



ผลการทดลอง และการวิจารณ์

4.1 การดำเนินการทดลอง

ในงานวิจัยนี้จะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงที่ 1 เป็นการศึกษาความเหมาะสมในการใช้ระบบยูเอเอสบีเป็นระบบบำบัดขั้นต้น ในกระบวนการยูเอเอสบี - อีจีเอสบี สำหรับการบำบัดน้ำเสียจากศูนย์การค้า ในขณะที่ช่วงที่ 2 เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการยูเอเอสบี - อีจีเอสบี ที่มีความเร็วไหลขึ้นของระบบอีจีเอสบีเปลี่ยนไป

โดยก่อนที่จะทำการทดลองในช่วงที่ 1 และ 2 จะต้องทำการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ในถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบีและอีจีเอสบีเสียก่อน ในงานวิจัยนี้จะใช้เชื้อตะกอนจุลินทรีย์ จากกระบวนการยูเอเอสบี ที่ใช้บำบัดน้ำเสียจากโรงงานเส้นไหมซอเฮง จังหวัดนครปฐม โดยจะทำการคัดขนาดของเชื้อตะกอนจุลินทรีย์ ซึ่งจะเลือกเฉพาะที่มีขนาดใหญ่และตกตะกอนได้ดี ทำการเติมเชื้อตะกอนจุลินทรีย์ลงในถังปฏิกรณ์ ซึ่งคิดเป็นความเข้มข้นประมาณ 25 กก. VSS/ม³

เนื่องจากน้ำเสียที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นน้ำเสียชุมชนจากกลุ่มอาคารศูนย์การค้ามาบุญครอง ซึ่งมีค่าซีโอดีค่อนข้างต่ำ คืออยู่ในช่วงประมาณ 400 – 700 มก./ล. ดังนั้นในการเริ่มต้นเดินระบบจึงใช้น้ำเสียจริงป้อนเข้าสู่ระบบเลย โดยในช่วงแรกจะปรับความเร็วไหลขึ้นในระบบจากค่าต่ำๆก่อน เพื่อให้เชื้อตะกอนจุลินทรีย์เกิดความคุ้นเคย แล้วจึงเพิ่มความเร็วไหลขึ้นไปจนกระทั่งค่าความเร็วไหลขึ้น อยู่ในช่วงการทดลองที่ 1 ซึ่งจะใช้เวลาในการเลี้ยงเชื้อตะกอนจุลินทรีย์ ประมาณ 1 เดือน

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองทั้งหมดประมาณ 5 เดือน โดยได้เริ่มต้นการทดลองตั้งแต่วันที่ 1 พฤษภาคม ถึง กันยายน 2547 ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ขั้นตอนการวิจัย

ลำดับการทดลอง	พ.ศ. 2547				
	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
การเริ่มต้นเลี้ยงเชื้อในระบบ	←→				
บำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการยูเอเอสบี-อีจีเอสบี กับกระบวนการอีจีเอสบี		←→			
บำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการยูเอเอสบี-อีจีเอสบี ที่ความเร็วไหลขึ้นในระบบอีจีเอสบีมีค่าต่างๆ				←→	

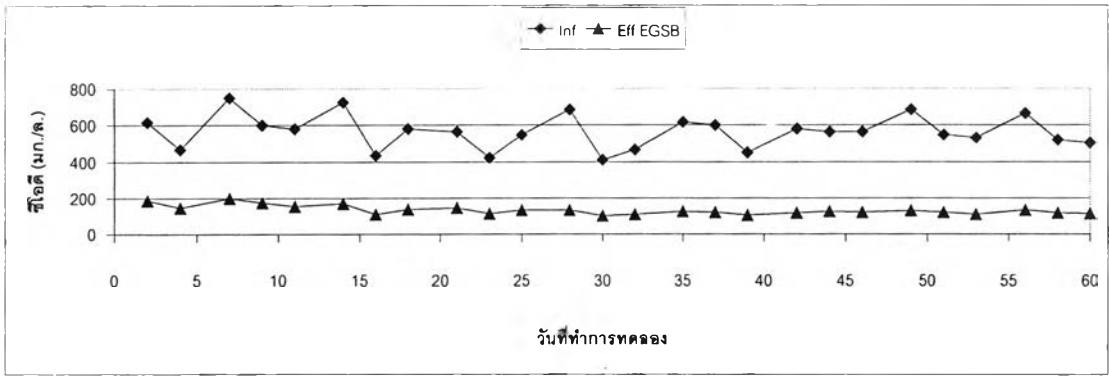
4.2 ศึกษาความเหมาะสมในการใช้ระบบยูเอเอสบีเป็นระบบบำบัดขั้นต้น ในกระบวนการยูเอเอสบี - อีจีเอสบี (การทดลองครั้งที่ 1)

โดยการทดลองในช่วงนี้ จะเป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระบวนการอีจีเอสบี กับกระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี ในการบำบัดน้ำเสียจากศูนย์การค้าที่มีปริมาณของแข็งแขวนลอยค่อนข้างสูง โดยค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบ ได้แก่ ซีไอดี บีไอดี ของแข็งแขวนลอย และทีเคเอ็น ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าซีไอดี บีไอดี ของแข็งแขวนลอย และทีเคเอ็น ของการทดลองครั้งที่ 1 แสดงดังตารางที่ 4.2 ซึ่งแสดงเป็นค่าเฉลี่ยในช่วงที่ระบบอยู่ในสภาวะคงตัว

