C จึงทำให้กลุ่มแบคทีเรียผลิตก๊าซมีเทนมีอัตราการผลิตก๊าซลดลงร้อยละ 50 (Speece, 1996)



ภาพที่ 4-1 ความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ กับ เวลา ในการทดลองช่วงที่ 1

ตารางที่ 4-1 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของระบบที่ความเข้มข้นชีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ 5,000 มก./ลิตร ในการทดลองช่วงที่ 1

	Influent	Acidification Tank Effluent	UASB1 Effluent	UASB2 Effluent
pH	4.48(0.14)	4.53(0.19)	7.10(0.47)	7.70(0.24)
COD (mg/l)	6,670(996)	5,660(1,480)	2,790(1,110)	1,400(411)
OLR (kgCOD/m ³ .d)		5.7(0.81)	3.1(0.75)	1.6(0.58)
COD removal (%) (based on influent COD)		19(14)	39(14)	22(9)
VFA(mg/l as acetic acid)	713(97)	875(117)	556(279)	167(68)
Alkalinity (mg/l as CaCO ₃)	133(29)	150(17)	644(63)	650(58)
VFA/Alkalinity	5.8 (1.28)	5.6(0.7)	0.49(0.05)	0.27(0.19)
SS(mg/l)	1,250(1,130)	945(553)	665(591)	520(322)
VSS(mg/l)	865(823)	735(367)	530(504)	450(289)
VSS/SS	0.83(0.50)	0.81(0.10)	0.77(0.06)	0.88(0.12)

*หมายเหตุ ค่าที่แสดงใน() คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน Standard Deviation



ตารางที่ 4-2 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของระบบที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ 10,000 มก./ลิตรในการทดลองช่วงที่ 1

	Influent	Acidification Tank Effluent	UASB1 Effluent	UASB2 Effluent
pH	4.80(0.32)	4.90(0.09)	7.31(0.28)	7.82(0.22)
COD (mg/l)	11,650(1,530)	10,650(1,400)	5,280(1,030)	3,170(645)
OLR (kgCOD/m ³ .d)		9.16(1.22)	2.97(0.58)	1.81(0.35)
COD removal (%) (based on influent COD)		8 (11)	51(5)	30(18)
VFA(mg/l as acetic acid)	2,490(708)	3,010(657)	1,300(425)	417(53)
Alkalinity (mg/l as CaCO ₃)	52(184)	627(228)	983(90)	1,080(75)
VFA/Alkalinity	5.29 (2.14)	4.72(1.04)	1.30(0.34)	0.39(0.06)
SS(mg/l)	1,330(393)	1,130(449)	828(288)	729(327)
VSS(mg/l)	1,110(495)	892(425)	713(374)	327(483)
VSS/SS	0.82(0.16)	0.78(0.15)	0.88(0.53)	0.83(0.24)

*หมายเหตุ ค่าที่แสดงใน() คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน Standard Deviation

ตารางที่ 4-3 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของระบบที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ 20,000 มก./ลิตรในการทดลองช่วงที่ 1

	Influent	Acidification Tank Effluent	UASB1 Effluent	UASB2 Effluent
pH	4.54(0.06)	4.96(0.05)	7.66(0.31)	8.16(0.26)
COD (mg/l)	17,000(2,050)	16,900(1,750)	6,830(743)	3,070(574)
OLR (kgCOD/m ³ .d)		15.2(2)	9.6(1.36)	3.7(0.76)
COD removal (%) (based on influent COD)		5 (4)	59(7)	18(4)
BOD (mg/l)	8,100(422)	8,760(997)	1,850(872)	378(78)
BOD removal (%)		1(0.4)	82(8)	9(5)
VFA(mg/l as acetic acid)	3,350(208)	5,070(546)	1,440(347)	539(97)
Alkalinity (mg/l as CaCO ₃)	369(60)	1,055(84)	1,610(127)	1,380(264)
VFA/Alkalinity	9.30 (1.75)	4.80(0.23)	0.89(0.18)	0.40(0.07)
SS(mg/l)	2,070(1,280)	1,270(605)	697(352)	414(284)
VSS(mg/l)	1,790(1,122)	900(459)	595(274)	376(215)
VSS/SS	0.96(0.12)	0.93(0.13)	0.87(0.14)	0.85(0.21)

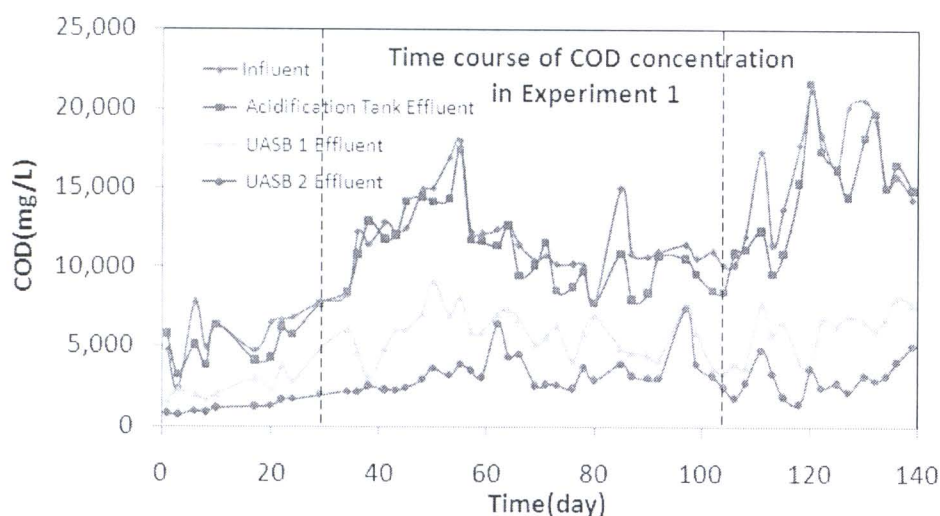
* หมายเหตุ ค่าที่แสดงใน () คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน Standard Deviation

1.2 ประสิทธิภาพของระบบในการทดลองช่วงที่ 1

1.2.1 ความเข้มข้นชีโอดีน้ำเสียเข้าระบบและการบรรทุกอินทรีย์ในการทดลองช่วงที่ 1

เริ่มต้นเดินระบบ โดยควบคุมอัตราการป้อนน้ำเสียที่ 0.192 ลิตร/ชม. เท่ากันทุกๆถึงปฏิกรณ์ ในการทดลองเริ่มต้นเดินระบบกำหนดความเข้มข้นชีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเริ่มต้น 5,000 มก./ลิตร โดยผลการทดลองน้ำเสียจริงที่นำมาเจือจางและป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบมีความเข้มข้นชีโอดีเฉลี่ย 6,670 มก./ลิตร การบรรทุกอินทรีย์ของถังหมักกรด และถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และ2 มีค่าเฉลี่ย 5.7, 3.1 และ 1.6 กก.ชีโอดี/ลบ.ม.-ถึงปฏิกรณ์/วัน ตามลำดับ ระบบเข้าสู่สภาวะคงที่หลังจากเริ่มต้นเดินระบบเป็นเวลา 14 วัน จากนั้นทำการเดินระบบต่อเนื่องที่สภาวะเดียวกันนี้รวมระยะเวลา 29 วัน เปลี่ยนความเข้มข้นชีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเป็น 10,000 มก./ลิตร โดยน้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบได้จริงมีความเข้มข้นชีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 11,650 มก./ลิตร การบรรทุกอินทรีย์ของถังหมักกรด และถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และ2 มีค่าเฉลี่ย 9.2, 3.0 และ 1.8 กก.ชีโอดี/ลบ.ม.-ถึงปฏิกรณ์/วัน ตามลำดับ จากนั้นทำการเดินระบบต่อเนื่องที่สภาวะเดียวกันนี้รวมระยะเวลา 112 วัน และเปลี่ยนความเข้มข้นชีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเป็น 20,000 มก./ลิตร โดยน้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบได้จริงมีความเข้มข้นชีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 17,000 มก./ลิตร การบรรทุกอินทรีย์ของถังหมักกรด และถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และ2 มีค่าเฉลี่ย 15.2, 9.6 และ 3.7 กก.ชีโอดี/ลบ.ม.-ถึงปฏิกรณ์/วัน ตามลำดับ จากนั้นทำการเดินระบบต่อเนื่องที่สภาวะเดียวกันนี้รวมระยะเวลา 139 วัน ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพระบบที่สภาวะคงที่ ดังแสดงในตารางที่ 4-1, 4-2 และ 4-3

ภาพที่ 4-2 แสดงค่าความเข้มข้นชีโอดีน้ำเสียแต่ละจุดของระบบ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าชีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ และน้ำเสียออกจากถังหมักกรด มีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากในถังหมักกรดไม่มีการเติมเชื้อตะกอนจุลินทรีย์ ถังหมักกรดจะเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นกรดไขมันระเหยง่าย ไม่มีการเป็นเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นมีเทน ทำให้ค่าชีโอดีไม่ลดลง เมื่อเทียบกับ ถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และ ถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 ที่มีการย่อยสลายสารอินทรีย์ไปเป็นก๊าซมีเทน ทำให้ค่าความเข้มข้นชีโอดีน้ำเสียลดลง



ภาพที่ 4-2 ความสัมพันธ์ระหว่าง ชีโอดี กับ เวลา ในการทดลองช่วงที่ 1

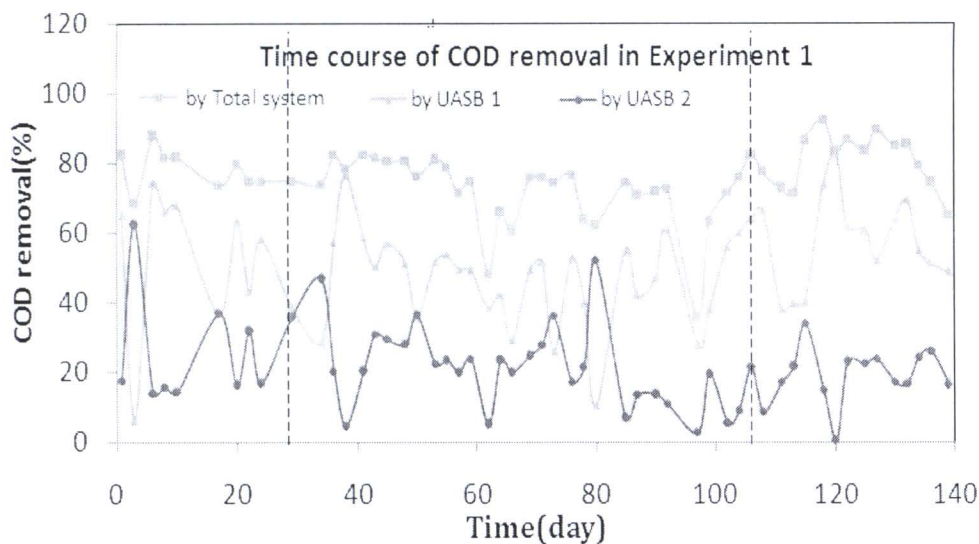
1.2.2 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีทั้งหมดในการทดลองช่วงที่ 1

ค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 6,670 มก./ลิตร ค่าซีโอดีน้ำเสียออกจากถังหมักกรด ถึงปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และ ถึงปฏิกรณ์ยูเอสบี2 มีค่าเฉลี่ย 5,660, 2,790 และ 1,400 มก./ลิตร ตามลำดับ เมื่อคำนวณค่าร้อยละการกำจัดซีโอดีได้ดังสมการ 4-1 จะได้ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในแต่ละชุดถึงปฏิกรณ์คิดเป็นร้อยละ 19, 39 และ 22 ตามลำดับ และคิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบโดยรวมมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 80 ที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 11,650 มก./ลิตร ค่าซีโอดีน้ำเสียออก ถังหมักกรด ถึงปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และ ถึงปฏิกรณ์ยูเอสบี2 มีค่าเฉลี่ย 10,650, 5,280 และ 3,170 มก./ลิตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในแต่ละชุดถึงปฏิกรณ์คิดเป็นร้อยละ 8, 51 และ 30 ตามลำดับ และคิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบโดยรวมมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 89 ที่ค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 17,000 มก./ลิตร ค่าซีโอดีน้ำเสียออกจากถังหมักกรด ถึงปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และ ถึงปฏิกรณ์ยูเอสบี2 มีค่าเฉลี่ย 16,900, 6,830 และ 3,070 มก./ลิตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในแต่ละชุดถึงปฏิกรณ์คิดเป็นร้อยละ 5, 59 และ 18 ตามลำดับและคิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบโดยรวมมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 82 ดังแสดงค่าในตารางที่ 4-1, 4-2 และ 4-3

ในภาพที่ 4-3 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบ มีค่าไม่คงที่ เนื่องมาจากการเปลี่ยนความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ ทำให้ค่าร้อยละประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีขึ้นลง แต่ในสภาวะที่คงที่ คือความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเป็นไปตามค่าที่กำหนด และอุณหภูมิห้องไม่เปลี่ยนแปลงเกิน 5 °C และผ่านพ้นช่วงเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นน้ำเสียเข้าระบบเกิน 3 รอบ HRT แล้วนั้นพบว่า ระบบยูเอสบี 2 เฟส 2 แสดงมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเฉลี่ยมากกว่าร้อยละ 80 ในทุกความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าที่ทำการทดลอง ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีส่วนใหญ่เกิดขึ้นในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1

COD removal (%) =
$$\frac{(\text{COD}_{\text{in}} - \text{COD}_{\text{out}})}{\text{COD}_{\text{influent}}} \text{-----} \quad (4-1)$$

โดย	COD _{removal}	คือ ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในรูปร้อยละ
	COD _{in}	คือ ความเข้มข้นซีโอดีน้ำก่อนเข้าสู่ชุดถังปฏิกรณ์นั้นๆ
	COD _{out}	คือ ความเข้มข้นซีโอดีน้ำออกจากชุดถังปฏิกรณ์นั้นๆ
	COD _{influent}	คือ ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเริ่มต้น

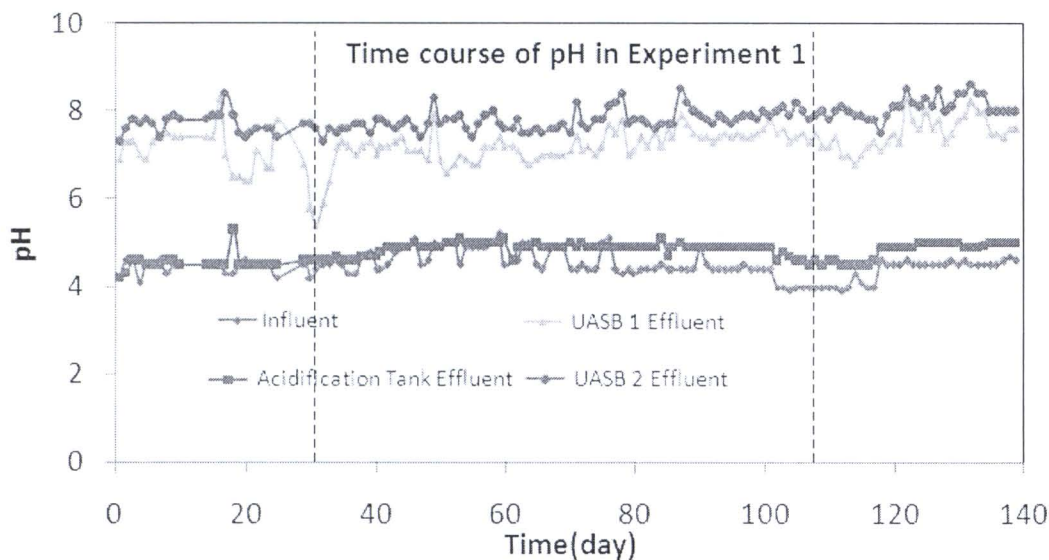


ภาพที่ 4-3 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี กับ เวลา ในการทดลองช่วงที่ 1

1.2.3 พีเอช ในการทดลองช่วงที่ 1

ระบบยูเอสบี 2 เฟส 2 สเตจ ไม่มีการควบคุมพีเอชน้ำเสียเข้าระบบตลอดการทดลอง ค่าพีเอชน้ำเสียเข้าระบบ น้ำเสียออกจากถังหมักกรด ถึงปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และถึงปฏิกรณ์ยูเอสบี2 ที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 6,670 มก./ลิตร มีค่าพีเอชเฉลี่ย 4.48, 4.53, 7.10 และ 7.70 ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 11,650 มก./ลิตร มีค่าพีเอชเฉลี่ย 4.80, 4.90 7.31 และ 7.82 ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 17,000 มก./ลิตร มีค่าพีเอชเฉลี่ย 4.54, 4.96, 7.66 และ 8.16 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4-1, 4-2 และ 4-3

จากภาพที่ 4-4 พีเอชน้ำเสียเข้าระบบมีค่าคงที่ ถึงแม้มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นซีโอดี เนื่องจากคุณสมบัติของน้ำเสียจากค่าพีเอชเฉลี่ยอยู่ที่ 4.4 0.1 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าพีเอชน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ยอยู่ที่ 4.54 0.06 จึงแสดงได้ว่า การเจือจางน้ำเสียด้วยน้ำประปาด้วยปริมาณมากหรือน้อย ไม่ส่งผลกระทบต่อค่าพีเอชน้ำเสียเข้าระบบ การทำงานในถังหมักกรดสามารถทำงานได้ดี เนื่องจากค่าพีเอชในถังหมักกรดมีค่าเฉลี่ย 4.96 โดยที่ถังหมักกรดควรมี พีเอช ในช่วง 4.0 - 6.5 (Speece, 1996) การทำงานในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และ ถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 สามารถทำงานได้ดี เนื่องจากในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และ ถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 มีค่าพีเอชน้ำเสียออกเฉลี่ยอยู่ 7.66 และ 8.16 ตามลำดับ เนื่องจากสภาวะที่ทำงานได้ดีของถังหมักก๊าซมีเทนควรมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 6.5 – 8.2 (Speece, 1996) และตลอดการทดลองระบบยูเอสบี 2 เฟส 2 สเตจ ค่าพีเอชไม่มีการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นหรือลดลงอย่างรวดเร็ว แสดงว่าแบคทีเรียไม่ใช้อากาศในระบบมีความสมดุล

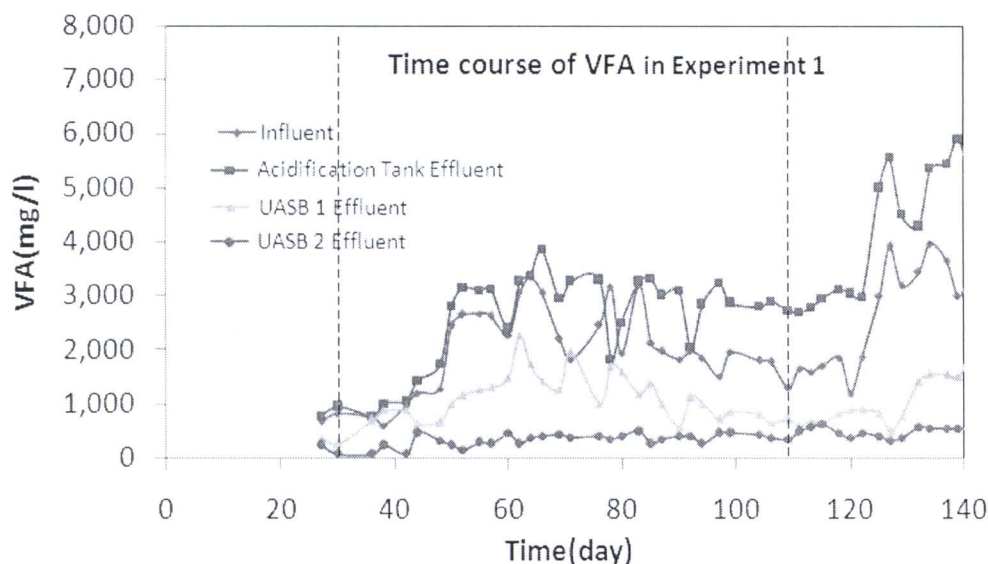


ภาพที่ 4-4 ความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ เวลา ในการทดลองช่วงที่ 1

1.2.4 กรดไขมันระเหยในการทดลองช่วงที่ 1

ค่ากรดไขมันระเหยของน้ำเสียเข้าระบบ น้ำเสียออกจากถังหมักกรด ถึงปฏิกรณ์ยูเอเอสบี1 และถึงปฏิกรณ์ยูเอเอสบี2 ค่าความเข้มข้นซีไอได้น้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 6,670 มก./ลิตร มีค่ากรดไขมันระเหยเฉลี่ย 713, 875, 556 และ 167 มก./ลิตร ในรูปของกรดอะซิติก ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นซีไอได้น้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 11,650 มก./ลิตร มีค่ากรดไขมันระเหยเฉลี่ย 2,490, 3,010, 1,300 และ 417 มก./ลิตร ในรูปของกรดอะซิติก ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นซีไอได้น้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 17,000 มก./ลิตร มีค่ากรดไขมันระเหยเฉลี่ย 3,350, 5,070, 1,440 และ 539 มก./ลิตร ในรูปของกรดอะซิติก ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4-1, 4-2 และ 4-3

จากภาพที่ 4-5 ค่ากรดไขมันระเหยในถังหมักกรดมีค่ามากกว่ากรดไขมันระเหยน้ำเสียเข้าระบบ เนื่องจากในถังหมักกรดเกิดภาวะสร้างกรดไขมันระเหยเมื่อน้ำเสียที่ออกจากถังหมักกรดที่มีค่ากรดไขมันระเหยสูงผ่านถึงปฏิกรณ์ยูเอเอสบี1 ค่ากรดไขมันระเหยลดลง เนื่องมาจากกลุ่มแบคทีเรียที่ผลิตก๊าซมีเทน ในถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี1 ได้เปลี่ยนกรดอะซิติกเป็นก๊าซมีเทน และเมื่อผ่านถึงปฏิกรณ์ยูเอเอสบี2 ค่ากรดไขมันระเหยลดลงอีก เนื่องมาจากกลุ่มแบคทีเรียที่ผลิตก๊าซมีเทน ในถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี2 ได้เปลี่ยนกรดอะซิติก ไปเป็นก๊าซมีเทนเช่นเดียวกับถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี1 ทำให้ค่ากรดไขมันระเหยในถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี2 มีค่าเฉลี่ย 539 มก./ลิตร ซึ่งเป็นค่าที่ไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อระบบ โดยที่ความเป็นพิษต่อระบบของกรดไขมันระเหยที่สามารถยอมรับได้มีค่า ไม่เกิน 6,000 มก./ลิตร ในรูปของกรดอะซิติก (Speece, 1996)

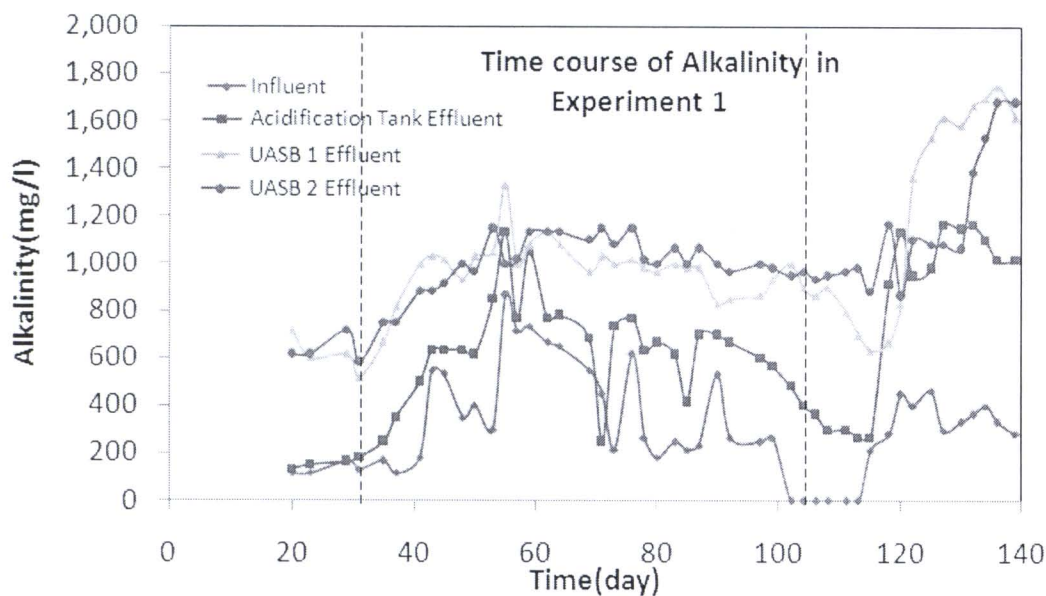


ภาพที่ 4-5 ความสัมพันธ์ระหว่าง กรดไขมันระเหย กับ เวลา ในการทดลองช่วงที่ 1

1.2.5 สภาพค่างทั้งหมดใน การทดลองช่วงที่ 1

สภาพค่างทั้งหมดในน้ำเสียเข้าระบบ น้ำเสียออกจากถังหมักกรด ดังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี1 และดังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี2 ที่ค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 6,670 มก./ลิตร มีค่าสภาพค่างทั้งหมดเฉลี่ย 133, 150, 644 และ 650 มก./ลิตร ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นซีโอดีเข้าระบบเฉลี่ย 11,650 มก./ลิตร มีค่าสภาพค่างทั้งหมดเฉลี่ย 52, 627, 983 และ 1,080 มก./ลิตร ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นซีโอดีเข้าระบบเฉลี่ย 17,000 มก./ลิตร มีค่าสภาพค่างเฉลี่ย 360, 1,055, 1,610 และ 1,380 มก./ลิตร ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ ดังแสดงจากตารางที่ 4-1, 4-2 และ 4-3

จากภาพที่ 4-6 สภาพค่างทั้งหมดในถังน้ำเสียเข้าระบบ และน้ำเสียออกจากถังหมักกรดมีค่าน้อย เนื่องจากสภาพในถังน้ำเสียเข้าระบบและน้ำเสียออกจากถังหมักกรด มีค่าความเป็นกรดสูง ซึ่งสังเกตได้จากค่าพีเอช ที่มีปริมาณพีเอชอยู่ในช่วง 4.4-5.0 และ ค่ากรดไขมันระเหยที่มีปริมาณกรดไขมันระเหยอยู่ในช่วง 3,000 – 5,000 มก./ลิตร ซึ่งแสดงสภาวะไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียผลิตมีเทน แต่ในถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี1 และ ดังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี2 มีสภาพค่างทั้งหมดในปริมาณสูง ซึ่งเป็นตัวบ่งบอกกำลังบัฟเฟอร์ที่ช่วยไม่ให้พีเอชเกิดการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นหรือลดลงอย่างรวดเร็วและมีผลต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียผลิตมีเทน กำลังบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมนั้นขึ้นอยู่กับประเภทและความเข้มข้นของน้ำเสีย ถ้าน้ำเสียมีความเข้มข้นสูงก็จะมีโอกาสที่เกิกลำไยคาร์บอนไดออกไซด์ได้มาก ดังนั้นกำลังบัฟเฟอร์ของระบบจะต้องเพิ่มขึ้น โดยทั่วไประบบบำบัดแบบไร้ออกซิเจนควรมีสภาพค่าง 1,500-2,000 มก./ลิตร ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต (มันสิน ดันทุลเวศม์, 2545)

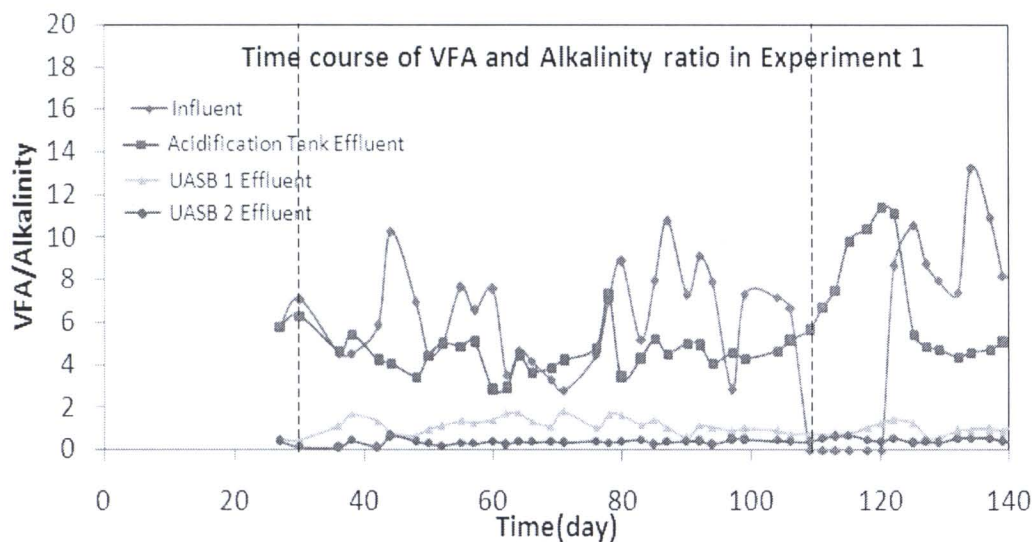


ภาพที่ 4-6 ความสัมพันธ์ระหว่าง สภาพต่าง กับ เวลา ในการทดลองช่วงที่ 1

1.2.6 อัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างทั้งหมด ในการทดลองช่วงที่ 1

อัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างทั้งหมด ในน้ำเสียเข้าระบบ น้ำเสียออกจากถังหมักกรด ถึงปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 ที่มีค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 6,670 มก./ลิตร มีค่าอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างทั้งหมดเฉลี่ย 5.8, 5.6, 0.49 และ 0.27 ตามลำดับ ที่ค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 11,650 มก./ลิตร มีค่าอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างทั้งหมดเฉลี่ย 5.29, 4.7, 1.3 และ 0.39 ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 17,000 มก./ลิตร มีค่าอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างทั้งหมดเฉลี่ย 9.3, 4.8, 0.89 และ 0.4 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4-1, 4-2 และ 4-3

จากภาพที่ 4-7 น้ำเสียเข้าระบบและน้ำเสียออกจากถังหมักกรด จะมีค่าอัตราส่วนกรดไขมันระเหยและสภาพต่างทั้งหมดสูง เนื่องจากไม่มีการเติมสารปรับสภาพต่างในน้ำเสียเข้าระบบ และในถังหมักกรดมีปริมาณค่ากรดไขมันระเหยสูงเนื่องจากทำหน้าที่เปลี่ยนสารอินทรีย์ให้เป็นกรดไขมันระเหย โดยที่ค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ 20,000 มก./ลิตร ในน้ำเสียเข้าระบบ ในถังหมักกรด มีค่าอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างทั้งหมดเฉลี่ย 9.3 และ 4.8 ตามลำดับ แต่ในส่วนถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 มีค่าอัตราส่วนกรดไขมันระเหยและสภาพต่างทั้งหมดเฉลี่ย 0.89 และ 0.4 ตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพของแบคทีเรียไม่ใช้ออกซิเจนในถัง โดยสภาพที่แบคทีเรียไม่ใช้ออกซิเจนสามารถทำงานได้ดีนั้นค่าอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างทั้งหมดควรอยู่ที่ 0.2 ถึง 0.4 (Speece et al., 1995) และถ้าอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างทั้งหมดสูงกว่า 0.8 ระบบจะไม่สามารถรักษาระดับพีเอชให้คงที่ได้ โดยเมื่อมีการเพิ่มของกรดไขมันระเหยเพียงเล็กน้อยจะทำให้พีเอชมีค่าเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและยับยั้งการทำงานของแบคทีเรียไม่ใช้ออกซิเจนที่ทำหน้าที่ผลิตก๊าซมีเทน

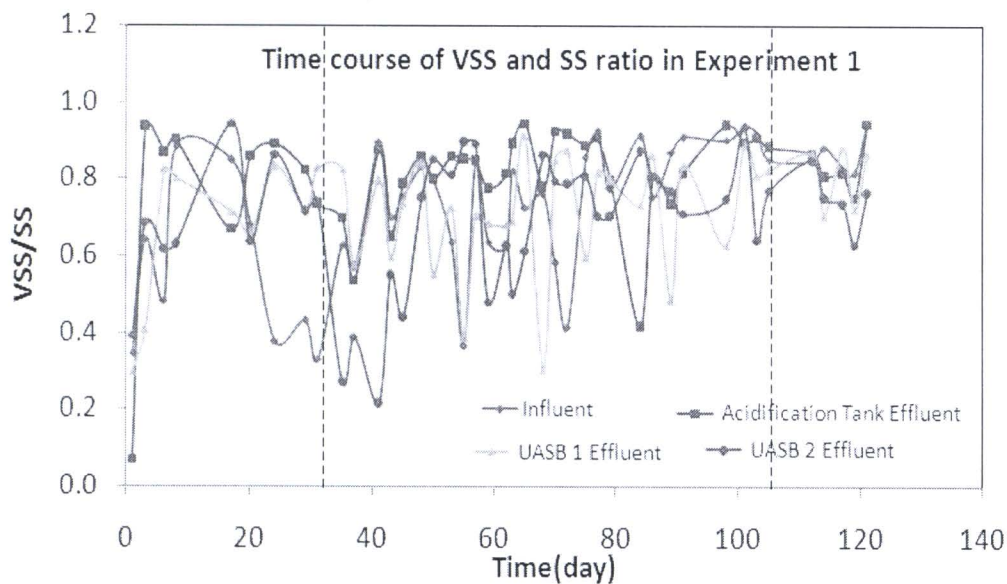


ภาพที่ 4-7 ความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนกรดไขมันระเหยง่ายและสภาพด่างทั้งหมด กับ เวลา ในการทดลองช่วงที่ 1

1.2.7 อัตราส่วนค่าตะกอนแขวนลอยกับค่าตะกอนแขวนลอยระเหย ในการทดลองช่วงที่ 1

อัตราส่วนค่าตะกอนแขวนลอยกับค่าตะกอนแขวนลอยระเหยในน้ำเสียเข้าระบบ น้ำเสียออกจากถังหมักกรด ถึงปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และถึงปฏิกรณ์ยูเอสบี2 ที่มีค่าความเข้มข้นซีโอดีเข้าระบบเฉลี่ย 6,670 มก./ลิตร มีค่าอัตราส่วนค่าตะกอนแขวนลอยกับค่าตะกอนแขวนลอยระเหยเฉลี่ย 0.83, 0.81, 0.77 และ 0.88 ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นซีโอดีเข้าระบบเฉลี่ย 11,650 มก./ลิตร มีค่าอัตราส่วนค่าตะกอนแขวนลอยกับค่าตะกอนแขวนลอยระเหยเฉลี่ย 0.82, 0.78, 0.88 และ 0.83 ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นซีโอดีเข้าระบบเฉลี่ย 17,000 มก./ลิตร มีค่าอัตราส่วนค่าตะกอนแขวนลอยกับค่าตะกอนแขวนลอยระเหยเฉลี่ย 0.96, 0.93, 0.87 และ 0.85 ตามลำดับ ดังแสดงจากตารางที่ 4-1, 4-2 และ 4-3

จากภาพที่ 4-8 มีค่าอัตราส่วนตะกอนแขวนลอยต่อตะกอนแขวนลอยระเหยในน้ำเสียมีค่าอัตราส่วนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.8- 0.9 ซึ่งแสดงว่า ตะกอนแขวนลอยในน้ำเสีย มีค่าสารอินทรีย์ในปริมาณน้อย ส่วนใหญ่จะเป็นสารอินทรีย์ ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนอัตราส่วนตะกอนแขวนลอยกับตะกอนแขวนลอยระเหยในระบบควรมีค่ามากกว่า 0.8 จะทำให้ไม่เกิดการตกตะกอนของสารอินทรีย์ในระบบ