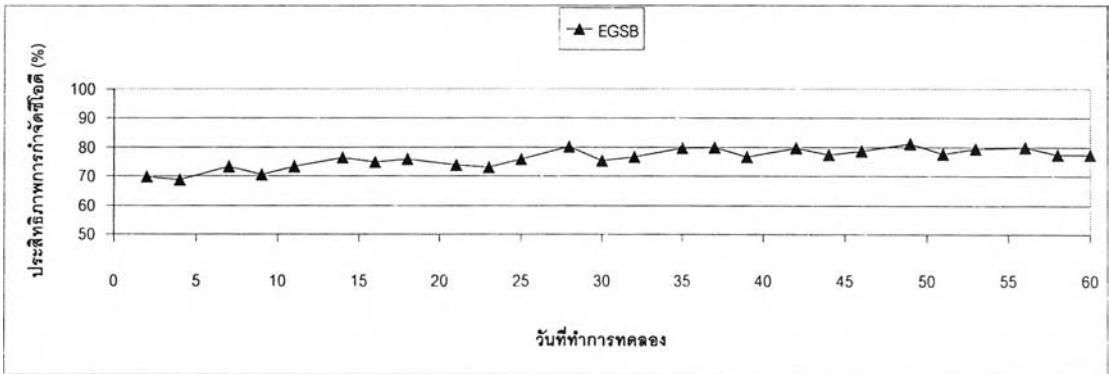
การกำจัดซีไอดี

ค่าซีไอดีเฉลี่ยของน้ำเสียเข้าระบบเท่ากับ 560 มก./ล. โดยในชุดการทดลองที่ 1 ที่ไม่มีระบบยูเอเอสบีเป็นระบบบำบัดขั้นต้น น้ำออกจากระบบอีจีเอสบีมีค่าซีไอดีเฉลี่ยเท่ากับ 119 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีเท่ากับ 78.5 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 ที่มีระบบยูเอเอสบีเป็นระบบบำบัดขั้นต้น น้ำออกจากระบบยูเอเอสบี มีค่าซีไอดีเฉลี่ยเท่ากับ 193 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีเท่ากับ 65.4 เปอร์เซ็นต์ น้ำออกจากระบบอีจีเอสบี มีค่าซีไอดีเฉลี่ยเท่ากับ 53 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีเท่ากับ 72.4 เปอร์เซ็นต์ และคิดเป็นประสิทธิภาพรวมของกระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี ในการกำจัดซีไอดีเท่ากับ 90.5 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าซีไอดีและประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีตลอดการทดลองในช่วงนี้ แสดงดังรูปที่ 4.1

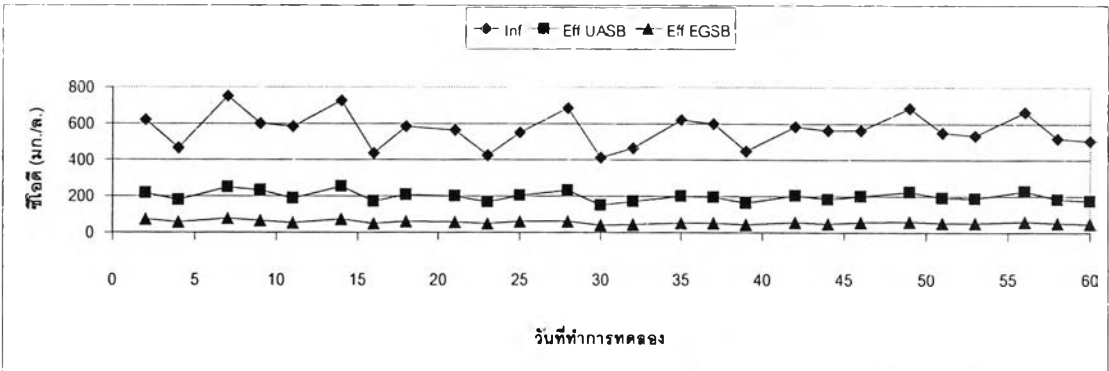
จากผลการทดลอง พบว่า กระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอดีสูงกว่ากระบวนการอีจีเอสบี เนื่องจากระบบยูเอเอสบีจะช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียส่วนหนึ่งก่อนที่จะเข้าสู่ระบบอีจีเอสบี ซึ่งเป็นการลดภาระบรรทุกสารอินทรีย์ให้กับระบบอีจีเอสบี กล่าวคือ ในชุดการทดลองที่ 1 ระบบอีจีเอสบี จะมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ประมาณ 7 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน ขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 ระบบยูเอเอสบี จะมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ประมาณ 5 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน และระบบอีจีเอสบีจะมีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ประมาณ 2 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน



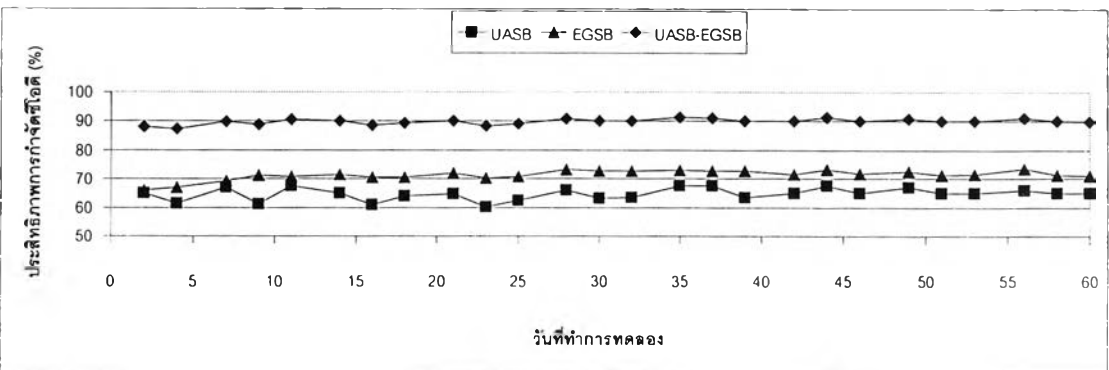
ก) การกำจัดซีโอดีของกระบวนการอีจีเอสบี



ข) ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของกระบวนการอีจีเอสบี



ค) การกำจัดซีโอดีของกระบวนการยูเอสบี - อีจีเอสบี



ง) ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของกระบวนการยูเอสบี - อีจีเอสบี

รูปที่ 4.1 การกำจัดซีโอดีในการทดลองครั้งที่ 1

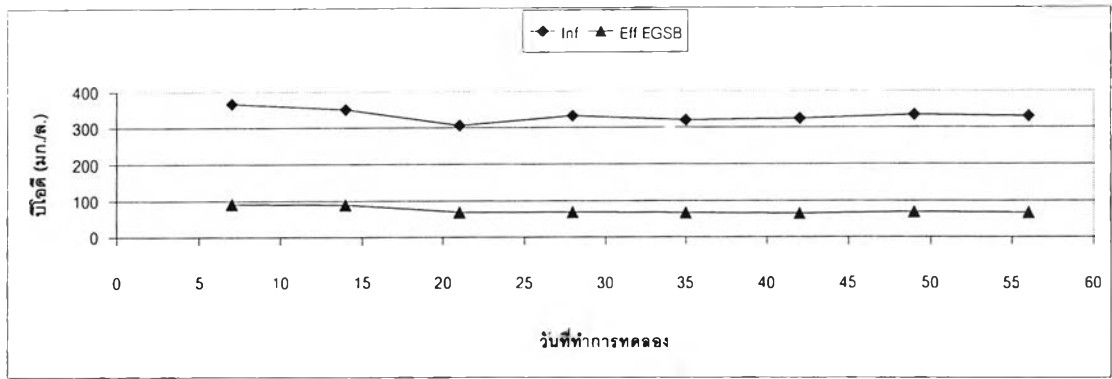
การกำจัดบีโอดี

ค่าบีโอดีเฉลี่ยของน้ำเสียเข้าระบบเท่ากับ 329 มก./ล. โดยในชุดการทดลองที่ 1 ที่ไม่มีระบบยูเอเอสบีเป็นระบบบำบัดขั้นต้น น้ำออกจากระบบอีจีเอสบี มีค่าบีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 68 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีเท่ากับ 79.4 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 ที่มีระบบยูเอเอสบีเป็นระบบบำบัดขั้นต้น น้ำออกจากระบบยูเอเอสบี มีค่าบีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 112 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีเท่ากับ 65.9 เปอร์เซ็นต์ น้ำออกจากระบบอีจีเอสบี มีค่าบีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 31 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีเท่ากับ 72.7 เปอร์เซ็นต์ และคิดเป็นประสิทธิภาพรวมของกระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี ในการกำจัดบีโอดีเท่ากับ 90.7 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าบีโอดีและประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีตลอดการทดลองในช่วงนี้ แสดงดังรูปที่ 4.2

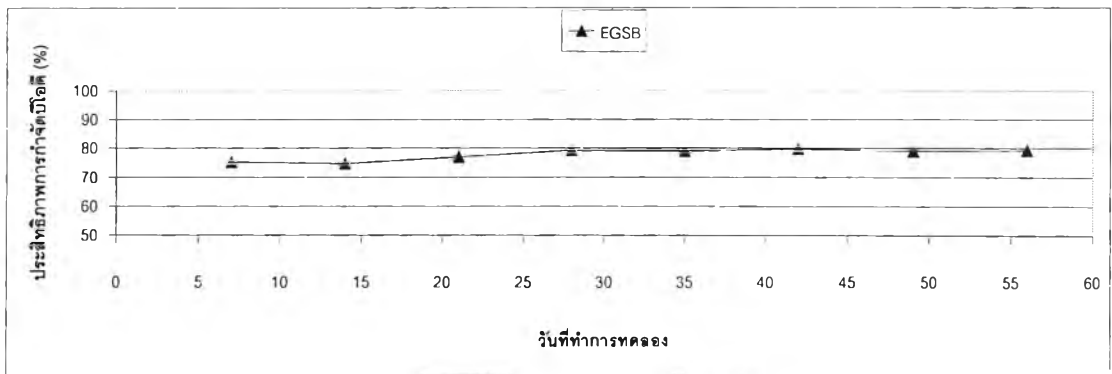
จากผลการทดลอง พบว่า กระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี มีประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีสูงกว่ากระบวนการอีจีเอสบี ซึ่งเป็นไปในลักษณะเดียวกับค่าซีโอดี เนื่องจากว่า ค่าบีโอดีเป็นสารอินทรีย์ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของค่าซีโอดี กล่าวคือ ระบบยูเอเอสบีจะช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียส่วนหนึ่งก่อนที่จะเข้าสู่ระบบอีจีเอสบี ซึ่งเป็นการลดภาระบรรทุกสารอินทรีย์ให้กับระบบอีจีเอสบี ตามที่กล่าวไว้แล้วข้างต้นในหัวข้อของการกำจัดซีโอดี