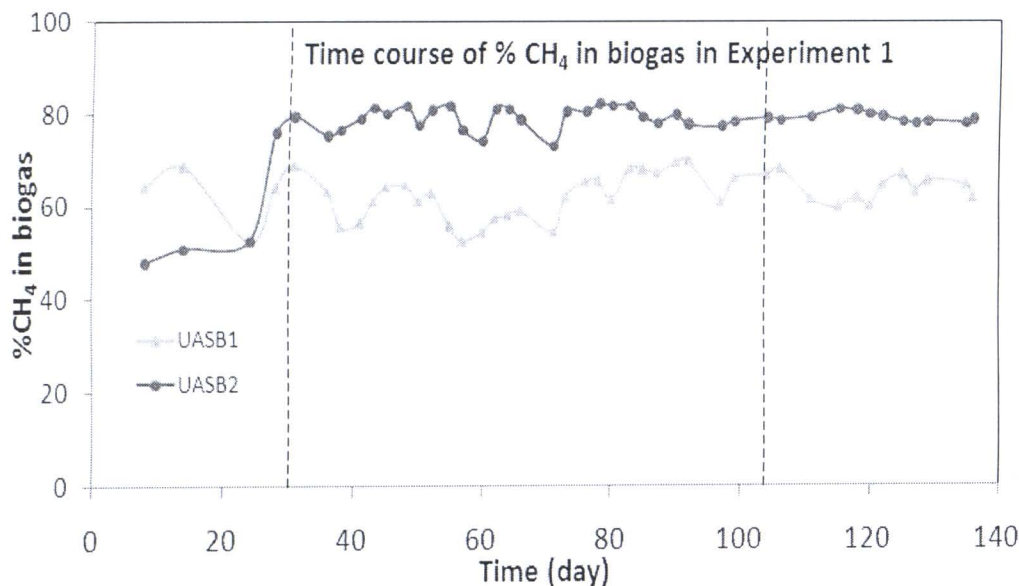


ภาพที่ 4-8 ความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนตะกอนแขวนลอยและตะกอนแขวนลอยระเหย กับ เวลา ในการทดลองช่วงที่ 1

1.2.8 ร้อยละก๊าซมีเทนในการทดลองช่วงที่ 1

ค่าร้อยละก๊าซมีเทน น้ำเสียออกจากถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี1 และถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี2 ค่าความเข้มข้นชีโอคีนน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 6,670 มก./ลิตร มีค่าร้อยละก๊าซมีเทนเฉลี่ย 64 และ 64 ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นชีโอคีนน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 11,650 มก./ลิตร มีค่าร้อยละก๊าซมีเทนเฉลี่ย 62 และ 79 ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นชีโอคีนน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 17,000 มก./ลิตร มีค่าร้อยละก๊าซมีเทนเฉลี่ย 64 และ 71 ตามลำดับ ดังแสดงจากตารางที่ 4-1, 4-2 และ 4-3

จากภาพที่ 4.9 แสดงว่า ถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี1 มีค่าร้อยละก๊าซมีเทนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 62-64 ถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี2 มีค่าร้อยละก๊าซมีเทนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 64-79 ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับน้ำเสียจากโรงกลั่นเอทานอลที่ใช้กากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบซึ่งมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบทางชีวเคมีหลัก (Speece, 1996)



ภาพที่ 4-9 ความสัมพันธ์ระหว่าง ร้อยละมีเทน กับ เวลา ในการทดลองช่วงที่ 1

1.3 ปริมาณเชื้อตะกอนในระบบ ในการทดลองช่วงที่ 1

การทดลองระบบยูเอสบี 2 เฟส 2 แสดง ได้มีการเติมเชื้อตะกอนแขวนลอย (MLSS) 52,100 มก./ลิตร ลงในถังปฏิกรณ์ยูเอสบีในปริมาตร 3 ลิตร คิดเป็นปริมาณเชื้อตะกอนเริ่มต้น 156 กรัม/ถังปฏิกรณ์ ทำให้มีความเข้มข้นเชื้อตะกอนจุลินทรีย์เริ่มต้น 15 กก. VSS/ลบ.ม ทั้งในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และ ถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 เท่ากันทุกถังปฏิกรณ์ ทำการเดินระบบด้วยความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 6,670, 11,650 และ 17,000 มก./ลิตร มีค่าตะกอนแขวนลอยน้ำเสียเข้าระบบมีค่าตะกอนแขวนลอยเฉลี่ย 1,250 , 1,330 และ 2,070มก./ลิตร ตามลำดับ ค่าตะกอนแขวนลอยออกจากระบบจากถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 เฉลี่ย 520, 729, 414 มก./ลิตร ตามลำดับ โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 17,000 มก./ลิตร ได้ทำการหาปริมาณเชื้อตะกอนที่ตกค้างในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี 1 ซึ่งมีปริมาตร 1.4 ลิตร และ ถังปฏิกรณ์ยูเอสบี 2 ซึ่งมีปริมาตร 1.2 ลิตร โดยมีความเข้มข้นเชื้อตะกอนในรูปMLSSพบว่ามีค่าเป็น 29,400 และ 21,200 มก./ลิตร คิดเป็นปริมาณเชื้อตะกอนที่คงเหลือในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 เป็นปริมาณ 41.2 กรัม/ถังปฏิกรณ์ และ ถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 เป็นปริมาณ 25.4 กรัม/ถังปฏิกรณ์ คิดเป็นปริมาณตะกอนคงเหลือในถังปฏิกรณ์เพียง 1 ใน 4 ส่วน และ 1 ใน 6 ส่วน ตามลำดับ จึงพิจารณาหยุดการทดลองช่วงที่ 1 และทำการทดลองในช่วงการทดลองที่ 2 โดยเพิ่มปริมาณเชื้อตะกอนตั้งต้นในระบบซึ่งคาดว่าจะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีและการผลิตก๊าซชีวภาพเพิ่มขึ้น

1.4 สมดุลย์มวลสารในรูปซีโอดี (COD balance) ใน การทดลองช่วงที่ 1

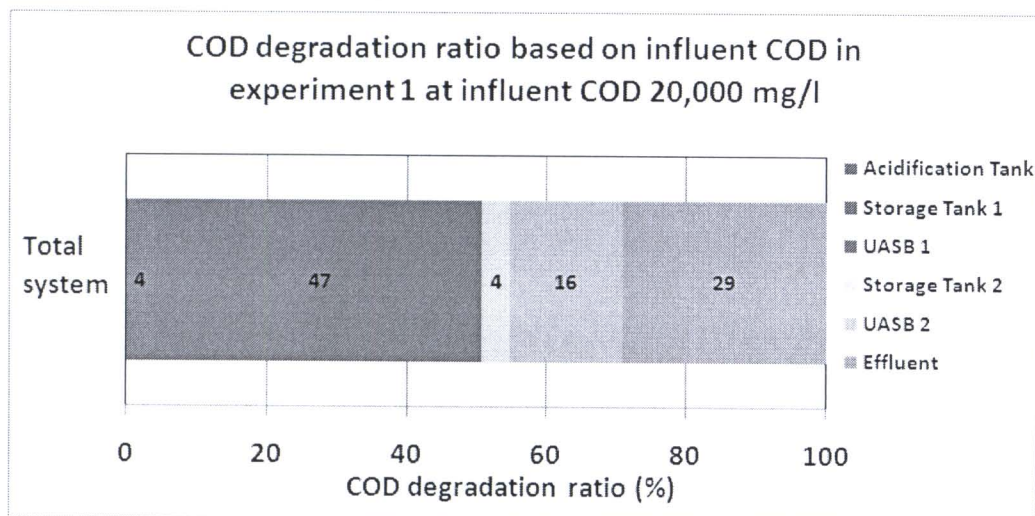
การตรวจความเข้มข้นซีโอดีทั้งระบบในการทดลองครั้งนี้ จะทำการตรวจสอบความเข้มข้นซีโอดีที่ซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ(Influent COD) , ซีโอดีถังหมักกรด(Acid Tank COD) , ซีโอดีในถังพักน้ำ 1 (Storage Tank 1 COD) , ซีโอดีถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 (UASB 1 COD) , ซีโอดีถังพักน้ำ 2 (Storage Tank 2 COD) , ซีโอดีถัง

ปฏิกรณ์ยูเอสบี2 (UASB 2 COD) และ ซีโอดีน้ำออกจากระบบ(Effluent COD) เพื่อหาอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ในแต่ละขั้นตอนของระบบ รวมถึงประสิทธิภาพการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายในถังยูเอสบีแต่ละถังไปเป็นพลังงานก๊าซมีเทน ทั้งนี้ทำการตรวจสอบที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบที่ 20,000 มก./ลิตร ซึ่งจากผลการเก็บตัวอย่างมากกว่า 5 ครั้ง ได้ค่าเฉลี่ยในแต่ละจุดดังสรุปในตารางที่ 4-4 จากความเข้มข้นซีโอดีเฉลี่ยในน้ำเสียเข้าระบบ 14,256 มก./ลิตร พบว่าเมื่อผ่านถังหมักกรดค่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีน้ำเสียเพิ่มขึ้นร้อยละ 4 จากความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบ ต่อมาในถังพักน้ำเสีย 1 มีการลดลงของค่าความเข้มข้นซีโอดีโดยการย่อยสลายสารอินทรีย์ในถังพักน้ำเสีย 1 สามารถย่อยสลายความเข้มข้นซีโอดีลดลง 576 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีร้อยละ 4 ของความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ แต่มีความเข้มข้นซีโอดีเท่ากับน้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบคือ 14,256 มก./ล. การย่อยสลายส่วนใหญ่เห็นได้ว่าเกิดขึ้นในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 ซึ่งมีการย่อยสลายซีโอดีลดลง 6,624 มก./ลิตร คิดประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเป็นร้อยละ 47 ของความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ การย่อยสลายสารอินทรีย์ในถังพักน้ำเสีย 2 สามารถย่อยความเข้มข้นสลายซีโอดีลดลง 288 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีร้อยละ 4 ของความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ การย่อยสลายในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 สามารถย่อยสลายความเข้มข้นซีโอดีลดลง 2,304 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีร้อยละ 16 ของความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ

ตารางที่ 4-4 ความเข้มข้นซีโอดีและร้อยละการกำจัดซีโอดี ที่ความเข้มข้นซีโอดี 20,000 มก./ลิตร ในการทดลองช่วงที่ 1

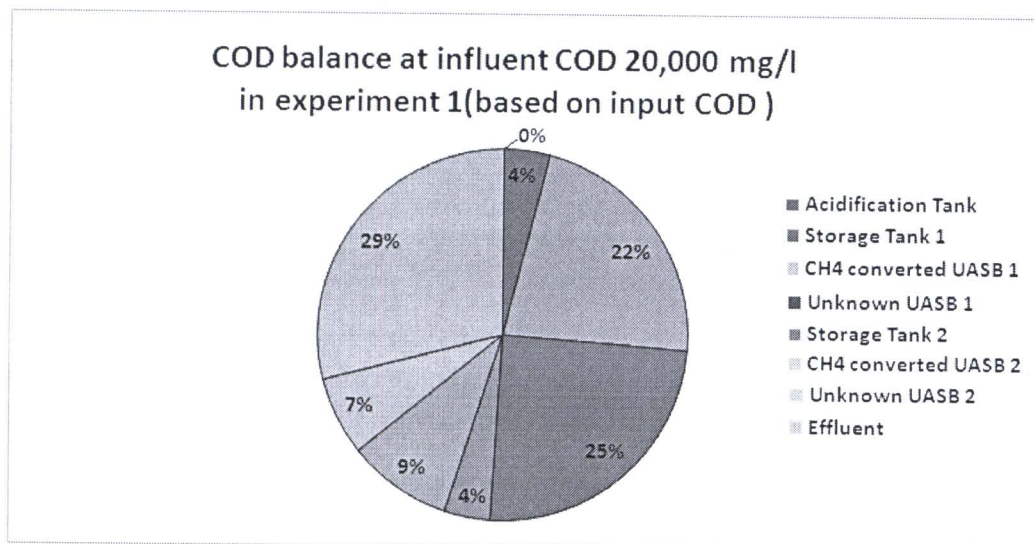
Influent COD (mg/l)	Acid Tank Effluent		Storage Tank 1 Effluent		UASB 1 Effluent		Storage Tank 2 Effluent		UASB 2 Effluent	
	COD (mg/l)	Removal (%)	COD (mg/l)	Removal (%)	COD (mg/l)	Removal (%)	COD (mg/l)	Removal (%)	COD (mg/l)	Removal (%)
14,256	14,832	-4	14,256	4	7,632	47	7,344	4	5,040	16

จากตารางที่ 4-4 ความเข้มข้นซีโอดีในถังหมักกรดมีค่ามากกว่าถังน้ำเสียเข้าระบบ เนื่องมาจากการนำพาสารอินทรีย์ที่คงค้างในถังหมักกรดออกมาด้วย และการย่อยสลายสารอินทรีย์ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 ถึงร้อยละ 47 เนื่องจากในถังยูเอสบี 1 มีสภาวะสมดุลพีเอชที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ แต่การย่อยสลายสารอินทรีย์ในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 ย่อยสลายได้น้อยกว่า ถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 เนื่องจากสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายง่าย ย่อยสลายไปในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 แล้ว ทำให้การย่อยสลายในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 จึงเกิดในปริมาณน้อย เพียงร้อยละ 16 โดยที่การย่อยสลายสารอินทรีย์ของแต่ละขั้นตอนในระบบจะ ดังแสดงในภาพที่ 4-10



ภาพที่ 4-10 อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์แต่ละขั้นตอน ในการทดลองช่วงที่ 1

การย่อยสลายสารอินทรีย์ไปเป็นก๊าซมีเทน ในกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกาศ เชื้อตะกอนจุลินทรีย์สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์เกิดเป็นก๊าซมีเทนได้ ร้อยละ 90 และจะใช้ในกระบวนการเจริญเติบโต ร้อยละ 10 (Speece, 1996) ดังนั้นจึงทำการตรวจสอบการย่อยสลายสารอินทรีย์ ในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 ที่มีร้อยละกำจัดชีโอดี 47 ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่เปลี่ยนเป็นก๊าซมีเทน คิดเป็นร้อยละ 22 และส่วนที่ไม่สามารถสรุปได้ อาจจะเนื่องมาจากเครื่องเก็บก๊าซมีเทน ยังไม่ได้คุณภาพที่ดีพอ ไม่สามารถเก็บก๊าซมีเทนได้หมด คิดเป็นร้อยละ 25 การย่อยสลายสารอินทรีย์ ในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 ที่มีร้อยละกำจัดชีโอดี 16 ซึ่งเป็นชีโอดีที่ถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซมีเทน คิดเป็นร้อยละ 9 และส่วนที่ไม่สามารถสรุปได้ โดยส่วนที่ไม่สามารถสรุปได้ใน ถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 อาจเกิดจากความบกพร่องของอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาตรก๊าซหรืออาจจะเกิดจากสารยับยั้งแบคทีเรียที่ผลิตก๊าซมีเทน เนื่องจาก แบคทีเรียที่ผลิตก๊าซมีเทนสามารถทนพิษซัลเฟต (SO_4^{2-}) ได้มากสุดในระดับซัลเฟต 200 มก./ลิตร แต่ในน้ำเสียที่มีความเข้มข้นชีโอดีเข้าระบบเฉลี่ย 20,000 มก./ลิตร มีค่าซัลเฟตในน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 1,178 มก./ลิตร แต่ในการทดลองนี้ค่าซัลเฟตสูงกว่าระดับซัลเฟตที่สามารถทนได้ในระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกาศ ทำให้กลุ่มแบคทีเรียซัลเฟตทำงานได้ดี (Sulfate-Reduction Bacteria (SRB)) แบคทีเรียชนิดนี้จะทำปฏิกิริยากับซัลไฟด์ (Sulfide) ที่มีอยู่ในน้ำ ทำให้เกิดเป็นกรดไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen Sulfide; H_2S) ประกอบกับพีเอชในเครื่องต่ำ เนื่องจากการไม่มีการปรับสภาพค่า ทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์เกิดขึ้น แต่ไม่ได้เกิดเป็นก๊าซมีเทน ดังแสดงในภาพที่ 4-11



ภาพที่ 4-11 สมดุลยมูลสารในรูปซีโอดีที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ 20,000 มก./ลิตร
ในการทดลองช่วงที่ 1

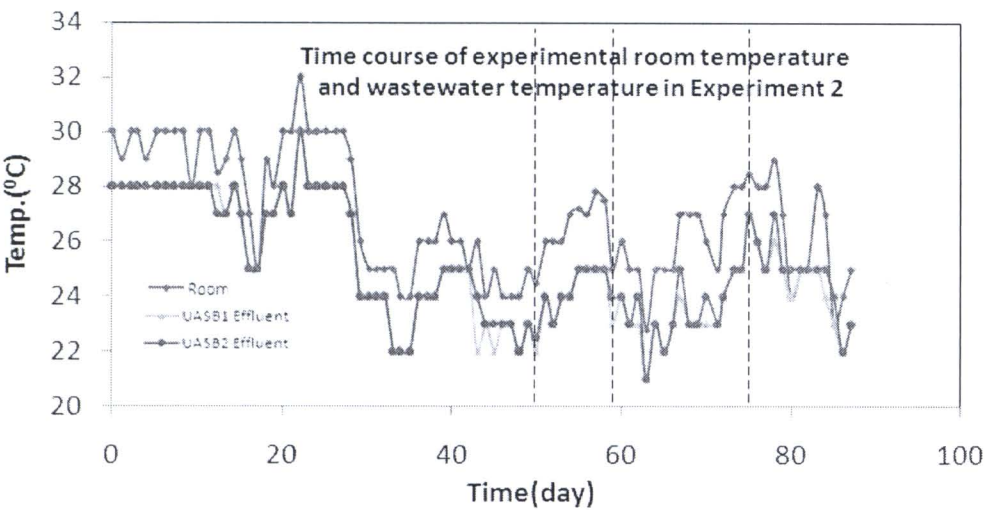
2. ผลการทดลองช่วงที่ 2

2.1 อุณหภูมิในการทดลองช่วงที่ 2

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิตลอดการทดลอง โดยอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อม ในการศึกษาครั้งนี้เริ่มต้นเดินระบบจากค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบที่กำหนดไว้ที่ 5,000 มก./ลิตร จากนั้นทำการเพิ่มค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเป็น 10,000 มก./ลิตร 20,000 มก./ลิตร และ 40,000 มก./ลิตร ตามลำดับโดยควบคุมอัตราการป้อนน้ำเสียคงที่ที่ 4.6 ลิตร/วัน เนื่องจากใช้น้ำเสียจริงจึงเจือจางด้วยน้ำประปาจึงทำให้ค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบไม่คงที่ โดยจากผลการทดลองได้ค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 5,156 มก./ลิตร ในระยะเวลา 49 วันแรก โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ย 27.6°C จากนั้นมีค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเข้าเฉลี่ย 10,309 มก./ลิตร ในระยะเวลา 9 วันต่อมา โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ย 26.6°C จากนั้นมีค่าความเข้มข้นซีโอดีเฉลี่ย 20,550 มก./ลิตร ในระยะเวลา 17 วัน โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยมีค่า 26.0°C และค่าความเข้มข้นซีโอดีเฉลี่ย 45,430 มก./ลิตร ในระยะเวลา 12 วันสุดท้าย โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยมีค่า 26.0°C รวมระยะเวลาในการทดลองทั้งสิ้น 87 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4-5, 4-6, 4-7 และ 4-8