การกำจัดของแข็งแขวนลอย

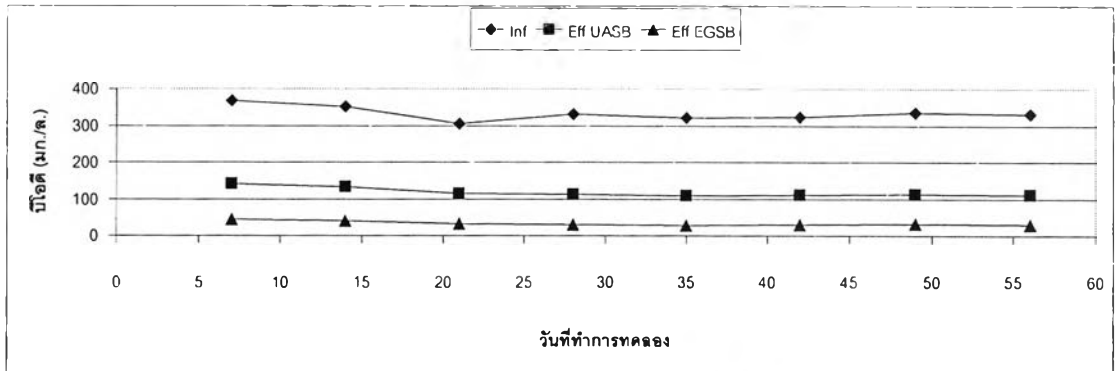
ค่าของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยของน้ำเสียเข้าระบบเท่ากับ 227 มก./ล. โดยในชุดการทดลองที่ 1 ที่ไม่มีระบบยูเอเอสบีเป็นระบบบำบัดขั้นต้น น้ำออกจากระบบอีจีเอสบี มีค่าของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยเท่ากับ 77 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 65.9 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 ที่มีระบบยูเอเอสบีเป็นระบบบำบัดขั้นต้น น้ำออกจากระบบยูเอเอสบี มีค่าของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยเท่ากับ 51 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 77.4 เปอร์เซ็นต์ น้ำออกจากระบบอีจีเอสบี มีค่าของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยเท่ากับ 17 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 65.5 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นประสิทธิภาพรวมของกระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี ในการกำจัดของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 92.2 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ค่าของแข็งแขวนลอยและประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยตลอดการทดลองในช่วงนี้ แสดงดังรูปที่ 4.3



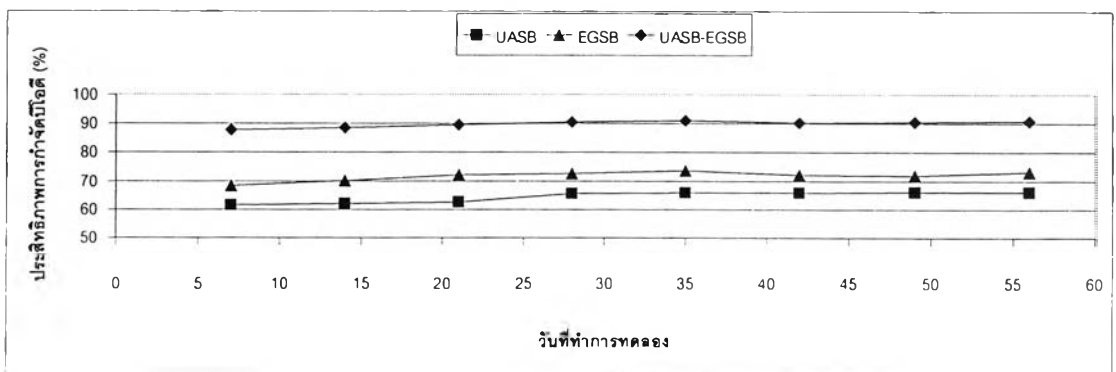
ก) การกำจัดบีโอดีของกระบวนการซีจีเอสบี



ข) ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีของกระบวนการซีจีเอสบี



ค) การกำจัดบีโอดีของกระบวนการยูเอสบี - ซีจีเอสบี



ง) ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีของกระบวนการยูเอสบี - ซีจีเอสบี

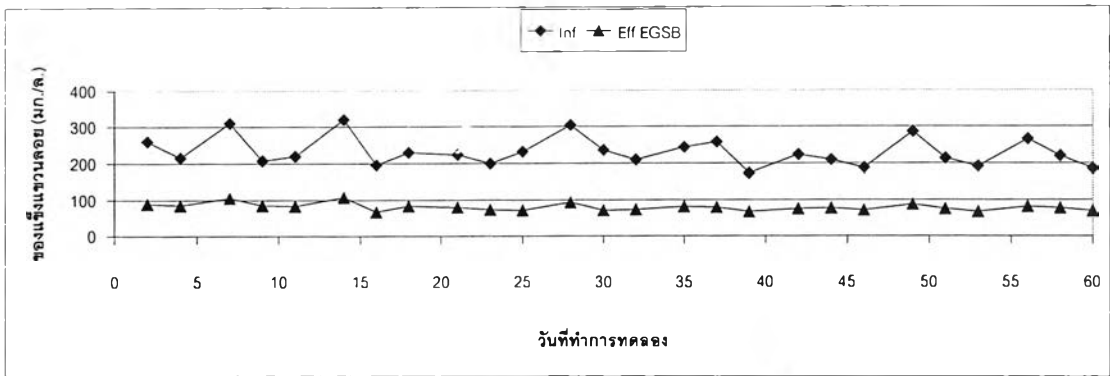
รูปที่ 4.2 การกำจัดบีโอดีในการทดลองครั้งที่ 1

จากผลการทดลอง พบว่า กระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี มีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยสูงกว่ากระบวนการอีจีเอสบี เนื่องจากระบบอีจีเอสบีมีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยค่อนข้างต่ำ ทำให้มีของแข็งแขวนลอยหลุดออกมากับน้ำทิ้งค่อนข้างสูง ดังนั้น ในชุดการทดลองที่ 2 ระบบยูเอเอสบี จะช่วยดักจับของแข็งแขวนลอยไว้ส่วนหนึ่งก่อนที่จะเข้าสู่ระบบอีจีเอสบี ทำให้มีของแข็งแขวนลอยหลุดออกมากับน้ำทิ้งค่อนข้างต่ำ ซึ่งจะเห็นได้ว่าระบบยูเอเอสบี จะช่วยดักจับของแข็งแขวนลอยไว้ถึง 77.4 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีของแข็งแขวนลอยเหลือเพียง 22.6 เปอร์เซ็นต์ ที่เข้าสู่ระบบอีจีเอสบี

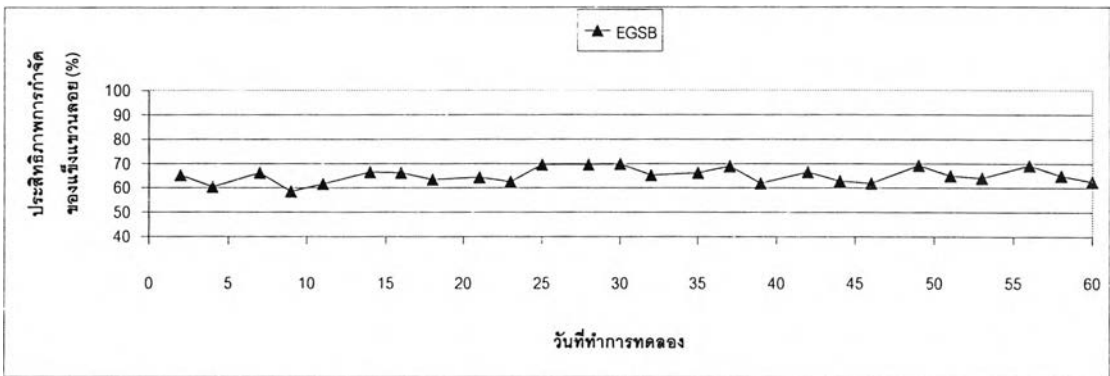
การกำจัดทีเคเอ็น

ค่าทีเคเอ็นเฉลี่ยของน้ำเสียเข้าระบบเท่ากับ 63 มก./ล. ในโตรเจน โดยในชุดการทดลองที่ 1 ที่ไม่มีระบบยูเอเอสบีเป็นระบบบำบัดขั้นต้น น้ำออกจากระบบอีจีเอสบี มีค่าทีเคเอ็นเฉลี่ยเท่ากับ 59 มก./ล. ในโตรเจน คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นเท่ากับ 6.3 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 ที่มีระบบยูเอเอสบีเป็นระบบบำบัดขั้นต้น น้ำออกจากระบบยูเอเอสบี มีค่าทีเคเอ็นเฉลี่ยเท่ากับ 60 มก./ล. ในโตรเจน คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นเท่ากับ 5.1 เปอร์เซ็นต์ น้ำออกจากระบบอีจีเอสบี มีค่าทีเคเอ็นเฉลี่ยเท่ากับ 56 มก./ล. ในโตรเจน คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นเท่ากับ 6.7 เปอร์เซ็นต์ และคิดเป็นประสิทธิภาพรวมของกระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบีในการกำจัดทีเคเอ็นเท่ากับ 11.4 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าทีเคเอ็นและประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นตลอดการทดลองในช่วงนี้ แสดงดังรูปที่ 4.4