จากภาพที่ 4-12 จะเห็นได้ว่า ในการทดลองนี้ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ อุณหภูมิตลอดการทดลองจึงไม่คงที่ โดยที่ค่าอุณหภูมิสูงสุดของการทดลองอยู่ในวันที่ 27 ที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ 10,000 มก./ลิตร มีอุณหภูมิ 29.4 °C และมีค่าอุณหภูมิต่ำสุดของการทดลองอยู่ในวันที่ 63 และ 85 ที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ 20,000 มก./ลิตร มีอุณหภูมิ 23 °C ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดการทดลองมีค่า 25.7 °C การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิส่งผลต่อการเจริญเติบโตของกลุ่มแบคทีเรียผลิตก๊าซมีเทน ทำให้ในการทดลองเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทดลองอย่างรวดเร็ว จะทำให้ค่าอัตราการเกิดก๊าซมีเทนลดลง ประมาณร้อยละ 20-40 การที่

อุณหภูมิจะส่งผลกระทบต่อระบบบำบัดขุ่ยเออสบีต้องมีการเปลี่ยนแปลง ประมาณ 10 °C โดยที่ ในอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 25 °C จึงทำให้กลุ่มแบคทีเรียผลิตก๊าซมีเทนมีอัตราการผลิตก๊าซลดลงร้อยละ 50 (Speece, 1996)



ภาพที่ 4-12 ความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ กับ เวลา ในการทดลองช่วงที่ 2

ตารางที่ 4-5 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของระบบที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ 5,000 มก./ลิตรในการทดลอง ช่วงที่ 2

	Influent	Acidification Tank Effluent	UASB1 Effluent	UASB2 Effluent
pH	4.52(0.1)	5.09(0.20)	6.50(0.92)	7.08(0.93)
COD (mg/l)	5,156(783)	4,518(825)	3,602(756)	2,739(908)
OLR (kgCOD/m ³ .d)		4.44(0.71)	2.38(0.43)	1.89(0.40)
COD removal (%) (based on influent COD)		12(12)	22(9)	16(12)
VFA(mg/l as acetic acid)	1,040(225)	1,526(157)	965(348)	635(607)
Alkalinity (mg/l as CaCO ₃)	237(143)	423(59)	612(181)	661(420)
VFA/Alkalinity	5.73(2.57)	4.44(2.71)	2.36(1.44)	0.71(0.19)
SS(mg/l)	778(116)	734(162)	835(251)	835(693)
VSS(mg/l)	618(180)	480(192)	586(209)	563(532)
VSS/SS	0.8(0.21)	0.69(0.3)	0.74(0.26)	0.67(0.2)

*หมายเหตุ ค่าที่แสดงใน() คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน Standard Deviation

ตารางที่ 4-6 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของระบบที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ 10,000 มก./ลิตร ในการทดลอง
ช่วงที่ 2

	Influent	Acidification Tank Effluent	UASB1 Effluent	UASB2 Effluent
pH	4.47(0.04)	5.18(0.08)	6.87(0.15)	7.60(0.61)
COD (mg/l)	10,309(936)	8,504(1,375)	5,648(1,037)	3,515(457)
OLR (kgCOD/m ³ .d)		10.69(3.83)	4.49(0.65)	3.45(0.90)
COD removal (%) (based on influent COD)		18(6)	33 (15)	21(8)
VFA(mg/l as acetic acid)	2,133(87.80)	2,983(537)	1,675(841)	583(288)
Alkalinity (mg/l as CaCO ₃)	244(10)	756(177)	822(193)	844(140)
VFA/Alkalinity	10.10(1.91)	5.07(1.15)	2.33(1.07)	0.66(0.26)
SS(mg/l)	2,080(314)	1,440(120)	1,030(269)	735(133)
VSS(mg/l)	2,047(192)	753(458)	876(110)	500(197)
VSS/SS	0.99(0.18)	0.51(0.3)	0.87(0.16)	0.65(0.18)

*หมายเหตุ ค่าที่แสดงใน() คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน Standard Deviation

ตารางที่ 4-7 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของระบบที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ 20,000 มก./ลิตร ในการทดลอง
ช่วงที่ 2

	Influent	Acidification Tank Effluent	UASB1 Effluent	UASB2 Effluent
pH	4.46(0.07)	4.64(1.59)	6.06(0.47)	7.87(0.2)
COD (mg/l)	20,550(1,000)	16,864(5,416)	13,179(4221)	5,613(2,721)
OLR (kgCOD/m ³ .d)		17.85(0.62)	9.15(2.94)	7.15(2.29)
COD removal (%) (based on influent COD)		19(24)	18(17)	37(7)
VFA(mg/l as acetic acid)	4,260(224)	5,365(1,212)	3,860(1,681)	835(351)
Alkalinity (mg/l as CaCO ₃)	393(86)	1,277(298)	1,400(366)	1,270(259)
VFA/Alkalinity	11.26(5.54)	4.90(1.59)	2.91(0.79)	0.64(0.16)
SS(mg/l)	2,400(355)	1,580(648)	1,360(175)	732(269)
VSS(mg/l)	1,900(139)	1,260(465)	1,080(253)	487(174)
VSS/SS	0.80(0.09)	0.81(0.04)	0.80(0.11)	0.67(0.04)

*หมายเหตุ ค่าที่แสดงใน() คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน Standard Deviation

ตารางที่ 4-8 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของระบบที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ 40,000 มก./ลิตร ในการทดลอง ช่วงที่ 2

	Influent	Acidification Tank Effluent	UASB1 Effluent	UASB2 Effluent
pH	4.49(0.08)	4.99(0.08)	5.46(0.57)	6.65(1.34)
COD (mg/l)	45,430(5,125)	39,100(4,990)	30,450(10,210)	17,280(10,740)
OLR (kgCOD/m ³ .d)		38.79(4.38)	21.21(2.71)	16.52(5.54)
COD removal (%) (based on influent COD)		14 (8)	20 (16)	30(8)
BOD (mg/l)	30,750(9546)	30,000(16,970)	3,075(106)	1,575(955)
BOD removal (%)		2(55)	88(0.3)	5(3)
VFA(mg/l as acetic acid)	7,295(370)	8,130(346)	7,630(1,861)	4,816(4,220)
Alkalinity (mg/l as CaCO ₃)	622(48)	1,750(79)	1,953(192)	2,389(417)
VFA/Alkalinity	11.78(1.04)	4.65(0.22)	3.99(1.27)	1.98(1.82)
SS(mg/l)	4,210(677)	3,140(473)	2,890(1,260)	1,620(552)
VSS(mg/l)	3,530(529)	2,460(385)	2,320(1,090)	1,140(418)
VSS/SS	0.84(0.02)	0.78(0.03)	0.80(0.02)	0.70(0.05)

*หมายเหตุ ค่าที่แสดงใน () คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน Standard Deviation

2.2 ประสิทธิภาพของระบบ การทดลองช่วงที่ 2

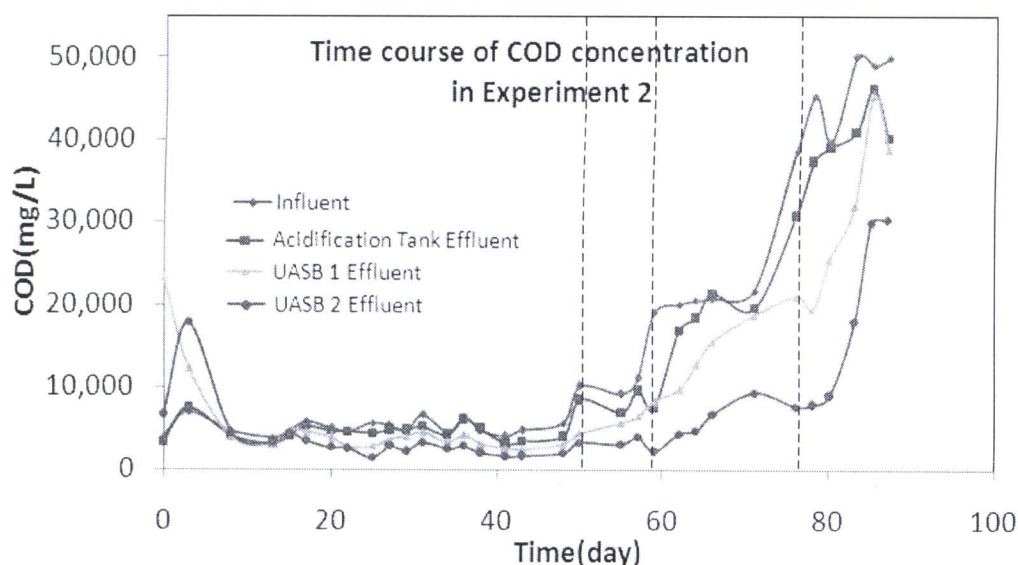
2.2.1 ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบและการะบรทุกอินทรีย์ในการทดลองช่วงที่ 2

เริ่มต้นเดินระบบ โดยควบคุมอัตราการป้อนน้ำเสียอย่างต่อเนื่องที่ 0.192 ลิตร/ชม. เท่ากันทุกๆถึงปฏิกรณ์ ในการทดลองน้ำเสียเริ่มต้นเดินระบบมีความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเริ่มต้น 5,000 มก./ลิตร โดยผลการทดลองน้ำเสียจริงที่นำมาเจือจางและป้อนเข้าสู่ระบบ น้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบได้จริงมีความเข้มข้นซีโอดีเฉลี่ย 5,156 มก./ลิตร การะบรทุกอินทรีย์ของถังหมักกรด และถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี1 และ2 มีค่าเฉลี่ย 4.4, 2.4 และ 1.9 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-ถึงปฏิกรณ์/วัน ตามลำดับ ระบบเข้าสู่สภาวะคงที่หลังจากเริ่มต้นเดินระบบเป็นเวลา 17 วัน จากนั้นทำการเดินระบบต่อเนื่องที่สภาวะเดียวกันนี้รวมระยะเวลา 48 วัน เปลี่ยนความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเป็น 10,000 มก./ลิตร โดยน้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบได้จริงมีความเข้มข้นซีโอดีเฉลี่ย 10,310 มก./ลิตร การะบรทุกอินทรีย์ของถังหมักกรด และถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี1 และ2 มีค่าเฉลี่ย 10.7, 4.5 และ 3.5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-ถึงปฏิกรณ์/วัน ตามลำดับ จากนั้นทำการเดินระบบต่อเนื่องที่สภาวะเดียวกันนี้รวมระยะเวลา 59 วัน เปลี่ยนความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเป็น 20,000 มก./ลิตร โดยน้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบได้จริงมีความเข้มข้นซีโอดีเฉลี่ย 20,550 มก./ลิตร การะบรทุกอินทรีย์ของถังหมักกรด และถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี1 และ2 มีค่าเฉลี่ย 17.9, 9.1 และ 7.2 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-ถึงปฏิกรณ์/วัน ตามลำดับ จากนั้นทำการเดินระบบต่อเนื่องที่สภาวะเดียวกันนี้รวมระยะเวลา 76 วัน และเปลี่ยนความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเป็น 40,000 มก./ลิตร โดยน้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบได้จริงมีความเข้มข้นซีโอดีเฉลี่ย 45,430 มก./ลิตร การะบรทุกอินทรีย์ของถังหมักกรด และถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี1 และ2 มีค่าเฉลี่ย 38.8, 21.2 และ 16.5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-ถึงปฏิกรณ์/วัน ตามลำดับ จากนั้นทำ

การเดินระบบต่อเนื่องที่สภาวะเดียวกันนี้รวมระยะเวลา 87 วัน ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพระบบที่สภาวะคงที่ ดังแสดงในตารางที่ 4-5, 4-6, 4-7 และ 4-8

ภาพที่ 4-13 แสดงค่าความเข้มข้นซีโอดี ของน้ำเสียแต่ละจุดของในระบบ ซึ่งจะเห็นว่าค่าซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ และน้ำเสียออกจากถังหมักกรด มีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากในถังหมักกรดไม่มีการเติมเชื้อตะกอนจุลินทรีย์ ถังหมักกรดจะเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นกรดไขมันระเหยง่าย โดยไม่มีการย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นก๊าซมีเทน ทำให้ค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำออกไม่ลดลง แต่ในถังปฏิกรณ์

ยูเอสบี1 และ ถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 ระบบสามารถรักษาสมดุลไว้ได้ จนถึงเมื่อเพิ่มค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 45,430 มก./ลิตร น้ำเสียออกจากถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และ ถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 มีค่าความเข้มข้นซีโอดีเฉลี่ยสูงถึง 30,450 และ 17,280 มก./ลิตร ตามลำดับ



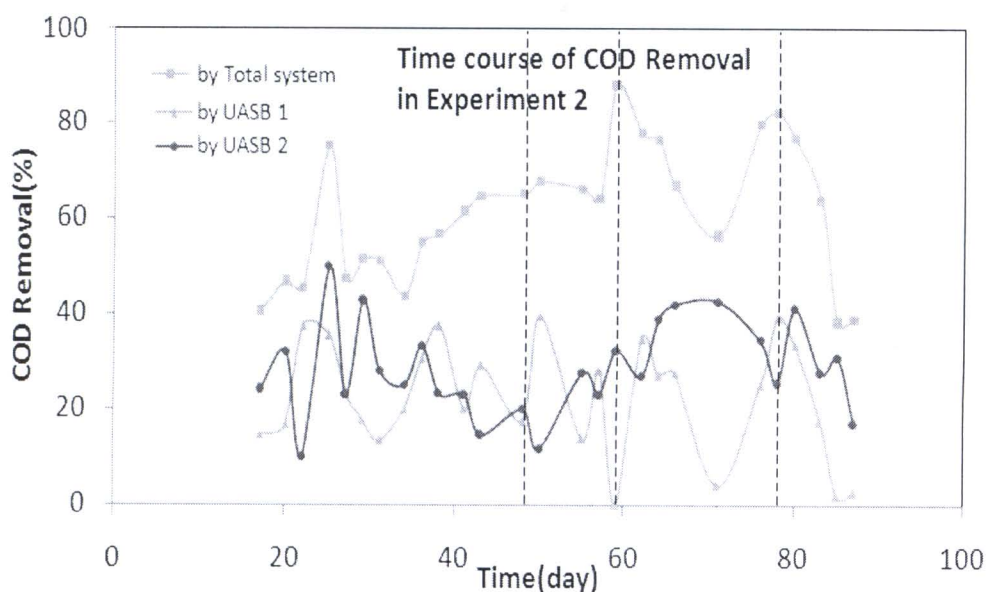
ภาพที่ 4-13 ความสัมพันธ์ระหว่าง ซีโอดี กับ เวลา ในการทดลองช่วงที่ 2

2.2.2 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีทั้งหมด ในการทดลองช่วงที่ 2

ค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 5,156 มก./ลิตร ค่าซีโอดีน้ำเสียออกจากถังหมักกรด ถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และ ถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 มีค่าเฉลี่ย 4,518, 3,602 และ 2,739 มก./ลิตร ตามลำดับ คำนวณค่าร้อยละการกำจัดซีโอดีได้ดังสมการ 4-5 จะได้ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในแต่ละชุดถังปฏิกรณ์คิดเป็นร้อยละ 12, 22 และ 16 ตามลำดับ และคิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบโดยรวมมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 50 ที่ความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 10,310 มก./ลิตร ค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียออกจากระบบถังหมักกรด ถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และ ถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 มีค่าเฉลี่ย 8,504, 5,642 และ 3,515 มก./ลิตร ตามลำดับ จะได้ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในแต่ละชุดถังปฏิกรณ์คิดเป็นร้อยละ 19, 33 และ 21 ตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบโดยรวมมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 72 ที่ค่าความเข้มข้นซี

ไอคีนน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 20,550 มก./ลิตร ค่าความเข้มข้นซีไอคีนน้ำเสียออกจากระบบ ถึงหมักกรด ถึงปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และ ถึงปฏิกรณ์ยูเอสบี2 มีค่าเฉลี่ย 16,864, 13,179 และ 5,613 มก./ลิตร ตามลำดับ จะได้ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดซีไอคีนในแต่ละชุดถึงปฏิกรณ์คิดเป็นร้อยละ 19, 18 และ 37 คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีไอคีนของระบบโดยรวมมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 74 และที่ค่าความเข้มข้นซีไอคีนน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 45,430 มก./ลิตร ค่าความเข้มข้นซีไอคีนน้ำเสียออกจากระบบ ถึงหมักกรด ถึงปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และ ถึงปฏิกรณ์ยูเอสบี2 มีค่าเฉลี่ย 39,100, 30,450 และ 17,280 มก./ลิตร ตามลำดับ จะได้ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดซีไอคีนในแต่ละชุดถึงปฏิกรณ์คิดเป็นร้อยละ 14, 20 และ 30 ตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีไอคีนของระบบโดยรวมมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 64 ดังแสดงค่าในตารางที่ 4-5, 4-6, 4-7 และ 4-8

ภาพที่ 4-14 ประสิทธิภาพร้อยละการกำจัดซีไอคีนของระบบ เมื่อทำการเปลี่ยนความเข้มข้นซีไอคีน ค่าประสิทธิภาพร้อยละการกำจัดซีไอคีนสูงขึ้น เนื่องการลดปริมาณถึงพักน้ำเสียลดลง ทำให้ระยะเวลาพักเก็บน้ำเสียลดลงจาก ในการทดลองช่วงที่ 1 มีระยะเวลาพักเก็บรวม 11 วัน แต่ในการทดลองช่วงที่ 2 มีระยะเวลาพักเก็บรวมเพียง 7 วัน ทำให้ระยะเวลาในการย่อยสลายสารอินทรีย์ลดลง เมื่อนำมาหาค่าประสิทธิภาพร้อยละการกำจัดซีไอคีนในสมการ 4-1 จึงทำให้ค่าประสิทธิภาพร้อยละการกำจัดซีไอคีนระบบมีค่าลดลง แต่ในสภาวะคงที่ คือ ความเข้มข้นซีไอคีนน้ำเสียเข้าระบบเป็นไปตามค่าที่กำหนด และอุณหภูมิห้องไม่เปลี่ยนแปลงเกิน 5 °C และผ่านพ้นช่วงเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นน้ำเสียเข้าระบบเกิน 3 รอบ HRT แล้วนั้นพบว่า ระบบยูเอสบี 2 เฟส 2 แสดง ที่ความเข้มข้นซีไอคีนเฉลี่ย 20,550 มก./ลิตร มีค่าประสิทธิภาพการกำจัดซีไอคีนเฉลี่ยร้อยละ 74 เมื่อเปลี่ยนแปลงน้ำเสียเข้าระบบความเข้มข้นซีไอคีนเฉลี่ย 45,430 มก./ลิตร ค่าประสิทธิภาพการกำจัดซีไอคีนเฉลี่ยร้อยละ 64 เมื่อเปรียบเทียบแล้วค่าประสิทธิภาพการกำจัดซีไอคีนลดลงถึงร้อยละ 10 แล้วมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ แสดงให้เห็นถึงแบคทีเรียในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี ไม่สามารถทำงานได้

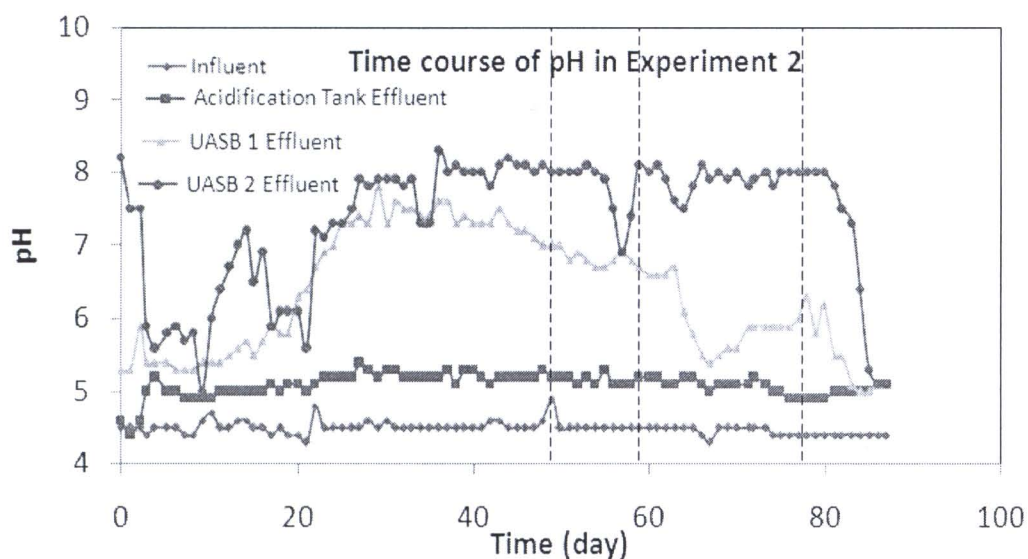


ภาพที่ 4-14 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดซีไอคีน กับ เวลา ในการทดลองช่วงที่ 2

2.2.3 พีเอช ในการทดลองช่วงที่ 2

ระบบยูเอสบี 2 เฟส 2 สเตจ ไม่มีการควบคุมพีเอชน้ำเสียเข้าระบบตลอดการทดลอง ค่าพีเอชน้ำเสียเข้าระบบ น้ำเสียออกจากถังหมักกรด ถึงปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และถึงปฏิกรณ์ยูเอสบี2 ที่ความเข้มข้นชีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 5,156 มก./ลิตร มีค่าพีเอชเฉลี่ย 4.52, 5.09, 6.90 และ 7.08 ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นชีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 10,310 มก./ลิตร มีค่าพีเอชเฉลี่ย 4.47, 5.18, 6.87 และ 7.60 ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นชีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 20,550 มก./ลิตร มีค่าพีเอชเฉลี่ย 4.46, 4.64, 6.06 และ 7.87ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นชีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 45,430 มก./ลิตร มีค่าพีเอชเฉลี่ย 4.49, 4.99, 5.46 และ 6.65 ตามลำดับ ดังแสดงจากตารางที่ 4-5, 4-6, 4-7 และ 4-8

จากภาพที่ 4-15 พีเอช น้ำเสียมีค่าคงที่ถึงมีการเปลี่ยนแปลงน้ำเสียจริงทุกวัน เนื่องจากคุณสมบัติน้ำเสียจากค่าพีเอชเฉลี่ยอยู่ที่ 4.4 0.1 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าพีเอชน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ยอยู่ที่ 4.49 0.08 จึงแสดงได้ว่า การเจือจางน้ำเสียด้วยน้ำประปาด้วยปริมาณมากหรือน้อย ไม่ส่งผลกระทบต่อค่าพีเอชน้ำเสียเข้าระบบ ในช่วงค่าความเข้มข้นชีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 5,156 และ 10,310 มก./ลิตรการทำงานของระบบยังรักษาสมดุลพีเอชไว้ได้ แต่เมื่อเปลี่ยนค่าความเข้มข้นชีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 20,550 มก./ลิตร ถึงปฏิกรณ์ยูเอสบี1 มีการเปลี่ยนแปลงพีเอชอย่างรวดเร็วโดยเปลี่ยนจากพีเอชเฉลี่ยจาก 6.7 ลดลงเป็น 5.4 ซึ่งแสดงว่าถึงปฏิกรณ์ยูเอสบี1 ไม่สามารถรักษาสมดุลพีเอชไว้ได้ และ เมื่อเปลี่ยนค่าความเข้มข้นชีโอดีเป็น 45,530 มก./ลิตร ถึงปฏิกรณ์ยูเอสบี2 มีการเปลี่ยนแปลงพีเอชอย่างรวดเร็วโดยเปลี่ยนพีเอชเฉลี่ยจาก 8.0 ลดลงเป็น 5.1 ซึ่งแสดงว่าถึงปฏิกรณ์ยูเอสบี2 ไม่สามารถรักษาสมดุลไว้ได้เช่นกัน

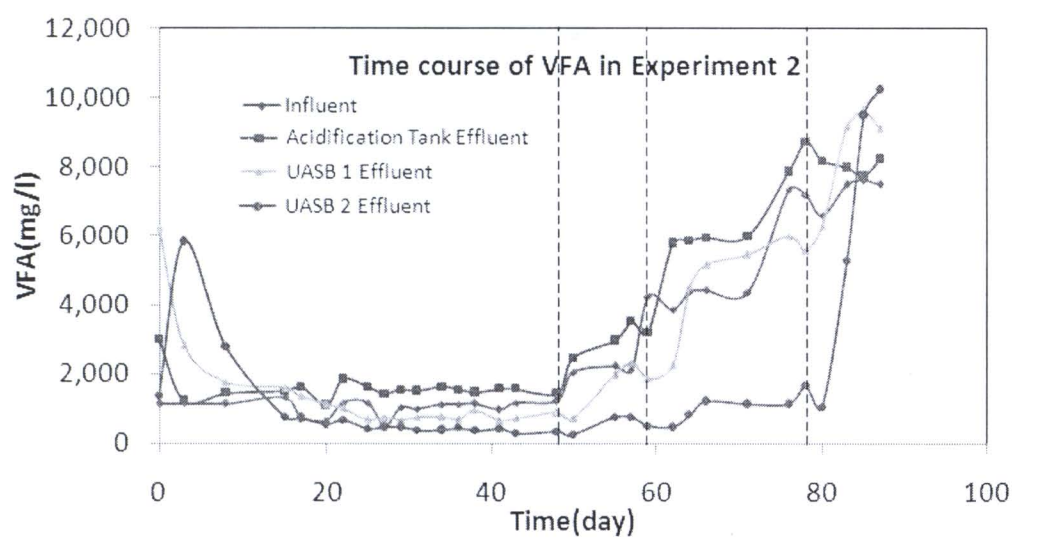


ภาพที่ 4-15 ความสัมพันธ์ระหว่าง พีเอช กับ เวลา ในการทดลองช่วงที่ 2

2.2.4 กรดไขมันระเหยในการทดลองช่วงที่ 2

ค่ากรดไขมันระเหยของน้ำเสียเข้าระบบ น้ำเสียออกจากถังหมักกรด ดังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี1 และดังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี2 ค่าความเข้มข้นซีไอได้น้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 5,156 มก./ลิตร มีค่ากรดไขมันระเหยเฉลี่ย 1,040, 1,526, 965 และ 635 มก./ลิตร ในรูปของกรดอะซิติก ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นซีไอได้น้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 10,310 มก./ลิตร มีค่ากรดไขมันระเหยเฉลี่ย 2,133, 2,983, 1,675 และ 583 มก./ลิตร ในรูปของกรดอะซิติก ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นซีไอได้น้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 20,550 มก./ลิตร มีค่ากรดไขมันระเหยเฉลี่ย 4,260, 5,365, 3,860 และ 835 มก./ลิตร ในรูปของกรดอะซิติก ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นซีไอได้น้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 45,430 มก./ลิตร มีค่ากรดไขมันระเหยเฉลี่ย 7,295, 8,130, 7,630 และ 4,816 มก./ลิตร ในรูปของกรดอะซิติก ตามลำดับ ดังแสดงจากตารางที่ 4-5, 4-6, 4-7 และ 4-8

จากภาพที่ 4-16 ค่ากรดไขมันระเหยในถังหมักกรดมีค่ามากกว่ากรดไขมันระเหยน้ำเสียเข้าระบบ เนื่องจากในถังหมักกรดเกิดสภาวะสร้างกรดไขมันระเหยและสร้างกรดอะซิติกจากกรดไขมันระเหย เมื่อน้ำเสียที่ออกจากถังหมักกรดที่มีค่ากรดไขมันระเหยสูง เมื่อเพิ่มค่าความเข้มข้นซีไอได้น้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 20,550 มก./ลิตร ดังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี1 มีการเปลี่ยนแปลงค่ากรดไขมันระเหยอย่างรวดเร็ว โดยเปลี่ยนค่ากรดไขมันระเหยเฉลี่ยจาก 1,865 เพิ่มขึ้นจนสูงสุดที่ 5,475 มก./ลิตร ในรูปของกรดอะซิติก ซึ่งเกินค่าที่ระบบสามารถยอมรับได้ 2,000 มก./ลิตร ในรูปของกรดอะซิติก เมื่อเพิ่มค่าความเข้มข้นซีไอได้น้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 45,530 มก./ลิตร ดังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี2 มีการเปลี่ยนแปลงค่ากรดไขมันระเหยอย่างรวดเร็ว โดยเปลี่ยนกรดไขมันระเหยเฉลี่ยจาก 1,150 เพิ่มขึ้นจนสูงสุดที่ 10,250 มก./ลิตร ในรูปของกรดอะซิติก ซึ่งเกินค่าที่ระบบสามารถยอมรับได้ 2,000 มก./ลิตร ทำให้ส่งผลกระทบต่อการทำงานของแบคทีเรียที่ผลิตก๊าซมีเทน

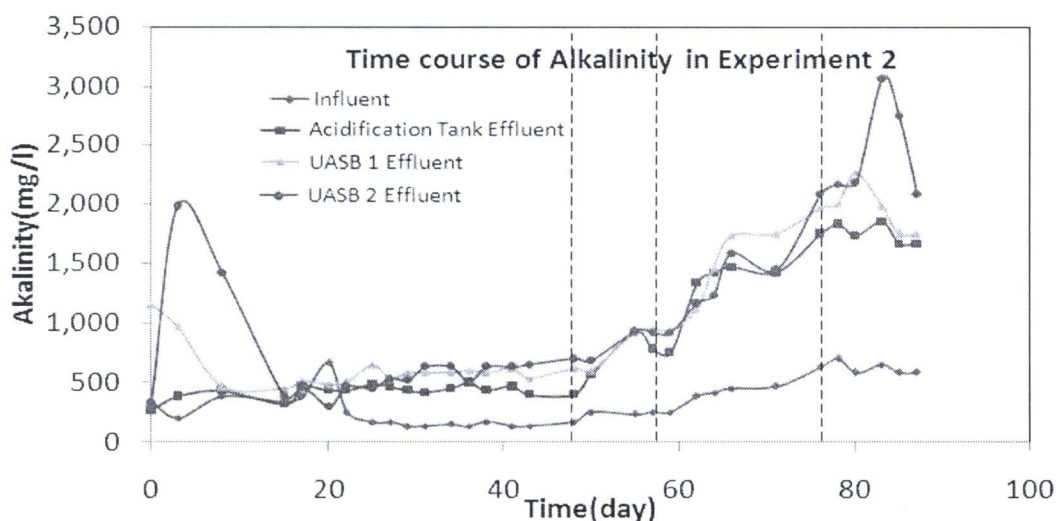


ภาพที่ 4-16 ความสัมพันธ์ระหว่าง กรดไขมันระเหย กับ เวลา ในการทดลองช่วงที่ 2

2.2.5 สภาพด่างทั้งหมดในการทดลองช่วงที่ 2

สภาพด่างทั้งหมดในน้ำเสียเข้าระบบ น้ำเสียออกจากถังหมักกรด ถึงปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และถึงปฏิกรณ์ยูเอสบี2 ที่ค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 5,156 มก./ลิตร มีค่าสภาพด่างทั้งหมดเฉลี่ย 237, 423, 612 และ 661 มก./ลิตร ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 10,310 มก./ลิตร มีค่าสภาพด่างทั้งหมดเฉลี่ย 244, 756, 822 และ 844 มก./ลิตร ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 20,550 มก./ลิตร มีค่าสภาพด่างทั้งหมดเฉลี่ย 393, 1,277, 1,400 และ 1,270 มก./ลิตร ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 45,430 มก./ลิตร มีค่าสภาพด่างทั้งหมดเฉลี่ย 662, 1,790, 1,953 และ 2,389 มก./ลิตร ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ ดังแสดงจากตารางที่ 4-5, 4-6, 4-7 และ 4-8

จากภาพที่ 4-17 แสดงว่าจากกราฟ สภาพด่างทั้งหมดยังสามารถทำงานได้ดีในช่วงความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ยไม่เกิน 20,550 มก./ลิตร แต่เมื่อเพิ่มค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 45,430 มก./ลิตร ค่าสภาพด่างทั้งหมดในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และ ถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 มีค่าสูงเกิน 2,000 มก./ลิตร ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต ซึ่งส่งผลกระทบต่อการทำงานของแบคทีเรียผลิตก๊าซกลุ่มมีเทนโดยทั่วไประบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน ควรมีสภาพด่าง 1,500-2,000 มก./ลิตร ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต



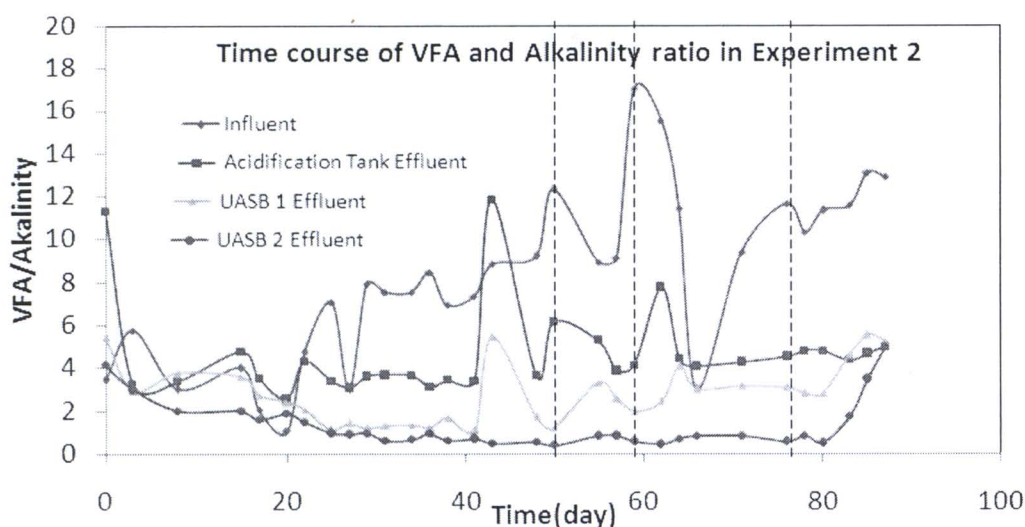
ภาพที่ 4-17 ความสัมพันธ์ระหว่าง สภาพด่างทั้งหมด กับ เวลา ในการทดลองช่วงที่ 2

2.2.6 อัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพด่างทั้งหมดในการทดลองช่วงที่ 2