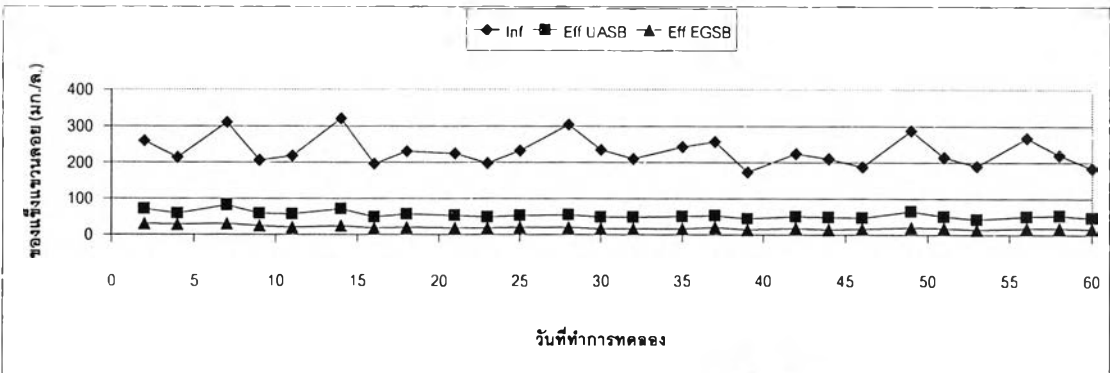
จากผลการทดลอง พบว่า ค่าทีเคเอ็นในน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบยูเอเอสบี และระบบอีจีเอสบี ในทั้ง 2 ชุดการทดลอง มีความแตกต่างกันน้อยมาก ซึ่งเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นว่าระบบยูเอเอสบี และระบบอีจีเอสบี ไม่สามารถกำจัดทีเคเอ็นได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากว่าระบบยูเอเอสบี และระบบอีจีเอสบี เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ จึงไม่สามารถกำจัดค่าทีเคเอ็นโดยกระบวนการไนตริฟิเคชัน และดีไนตริฟิเคชัน ซึ่งเป็นการเปลี่ยนทีเคเอ็นให้กลายเป็นก๊าซไนโตรเจนได้ โดยค่าทีเคเอ็นที่ลดลงในระบบยูเอเอสบี และระบบอีจีเอสบีนั้น เกิดจากการนำไนโตรเจนไปใช้ในการดำรงชีวิตและสร้างเซลล์ของจุลินทรีย์ ซึ่งจุลินทรีย์ในระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ มีความต้องการไนโตรเจนในปริมาณที่น้อยมาก โดยมีอัตราส่วนความต้องการของ COD : N เท่ากับ 350 : 5 ดังนั้นจึงไม่มีนัยสำคัญต่อปริมาณทีเคเอ็นที่เปลี่ยนแปลง



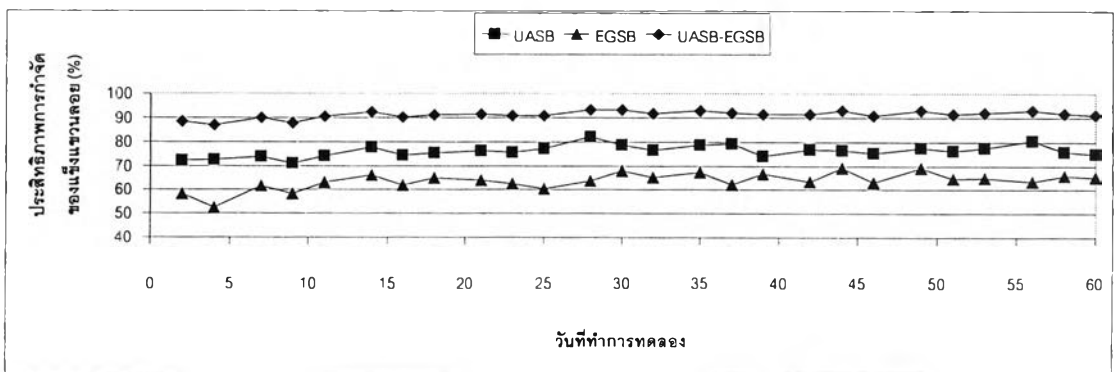
ก) การกำจัดของแข็งแขวนลอยของกระบวนการซีจีเอสบี