ค่าอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพด่างทั้งหมด ในน้ำเสียเข้าระบบ น้ำเสียออกจากถังหมักกรด ถึงปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และถึงปฏิกรณ์ยูเอสบี2 ที่มีค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 5,156 มก./ลิตร มีค่าอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพด่างทั้งหมดเฉลี่ย 5.7, 4.4, 2.4 และ 0.7 ตามลำดับ มีค่า

ความเข้มข้นซีไอคีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 10,310 มก./ลิตร มีค่าอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพด่างทั้งหมดเฉลี่ย 10.1, 5.0, 2.3 และ 0.6 ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นซีไอคีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 20,550 มก./ลิตร มีค่าอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพด่างทั้งหมดเฉลี่ย 11.3, 4.9, 2.9 และ 0.6 ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นซีไอคีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 45,430 มก./ลิตร มีค่าอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพด่างทั้งหมดเฉลี่ย 11.9, 4.7, 4.0 และ 2.0 ตามลำดับ ดังแสดงจากตารางที่ 4-5, 4-6, 4-7 และ 4-8

จากภาพที่ 4-18 ค่าอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพด่างทั้งหมด น้ำเสียเข้าระบบ น้ำเสียออกจากถังหมัก ถึงปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และถึงปฏิกรณ์ยูเอสบี2 มีค่าความเข้มข้นซีไอคีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 20,550 มก./ลิตร โดยที่มีค่าอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพด่างทั้งหมดเฉลี่ย 11.3, 4.9, 2.3 และ 0.6 ตามลำดับ โดยที่น้ำเสียเข้าระบบและน้ำเสียออกจากถังหมัก มีค่าอัตราส่วนกรดไขมันระเหยและสภาพด่างทั้งหมดมีค่าสูงเกิน 0.8 ซึ่งระบบไม่สามารถรักษาคีเอชให้คงที่ได้ ปริมาณค่ากรดไขมันระเหยสูง แต่ถึงปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และถึงปฏิกรณ์ยูเอสบี2 มีค่าอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพด่างทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.2 ถึง 0.4 และมีอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพด่างทั้งหมดไม่สูงกว่า 0.8 (Speece et al., 1995) แสดงให้เห็นถึงการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพของแบคทีเรียไม่ใช้ออกซิเจนในถัง และถ้าอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพด่างทั้งหมดเกินกว่า 0.8 ระบบจะไม่สามารถรักษาระดับพีเอชให้คงที่ได้ โดยเมื่อมีการเพิ่มของกรดไขมันระเหยเพียงเล็กน้อยจะทำให้พีเอชมีค่าเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและขัดขวางการทำงานของแบคทีเรียไม่ใช้ออกซิเจนที่ทำหน้าที่ผลิตก๊าซมีเทน แต่เมื่อเพิ่มค่าความเข้มข้นซีไอคีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 45,530 มก./ลิตร ค่าอัตราส่วนกรดไขมันระเหยต่อสภาพด่างทั้งหมดในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และถึงปฏิกรณ์ยูเอสบี2 มีค่าเฉลี่ยเกินกว่า 2.0 แสดงว่าระบบไม่สามารถรักษาระดับพีเอชไว้ได้ เมื่อมีการเพิ่มของกรดไขมันเพียงเล็กน้อย ทำให้พีเอชมีค่าเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว



ภาพที่ 4-18 ความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนกรดไขมันระเหยและสภาพด่างทั้งหมด กับ เวลา ในการทดลองช่วงที่ 2

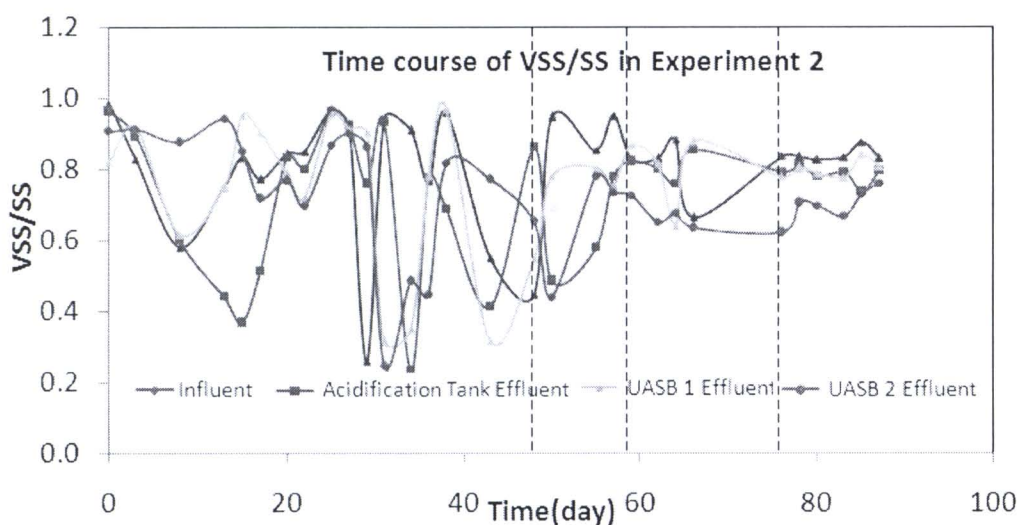


2.2.7 อัตราส่วนค่าตะกอนแขวนลอยกับค่าตะกอนแขวนลอยระเหย ในการทดลองช่วง

ที่ 2

อัตราส่วนค่าตะกอนแขวนลอยกับค่าตะกอนแขวนลอยระเหย ในน้ำเสียเข้าระบบ น้ำเสียออกจากถังหมักกรด ถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 ที่มีค่าความเข้มข้นชีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 5,156 มก./ลิตร มีค่าอัตราส่วนค่าตะกอนแขวนลอยกับค่าตะกอนแขวนลอยระเหยเฉลี่ย 0.80, 0.79, 0.70 และ 0.67 ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นชีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 10,310 มก./ลิตร มีค่าอัตราส่วนค่าตะกอนแขวนลอยกับค่าตะกอนแขวนลอยระเหยเฉลี่ย 0.90, 0.51, 0.87 และ 0.65 ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นชีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 20,550 มก./ลิตร มีค่าอัตราส่วนค่าตะกอนแขวนลอยกับค่าตะกอนแขวนลอยระเหยเฉลี่ย 0.80, 0.81, 0.80 และ 0.67 ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นชีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 45,430 มก./ลิตร มีค่าอัตราส่วนค่าตะกอนแขวนลอยกับค่าตะกอนแขวนลอยระเหยเฉลี่ย 0.84, 0.78, 0.80 และ 0.70 ตามลำดับ ดังแสดงจากตารางที่ 4-5, 4-6, 4-7 และ 4-8

จากภาพที่ 4-19 ในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 เมื่อเพิ่มค่าความเข้มข้นชีโอดี 20,550 และ 45,530 มก./ลิตร ค่าอัตราส่วนค่าตะกอนแขวนลอยต่อตะกอนแขวนลอยระเหย มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.6-0.7 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.8 แสดงว่าระบบทำงานได้ไม่ดี โดยที่ค่าอัตราส่วนค่าตะกอนแขวนลอยกับค่าตะกอนแขวนลอยระเหยที่เหมาะสมควรมีค่ามากกว่า 0.8 จะทำให้ไม่เกิดการตกตะกอนของสารอินทรีย์ในระบบ



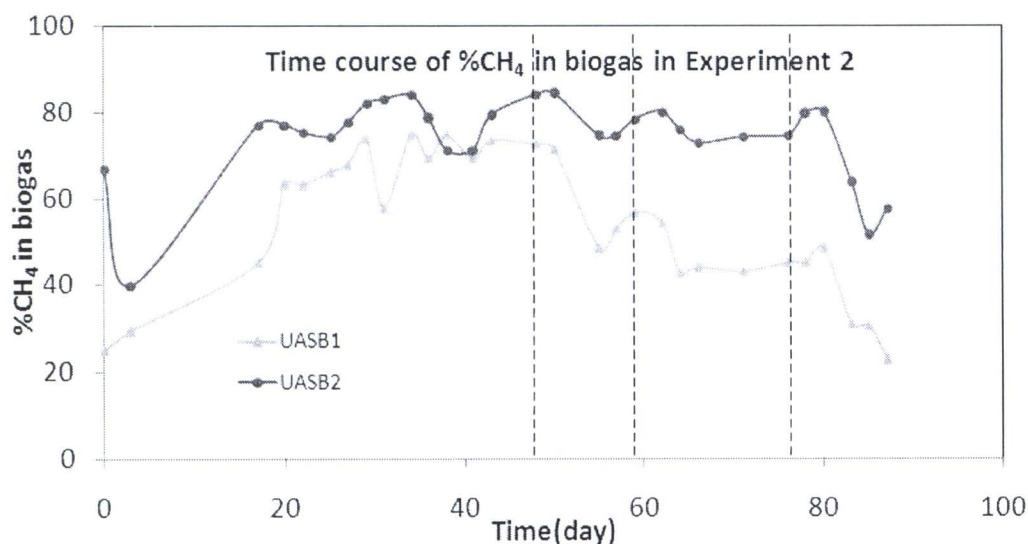
ภาพที่ 4-19 ความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนค่าตะกอนแขวนลอยและค่าตะกอนแขวนลอยระเหย กับ เวลา ในการทดลองช่วงที่ 2

2.2.8 ร้อยละก๊าซมีเทน ในการทดลองช่วงที่ 2

ค่าร้อยละก๊าซมีเทน น้ำเสียออกจากถังหมักกรด ถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 ที่มีค่าความเข้มข้นชีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 5,156 มก./ลิตร มีค่าร้อยละก๊าซมีเทนเฉลี่ย 67 และ 78 ตามลำดับ

ค่าความเข้มข้นชีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 1,0310 มก./ลิตร มีค่าร้อยละก๊าซมีเทนเฉลี่ย 57 และ 78 ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นชีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 20,550 มก./ลิตร มีค่าร้อยละก๊าซมีเทนเฉลี่ย 48 และ 76 ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นชีโอดีเข้าระบบเฉลี่ย 45,430 มก./ลิตร มีค่าร้อยละก๊าซมีเทนเฉลี่ย 37 และ 67 ตามลำดับ ดังแสดงจากตารางที่ 4-1, 4-2 และ 4-3

จากภาพที่ 4-20 แสดงว่าค่าร้อยละก๊าซมีเทน น้ำเสียออกจากถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 เมื่อเพิ่มค่าความเข้มข้นชีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 45,530 มก./ลิตร ลิตร มีค่าร้อยละก๊าซมีเทนเฉลี่ย 37 และ 67 ตามลำดับ ซึ่งแสดงถึงการล้มเหลวของการทำงานของระบบ โดยมีค่าร้อยละก๊าซมีเทนค่าสุดอยู่ที่ 22 และ 51 ตามลำดับ แล้วมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ แสดงให้เห็นว่า การทำงานของแบคทีเรียผลิตมีเทนถูกยับยั้ง จนไม่สามารถผลิตก๊าซมีเทนออกมาได้



ภาพที่ 4-20 ความสัมพันธ์ระหว่าง ร้อยละมีเทน กับ เวลา ในการทดลองช่วงที่ 2

2.3 ประเมินเชื้อตะกอนของระบบในการทดลองช่วงที่ 2

การทดลองระบบยูเอสบี 2 เฟส 2 แสดง ได้มีการเติมเชื้อตะกอนแขวนลอย (MLSS) 64,430 มก./ลิตร มีความเข้มข้นเชื้อตะกอนจุลินทรีย์เริ่มต้น 25 กก VSS/ลบ.ม ลงในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 ปริมาตร 4.5 ลิตร ทั้งในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และ ถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 ทำการเดินระบบด้วยค่าความเข้มข้นชีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 5,156, 10,310, 20,550 และ 45,530 มก./ลิตร มีค่าตะกอนแขวนลอยออกจากถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 เฉลี่ย 835, 753, 732 และ 1,620 มก./ลิตร ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ค่าความเข้มข้นชีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ย 45,530 มก./ลิตร นำมาหาค่าเชื้อตะกอนแขวนลอย (MLSS) ในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และ ถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 มีค่าเฉลี่ย 27,900 และ 31,700 มก./ลิตร ตามลำดับ และมีปริมาณเชื้อตะกอนตกค้าง มีปริมาตร 3.3 และ 3.7 ลิตร ตามลำดับ

2.4 สมดุลย์มวลสารในรูปซีโอดี (COD balance) ในการทดลองช่วงที่ 2

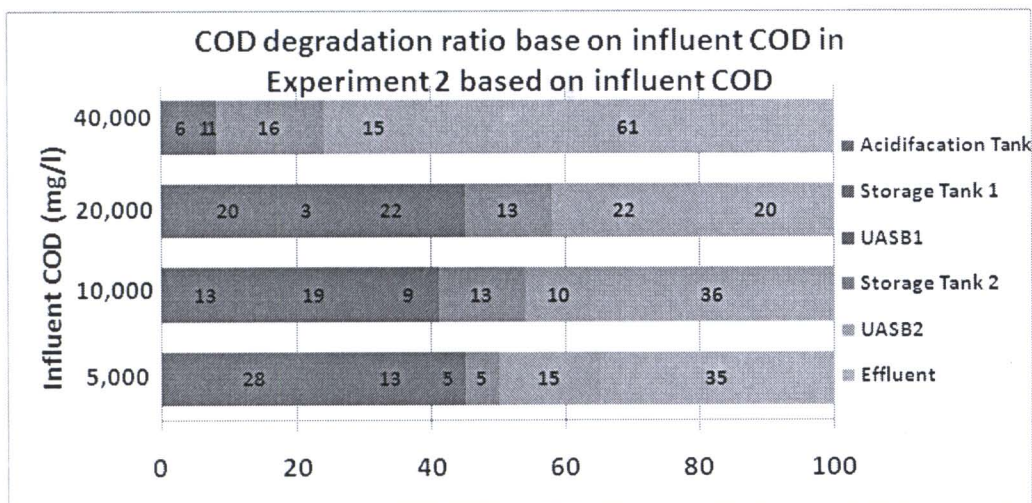
การตรวจความเข้มข้นซีโอดีทั้งระบบในการทดลองครั้งนี้ จะทำการตรวจสอบความเข้มข้นซีโอดีที่ค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ(Influent COD) , ซีโอดีถังหมักกรด(Acid Tank COD) , ซีโอดีในถังพักน้ำ 1 (Storage Tank 1 COD) , ซีโอดีถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 (UASB 1 COD) , ซีโอดีถังพักน้ำ 2 (Storage Tank 2 COD) , ซีโอดีถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 (UASB 2 COD) และ ซีโอดีน้ำออกจากระบบ(Effluent COD) เพื่อหาอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ในแต่ละขั้นตอนของระบบ รวมถึงประสิทธิภาพการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และ ถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 เปลี่ยนไปเป็นพลังงานก๊าซมีเทน ทั้งนี้ทำการตรวจสอบที่ค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบที่ 5,000, 10,000, 20,000 และ 40,000 มก./ลิตร ภายใน 87 วันได้ค่าเฉลี่ยในแต่ละจุดดังสรุปในตารางที่ 4-9 จากความเข้มข้นซีโอดีเฉลี่ยเริ่มต้น 5,760 มก./ลิตร การย่อยสลายสารอินทรีย์ในถังหมักกรดซีโอดีลดลง 1,584 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีร้อยละ 28 การย่อยสลายสารอินทรีย์ในถังพักน้ำเสีย 1 สามารถย่อยสลายซีโอดีลดลง 288 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีร้อยละ 13 การย่อยสลายส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 สามารถย่อยสลายซีโอดีลดลง 288 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีร้อยละ 5 การย่อยสลายสารอินทรีย์ในถังพักน้ำเสีย 2 สามารถย่อยสลายซีโอดีลดลง 288 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีร้อยละ 5 การย่อยสลายในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 สามารถย่อยสลายซีโอดีลดลง 864 มก./ลิตร คิดเป็นร้อยละ 15 ความเข้มข้นซีโอดีเฉลี่ยเริ่มต้น 11,232 มก./ลิตร การย่อยสลายสารอินทรีย์ในถังหมักกรดซีโอดีลดลง 1,140 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีร้อยละ 13 การย่อยสลายสารอินทรีย์ในถังพักน้ำเสีย 1 สามารถย่อยสลายซีโอดีลดลง 2,610 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีร้อยละ 19 การย่อยสลายส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 สามารถย่อยสลายซีโอดีลดลง 1,008 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีร้อยละ 9 การย่อยสลายสารอินทรีย์ในถังพักน้ำเสีย 2 สามารถย่อยสลายซีโอดีลดลง 1,440 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีร้อยละ 13 การย่อยสลายในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 สามารถย่อยสลายซีโอดีลดลง 1,152 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีร้อยละ 10 ความเข้มข้นซีโอดีเฉลี่ยเริ่มต้น 38,714 มก./ลิตร การย่อยสลายสารอินทรีย์ในถังหมักกรดซีโอดีลดลง 7,802 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีร้อยละ 20 การย่อยสลายสารอินทรีย์ในถังพักน้ำเสีย 1 สามารถย่อยสลายซีโอดีลดลง 1,030 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีร้อยละ 3 การย่อยสลายส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 สามารถย่อยสลายซีโอดีลดลง 8,685 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีร้อยละ 22 การย่อยสลายสารอินทรีย์ในถังพักน้ำเสีย 2 สามารถย่อยสลายซีโอดีลดลง 5,005 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีร้อยละ 13 การย่อยสลายในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 สามารถย่อยสลายซีโอดีลดลง 8,390 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีร้อยละ 22 และ ความเข้มข้นซีโอดีเฉลี่ยเริ่มต้น 48,944 มก./ลิตร การย่อยสลายสารอินทรีย์ในถังหมักกรดซีโอดีลดลง 2,736 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีร้อยละ 6 การย่อยสลายสารอินทรีย์ในถังพักน้ำเสีย 1 สามารถย่อยสลายซีโอดีลดลง 304 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีร้อยละ 1 การย่อยสลายส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 สามารถย่อยสลายซีโอดีลดลง 608 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีร้อยละ 1 การย่อยสลายสารอินทรีย์ในถังพักน้ำเสีย 2 สามารถย่อยสลายซีโอดีลดลง 7,906 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีร้อยละ 16 การย่อย

สลายน้ดั่งปฏิกรณ์ยูเอสบี2 สามารถย่อยสลายน้ไอดีลดลง 7,296 มก./ลิตร คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดน้ไอดีร้อยละ 15 ดังแสดงค่าในตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-9 ความเข้มข้นน้ไอดีและร้อยละการกำจัดน้ไอดี ในการทดลองช่วงที่ 2

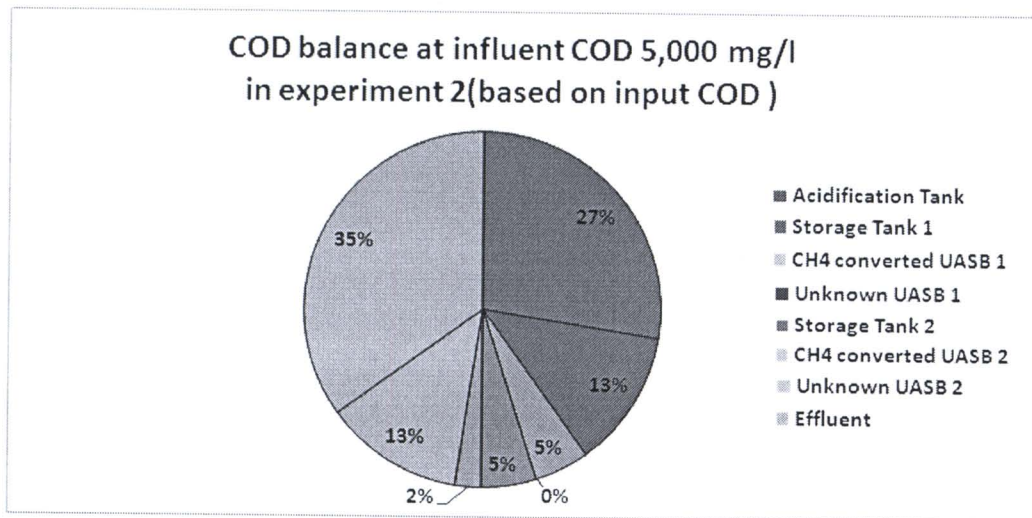
Influent COD (mg/l)	Acid Tank Effluent		Storage Tank 1 Effluent		UASB 1 Effluent		Storage Tank 2 Effluent		UASB 2 Effluent	
	COD	Removal	COD	Removal	COD	Removal	COD	Removal	COD	Removal
	(mg/l)	(%)	(mg/l)	(%)	(mg/l)	(%)	(mg/l)	(%)	(mg/l)	(%)
5,760	4,176	28	3,456	13	3,168	5	2,880	5	2,016	15
11,232	9,792	13	7,632	19	6,624	9	5,184	13	4,032	10
38,714	30,912	20	29,882	3	21,197	22	16,192	13	7,802	22
48,944	46,208	6	45,904	1	45,296	1	37,392	16	30,096	15

จากตารางที่ 4-9 การเพิ่มค่าความเข้มข้นน้ไอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ยขึ้น ส่งผลกระทบให้การย่อยสลายน้อินทรีย์เกิดขึ้นส่วนมากในถังพักน้ำเสีย 1 และ ถังพักน้ำเสีย 2 ส่วนในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และ ถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 เกิดการย่อยสลายน้อินทรีย์ได้น้อย เนื่องมาจากสภาวะพีเอชในถังไม่เหมาะสมต่อกลุ่มแบคทีเรียที่ผลิตก๊าซมีเทน ทำให้เกิดแบคทีเรียกลุ่มผลิตมีเทนไม่สามารถนำสลายน้อินทรีย์มาผลิตเป็นก๊าซมีเทนได้ โดยที่การย่อยสลายน้อินทรีย์ในระบบของแต่ละขั้นตอนจะแสดงดังในภาพที่ 4-21

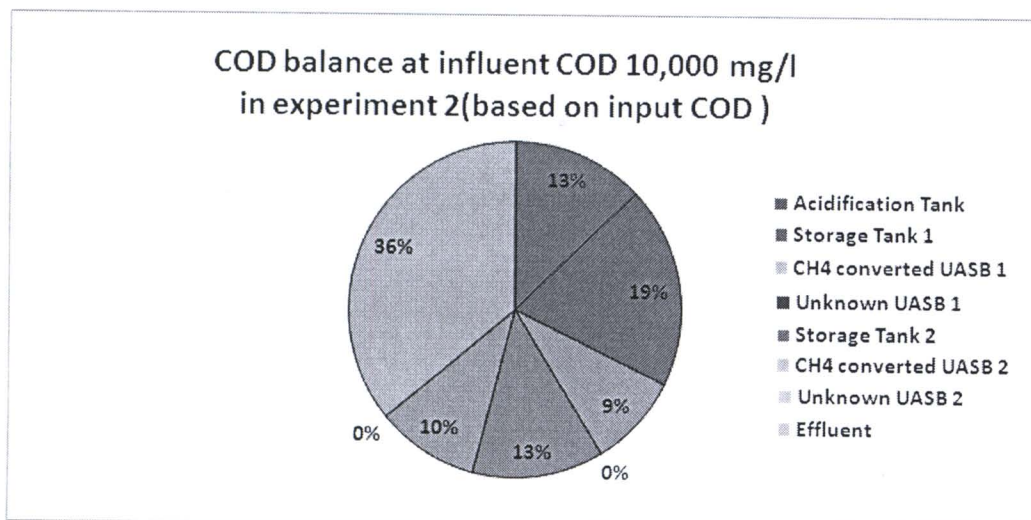


ภาพที่ 4-21 อัตราการย่อยสลายน้อินทรีย์ของแต่ละขั้นตอน ในการทดลองช่วงที่ 2

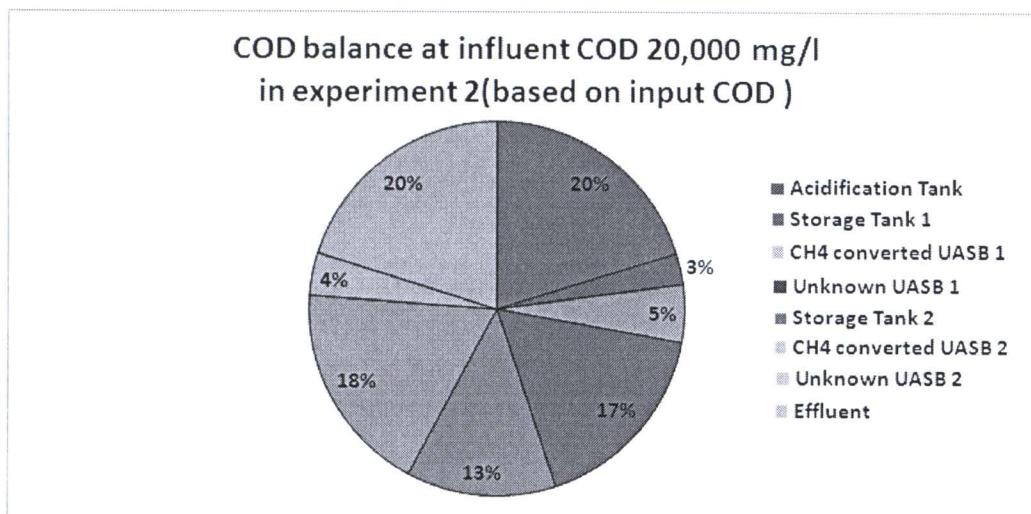
การย่อยสลายน้อินทรีย์ไปเป็นก๊าซมีเทน ในกระบวนการย่อยสลายน้แบบไม่ใช้อากาศ เชื้อตะกอนจุลินทรีย์สามารถย่อยสลายน้อินทรีย์เกิดเป็นก๊าซมีเทนได้สูงสุด ร้อยละ 90 และใช้ในกระบวนการเจริญเติบโต



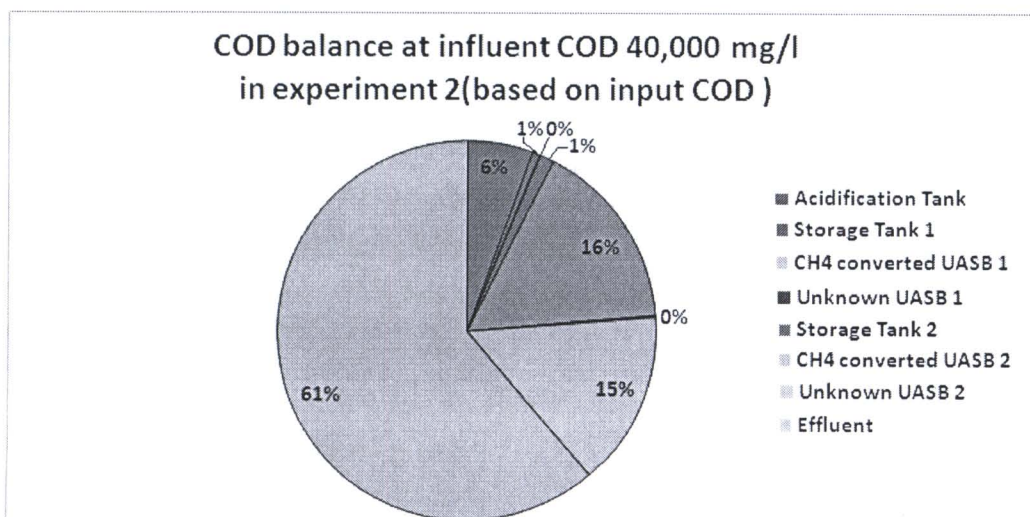
ภาพที่ 4-22 สมดุลย์มวลสารในรูปชีโอดีที่ความเข้มข้นชีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ 5,000 มก./ลิตร
ในการทดลองช่วงที่ 2



ภาพที่ 4-23 สมดุลย์มวลสารในรูปชีโอดีที่ความเข้มข้นชีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ 10,000 มก./ลิตร
ในการทดลองช่วงที่ 2



ภาพที่ 4-24 สมดุลมวลสารในรูปชีโอดีที่ความเข้มข้นชีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ 20,000 มก./ลิตร
ในการทดลองช่วงที่ 2



ภาพที่ 4-25 สมดุลมวลสารในรูปชีโอดีที่ความเข้มข้นชีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ 40,000 มก./ลิตร
ในการทดลองช่วงที่ 2

โดยจะเห็นได้ว่า ในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 เมื่อค่าความเข้มข้นชีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ 5,000 มก./ลิตร อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ไปเป็นก๊าซมีเทน เกิดในปริมาณมากกว่า อัตราการย่อยสลายค่าความเข้มข้นชีโอดี เนื่องจาก ค่าสมดุลพีเอชในระบบยูเอสบีเหมาะสมต่อการทำงานของกลุ่มแบคทีเรียผลิต

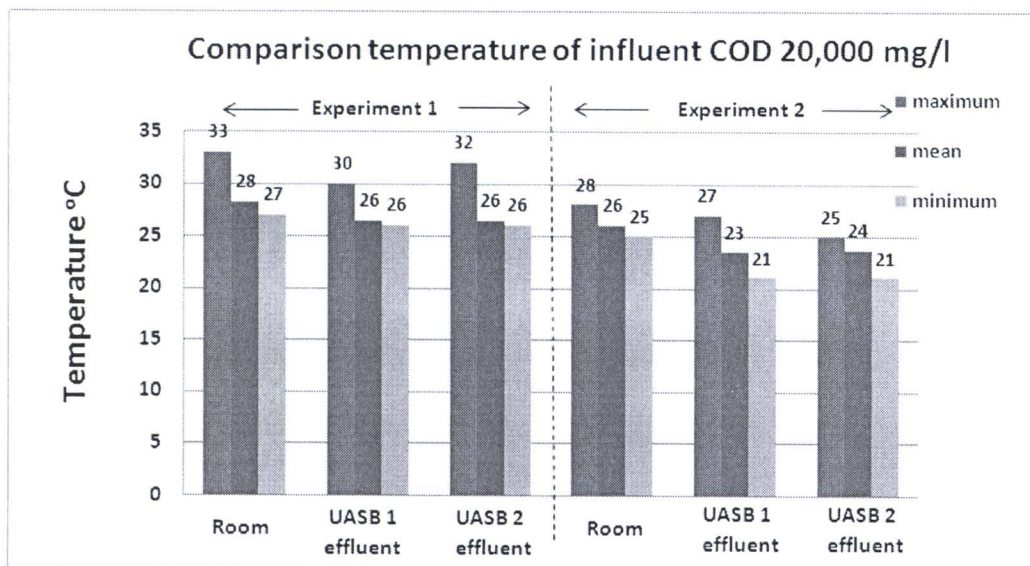
โดยจะเห็นได้ว่า ในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 เมื่อค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ 5,000 มก./ลิตร อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ไปเป็นก๊าซมีเทน เกิดในปริมาณมากกว่า อัตราการย่อยสลายค่าความเข้มข้นซีโอดี เนื่องจาก ค่าสมมูลฟิเอชในระบบยูเอสบีเหมาะสมต่อการทำงานของกลุ่มแบคทีเรียผลิตก๊าซมีเทน (Methanogens bacteria) ทำให้อัตราเกิดก๊าซมีเทนในปริมาณมาก กว่า แต่ในช่วงที่อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ไปเป็นก๊าซมีเทน มีค่าน้อยกว่า และอาจจะเป็นเพราะการหาอัตราการย่อยสลายค่าความเข้มข้นซีโอดีผิดพลาด อันเนื่องมาจากการหลุดของเชื้อตะกอนในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี ออกมาผสมกับน้ำเสียออกจากระบบ ที่นำมาทำการวิเคราะห์ ทำให้ค่าซีโอดีมีปริมาณมากกว่าค่าที่จะเป็นจริง ส่วนในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ไปเป็นก๊าซมีเทน จะเกิดขึ้นได้น้อย เนื่องจาก สารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่าย ได้ถูกย่อยสลายไปในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 ในปริมาณมาก ทำให้เหลือแต่สารที่ย่อยสลายได้ยาก ส่งผลให้อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ไปเป็นก๊าซมีเทนเกิดได้น้อย แต่เมื่อเพิ่มค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบสูงขึ้นจนถึง 20,000 มก./ลิตร ในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 จะไม่สามารถรักษาสมมูลฟิเอชไว้ได้ ทำให้ฟิเอชในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 ต่ำ จนถึงถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 มีการทำงานลักษณะคล้ายถึงหมักกรด ทำให้อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ไปเป็นก๊าซมีเทนส่วนใหญ่จะไปเกิดในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 และเมื่อเพิ่มค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ 40,000 มก./ลิตร ถึงถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และ ถึงถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 ระบบไม่สามารถรักษาสมมูลฟิเอชไว้ได้ ทำให้อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ไปเป็นก๊าซมีเทน ทั้งในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี1 และ 2 แบคทีเรียกลุ่มผลิตมีเทนไม่สามารถทำงานได้เนื่องจาก เมื่อฟิเอชต่ำลง ปริมาณซัลเฟตสูงเพิ่มขึ้น แสดงได้จากค่าซัลเฟตน้ำออกจากระบบในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 มีค่าเฉลี่ย 2,357 มก./ลิตร ซึ่งในระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ ความสามารถในการรับซัลเฟต กำหนดให้มีค่าซัลเฟต ไม่เกิน 200 มก./ลิตร (Speece, 1996) จึงจะไม่ส่งผลเสียต่อระบบ แต่ในการทดลองนี้ มีค่าซัลเฟตสูงทำให้กลุ่มแบคทีเรียซัลเฟตทำงานได้ดี (Sulfate-Reduction Bacteria (SRB)) เป็นกลุ่มแบคทีเรียชนิดที่ไม่ต้องการอากาศ แบคทีเรียชนิดนี้จะทำปฏิกิริยากับซัลไฟด์ (Sulfide) ที่มีอยู่ในน้ำ ทำให้เกิดเป็นกรดไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen Sulfide; H_2S) ขึ้น ซึ่งเป็นกรดที่มีการกัดกร่อนรุนแรง ซึ่งจะยับยั้งการทำงานของกลุ่มแบคทีเรียผลิตก๊าซมีเทน ทำให้ไม่สามารถทำงานได้ ค่าอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ไปเป็นก๊าซมีเทนจึงมีในปริมาณค่าการเกิดเป็นก๊าซมีเทนต่ำลง

3. เปรียบเทียบผลการทดลองช่วงที่ 1 และ 2

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบยูเอสบี 2 เฟส 2 แสดง ในการทดลองช่วงที่ 1 และ 2 ทำการเปรียบเทียบที่ค่าความเข้มข้นซีโอดี 20,000 มก./ลิตร โดยที่ค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบเฉลี่ยจริงในช่วงการทดลองที่ 1 คือ 17,000 มก./ลิตร และช่วงการทดลองที่ 2 คือ 20,550 มก./ลิตร เพื่อหาสภาวะเหมาะสมที่ทำให้ประสิทธิภาพของระบบยูเอสบี 2 เฟส 2 แสดง สูงสุด ในสภาวะที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิของระบบ และไม่มี การปรับสภาพค่าคงตลอดการทดลอง