ข) ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยของกระบวนการซีจีเอสบี

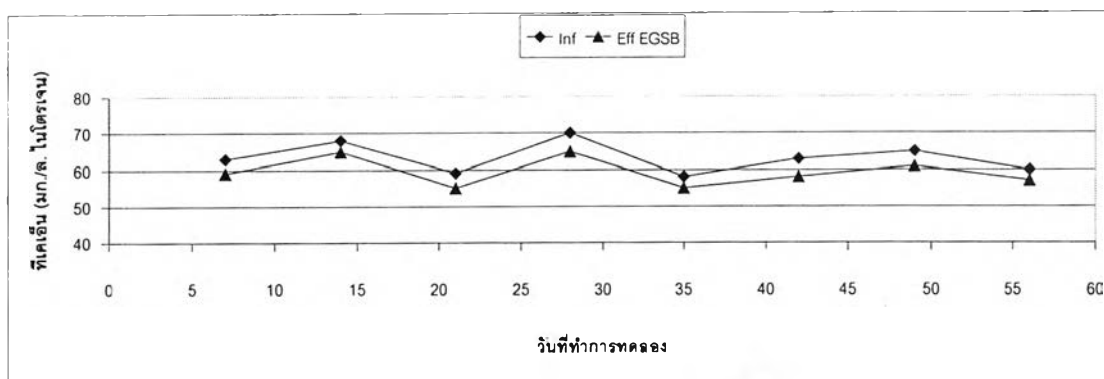


ค) การกำจัดของแข็งแขวนลอยของกระบวนการยูเอสบี - ซีจีเอสบี

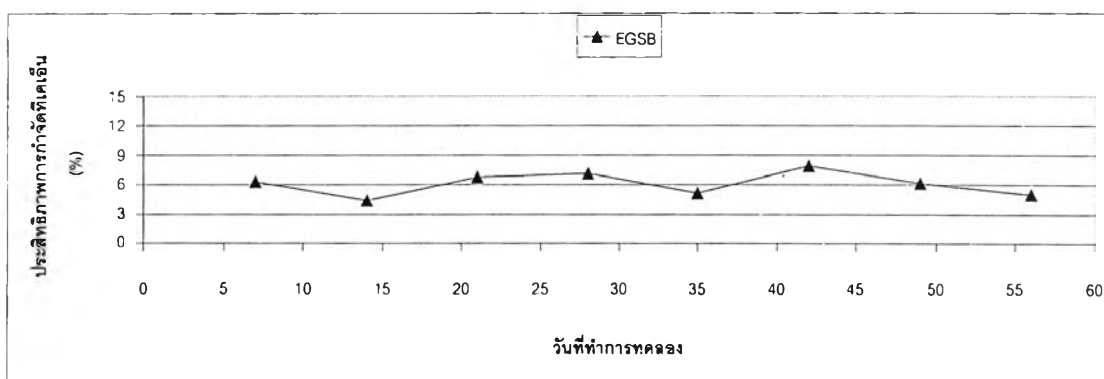


ง) ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยของกระบวนการยูเอสบี - ซีจีเอสบี

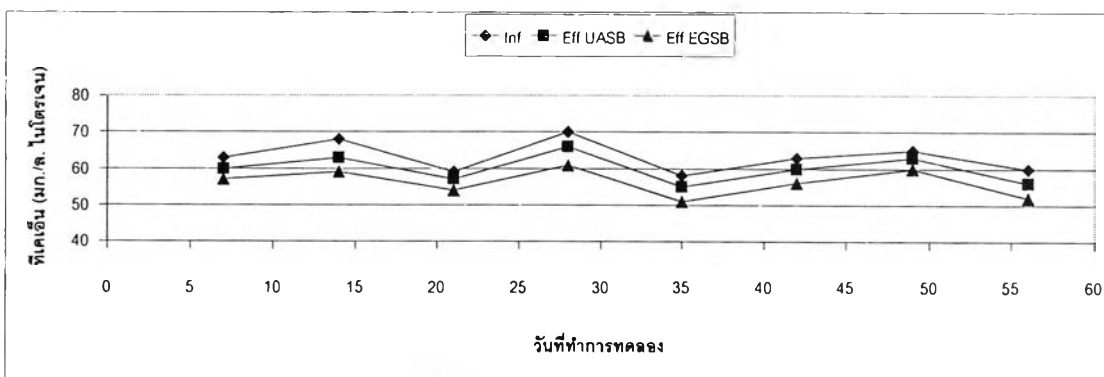
รูปที่ 4.3 การกำจัดของแข็งแขวนลอยในการทดลองช่วงที่ 1



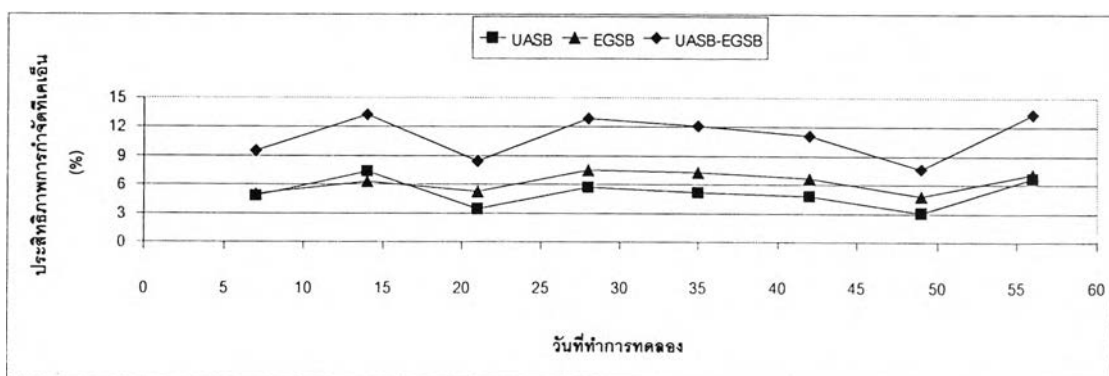
ก) การกำจัดที่เคเอ็นของกระบวนการอีจีเอสบี



ข) ประสิทธิภาพการกำจัดที่เคเอ็นของกระบวนการอีจีเอสบี



ค) การกำจัดที่เคเอ็นของกระบวนการยูเอสบี - อีจีเอสบี



ง) ประสิทธิภาพการกำจัดที่เคเอ็นของกระบวนการยูเอสบี - อีจีเอสบี

รูปที่ 4.4 การกำจัดที่เคเอ็นในการทดลองครั้งที่ 1

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์ประสิทธิภาพระบบจากผลการทดลอง ช่วงที่ 1

พารามิเตอร์	น้ำเข้า ระบบ	ชุดการทดลองที่ 1		ชุดการทดลองที่ 2	
		น้ำออกจากระบบ		น้ำออกจากระบบ	
		ยูเอเอสบี	อีจีเอสบี	ยูเอเอสบี	อีจีเอสบี
ซีไอดี (มก./ล.) n = 15	560	-	119	193	53
ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี (%) n = 15	-	-	78.5	65.4	72.4
บีไอดี (มก./ล.) n = 5	329	-	68	112	31
ประสิทธิภาพการกำจัดบีไอดี (%) n = 5	-	-	79.4	65.9	72.7
ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.) n = 15	227	-	77	51	17
ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอย (%) n = 15	-	-	65.9	77.4	65.5
ทีเคเอ็น (มก./ล. ไนโตรเจน) n = 5	63	-	59	60	56
ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็น (%) n = 5	-	-	6.3	5.1	6.7