3.1 อุณหภูมิ

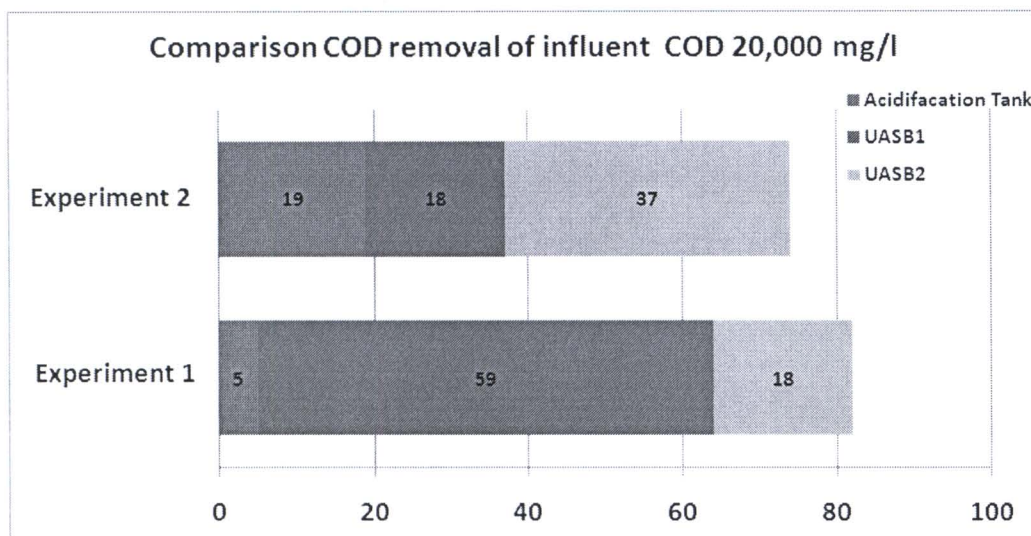
จากภาพที่ 4-26 แสดงว่าการทดลองในช่วงการทดลองที่ 1 มีค่าอุณหภูมิสูงกว่า การทดลองในช่วงที่ 2 ทั้งในอุณหภูมิห้อง ถึงยูเอสบี1 และ ถึงถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 โดยมีค่าอุณหภูมิห่างกัน 2-3 °C ส่งผลกระทบต่อ



ภาพที่ 4-26 เปรียบเทียบอุณหภูมิ ที่ค่าความเข้มข้นซีโอดี 20,000 มก./ลิตร

3.2 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี

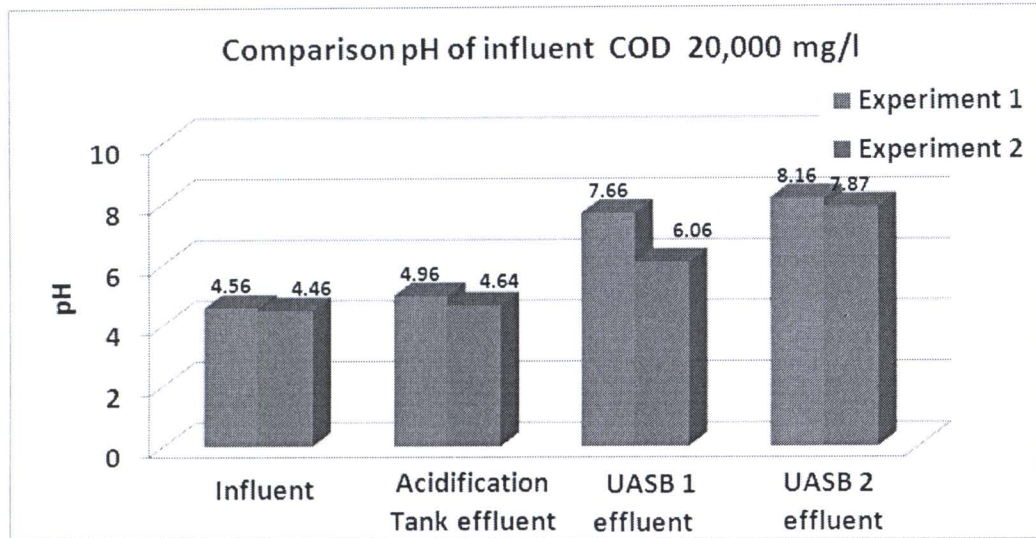
จากภาพที่ 4-27 แสดงว่าที่ค่าความเข้มข้นซีโอดี 20,000 มก./ลิตร การทดลองในช่วงที่ 1 มีค่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีรวมร้อยละ 84 โดยที่มีการย่อยสลายในถังหมักกรด ร้อยละ 5 การย่อยสลายส่วนมากเกิดในถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี1 สูงถึงร้อยละ 59 แต่ยังสามารถย่อยสลายต่อไปได้อีก ในถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี2 ถึงร้อยละ 18 ส่วนการทดลองในช่วงที่ 2 มีค่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีรวมร้อยละ 74 โดยที่มีการย่อยสลายในถังหมักกรด ร้อยละ 19 การย่อยสลายส่วนมากในเกิดถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี1 ร้อยละ 18 แต่ยังสามารถย่อยสลายต่อไปได้อีก ในถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี2 ถึงร้อยละ 37 โดยสามารถเปรียบเทียบได้ว่าการทดลองช่วงที่ 1 มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงกว่าในการทดลองช่วงที่ 2 ถึงร้อยละ 10



ภาพที่ 4-27 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ที่ค่าความเข้มข้นซีโอดี 20,000 มก./ลิตร

3.3 ฟีเอช

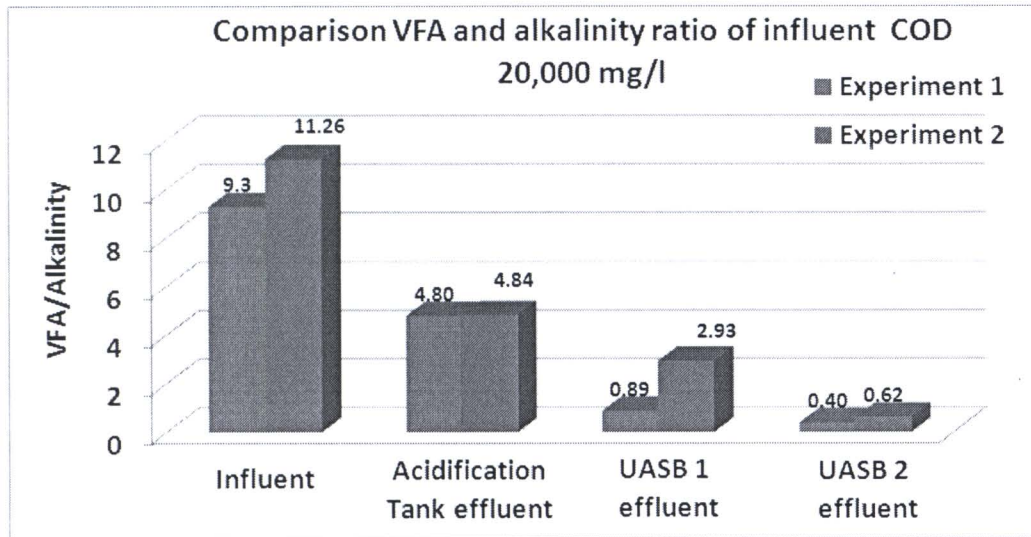
จากภาพที่ 4-28 เมื่อเปรียบเทียบค่าฟีเอชน้ำเสียออกจากระบบในถังหมักกรด ในการทดลองช่วงที่2 มีค่าฟีเอชเฉลี่ยต่ำกว่าในการทดลองช่วงที่1 ประมาณ 0.3-0.4 น้ำเสียออกจากระบบในถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี1 ค่าฟีเอชในการทดลองช่วงที่2 มีค่าฟีเอชเฉลี่ยต่ำกว่าในการทดลองช่วงที่1 ประมาณ 1.5-2.0 น้ำเสียออกจากระบบในถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี2 ค่าฟีเอชในการทดลองช่วงที่2 มีค่าฟีเอชเฉลี่ยต่ำกว่าในการทดลองช่วงที่1 ประมาณ 0.3-0.4 ช่วงฟีเอชที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียผลิตก๊าซมีเทนควรมีค่าฟีเอชอยู่ในช่วง 6.5 – 8.2 (Speece, 1996)



ภาพที่ 4-28 เปรียบเทียบพีเอช ที่ค่าความเข้มข้นซีโอดี 20,000 มก./ลิตร

3.4 อัตราส่วนระหว่างกรดไขมันระเหยง่ายกับสภาพด่างทั้งหมด

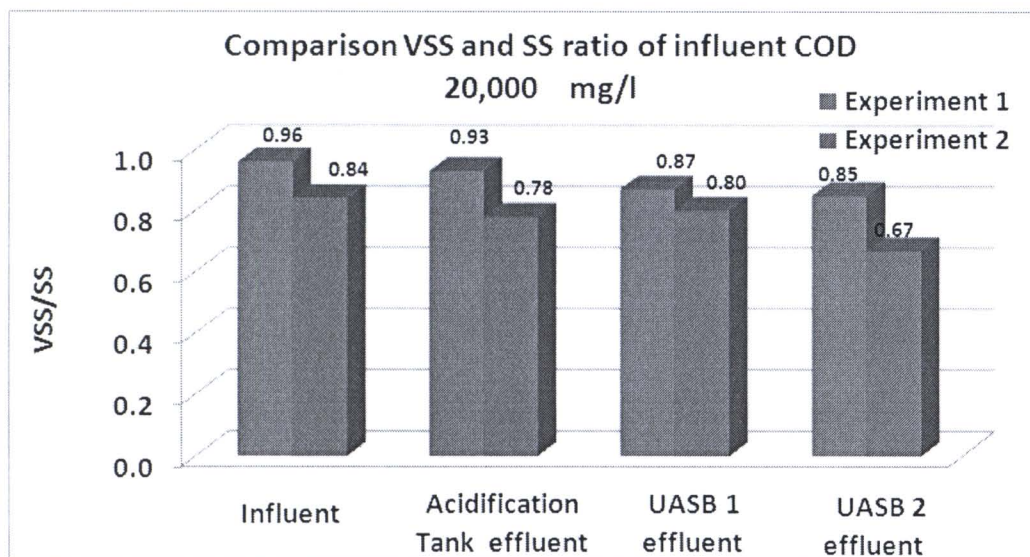
จากภาพที่ 4-29 แสดงว่าค่าอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันระเหยง่ายกับสภาพด่างทั้งหมดในการทดลองช่วงที่ 2 มีค่ามากกว่า 0.8 ทำให้ระบบจะไม่สามารถรักษาสมดุลพีเอชให้คงที่ได้ โดยเมื่อมีการเพิ่มของกรดไขมันเพียงเล็กน้อยจะทำให้พีเอชมีค่าเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ในการทดลองช่วงที่ 1 ค่าอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันระเหยง่ายกับสภาพด่างทั้งหมด ถึงปฏิกิริยาเอเอสบี 1 และ ถึงปฏิกิริยาเอเอสบี 2 มีค่า 0.89 และ 0.4 ตามลำดับ ซึ่งระบบยังคงสามารถทำงานได้ดี เนื่องจากอัตราส่วนกรดไขมันระเหยง่ายต่อสภาพด่างทั้งหมดควรอยู่ที่ 0.2 ถึง 0.4 (Speece et al., 1995) ซึ่งแสดงว่าระบบทำงานได้ดี และถ้าอัตราส่วนกรดไขมันระเหยง่ายต่อสภาพด่างทั้งหมดสูงกว่า 0.8 ระบบจะไม่สามารถรักษาสมดุลพีเอชให้คงที่ได้ โดยเมื่อมีการเพิ่มของกรดไขมันเพียงเล็กน้อยจะทำให้พีเอชมีค่าเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ดังในการทดลองช่วงที่ 2 ถึงปฏิกิริยาเอเอสบี 2 มีค่าพีเอชเฉลี่ยสูงถึง 2.93 ซึ่งส่งผลทำให้ระบบจะไม่สามารถรักษาสมดุลพีเอชให้คงที่ได้



ภาพที่ 4-29 เปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันระเหยง่ายกับสภาพด่างทั้งหมดที่ค่าความเข้มข้นซีไอดี 20,000 มก./ลิตร

3.5 อัตราส่วนค่าตะกอนแขวนลอยกับค่าตะกอนแขวนลอยระเหย

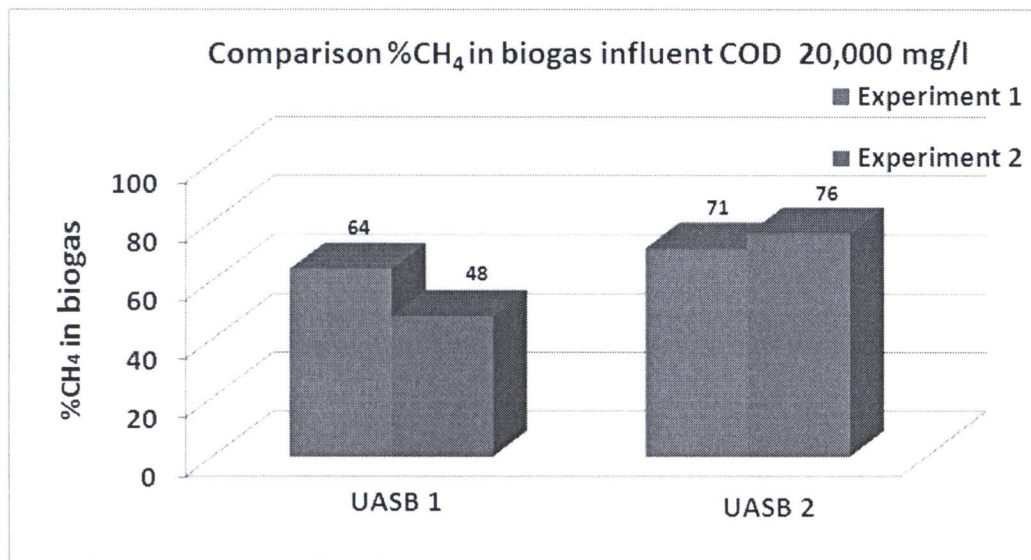
จากภาพที่ 4-30 ค่าอัตราส่วนค่าตะกอนแขวนลอยกับค่าตะกอนแขวนลอยระเหย ในการทดลองช่วงที่ 1 มีค่ามากกว่า 0.8 แสดงถึงระบบสามารถย่อยสลายอินทรีย์ได้ในปริมาณมาก แต่ค่าอัตราส่วนค่าตะกอนแขวนลอยกับค่าตะกอนแขวนลอยระเหย ในถังปฏิกรณ์ยูเอสบี2 ในการทดลองช่วงที่ 2 มีค่าน้อยกว่า 0.8 แสดงว่าระบบไม่สามารถตกตะกอนได้เพราะมีปริมาณสารอินทรีย์มาก



ภาพที่ 4-30 เปรียบเทียบอัตราส่วนค่าตะกอนแขวนลอยกับค่าตะกอนแขวนลอยระเหยที่ค่าความเข้มข้นซีไอดี 20,000 มก./ลิตร

3.6 ร้อยละก๊าซมีเทน

จากภาพที่ 4-31 แสดงถึงค่าร้อยละก๊าซมีเทนซึ่งบ่งบอกประสิทธิภาพกลุ่มแบคทีเรียที่ผลิตก๊าซมีเทน โดยที่ในการทดลองช่วงที่ 1 มีร้อยละการผลิตมีเทน ใกล้เคียงกัน แสดงว่าสถานะในถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี 1 และ ถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี 2 เหมาะสมต่อการผลิตก๊าซมีเทน แต่ในการทดลองช่วงที่ 2 ในถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี 1 และ ถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี 2 มีค่าร้อยละก๊าซมีเทนเฉลี่ย 48 และ 76 ตามลำดับ แสดงว่าสถานะในถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบี 1 ในการทดลองช่วงที่ 2 มีค่าไม่เหมาะสม เนื่องจากค่าร้อยละมีเทนที่เหมาะสมสำหรับน้ำเสียจากโรงกลั่นเอทานอลที่ใช้กากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบซึ่งมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบทางชีวเคมีหลัก ควรมีค่าร้อยละก๊าซมีเทนอยู่ในช่วงร้อยละ 60-80 (Speece, 1996)



ภาพที่ 4-31 เปรียบเทียบร้อยละก๊าซมีเทน ที่ค่าความเข้มข้นซีโอดี 20,000 มก./ลิตร

3.7 เปรียบเทียบผลการทดลองจากการศึกษาวิจัยกับผลการวิจัยที่ศึกษาผ่านมา

การศึกษาประสิทธิภาพระบบยูเอเอสบี 2 เฟส 2 แสดง จากน้ำเสียน้ำกากส่าที่มาจากโรงกลั่นเอทานอล โดยมีค่าความเข้มข้นซีโอดีน้ำเสียเข้าระบบ 20 ก. ซีโอดี/ลิตร ปริมาตร 22.4 ลิตร ระยะเวลาพักเก็บ 5 วัน ทำการทดลองทั้งหมด 139 วัน มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีร้อยละ 82 ค่าการเกิดก๊าซมีเทนร้อยละ 71 เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ศึกษาผ่านมาพบว่า มีค่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงกว่า ร้อยละ 11-27 ในการทดลองที่สภาวะใกล้เคียงกัน และเมื่อสังเกตในการทดลองของระบบยูเอเอสบี 2 เฟส หรือ ยูเอเอสบี 2 แสดง มีค่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงถึงร้อยละ 80-90 แสดงว่าการใช้ระบบยูเอเอสบี 2 เฟส 2 แสดง เหมาะสมกับน้ำเสียโรงกลั่นเอทานอลจากกากน้ำตาล ดังแสดงค่าในตารางที่ 4-10



ตารางที่ 4-10 การเปรียบเทียบงานวิจัยที่เคยศึกษาผ่านมากับการทดลองวิจัยครั้งนี้

Type reactor	Volume (L)	Wastewater	COD (g.COD/L)	HRT (d)	COD Removal (%)	Reference
UASB 2 phase	6.8	molasses	130	1.2	58	สุเมธ,2540
UASB 2 Stage	11.5	Solid Waste	20	5.75	80	Osman Nuri,2004
UASB 2 Stage	-	Palm waste	30	-	90	Rafael Borja,1995
2 Phase 2 Stage UASB	10	Fruit waste	3	0.4	90	Vasleios,2007
UASB	48	Sugar cane molasses	50	10	70	Driessen,1995
UASB	5000	Beet molasses	10	0.54	55.4	Pipyn <i>et al</i> , 1979
UASB	-	Cane molasses	88	4.4	61	Morris and Burgess, 1984
UASB	100	Cane molasses	46	2	71.3	Sanchez Rireia <i>et al</i> , 1985
UASB	2.3	Cane molasses	68.9	3.2	58	Espinosa <i>et al</i> , 1995
2 phase 2 stage UASB	22.4	Sugar Cane molasses	20	5	82	This Study