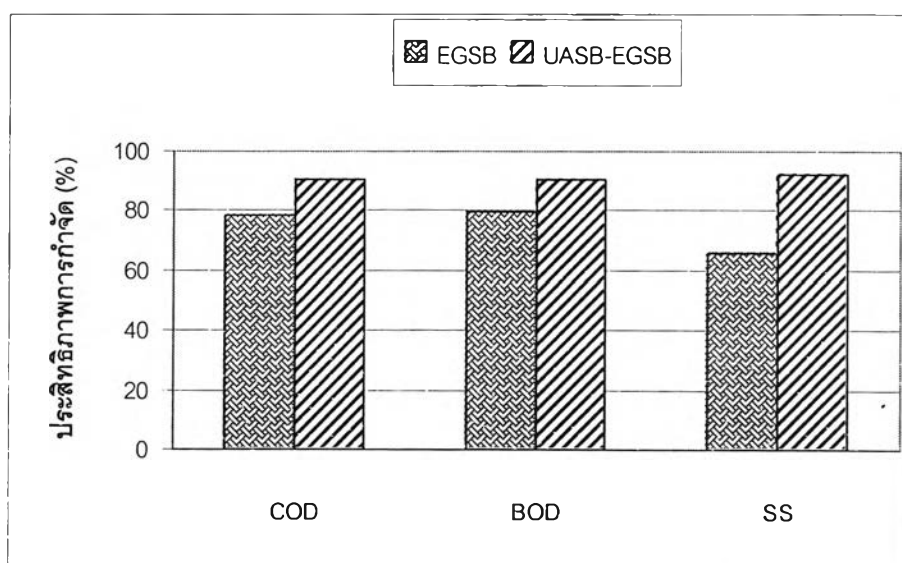
หมายเหตุ n คือ จำนวนข้อมูลที่ทำการทดลองในช่วงที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว

จากผลการทดลองที่ได้ จะเห็นได้ว่า ระบบยูเอเอสบี และระบบอีจีเอสบี ไม่สามารถกำจัดทีเคเอ็นได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากว่า ระบบยูเอเอสบี และระบบอีจีเอสบี เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ ตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ดังนั้นในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการอีจีเอสบี กับกระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี จะให้ค่าประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี บีไอดี และของแข็งแขวนลอย เป็นดัชนีในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระบวนการ

ซึ่งประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี บีไอดี และของแข็งแขวนลอยของกระบวนการอีจีเอสบี และกระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี แสดงดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.5

ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี บีไอดี และของแข็งแขวนลอยของกระบวนการอีจีเอสบี และกระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี

ระบบบำบัด	ประสิทธิภาพการกำจัด (%)		
	ซีไอดี	บีไอดี	ของแข็งแขวนลอย
กระบวนการอีจีเอสบี	78.5	79.4	65.9
กระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี	90.5	90.7	92.2



รูปที่ 4.5 ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี บีไอดี และของแข็งแขวนลอยของกระบวนการอีจีเอสบี และกระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี

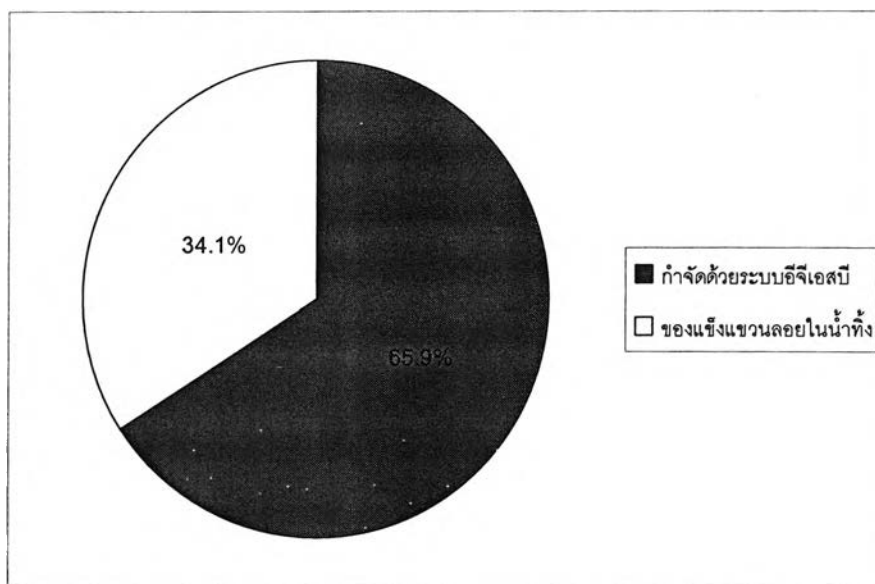
จากตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.5 จะเห็นได้ว่ากระบวนการยูเอเอสบี-อีจีเอสบี มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอดี บีไอดี และของแข็งแขวนลอย สูงกว่ากระบวนการอีจีเอสบีค่อนข้างมาก ทำให้สามารถสรุปได้ว่าการบำบัดน้ำเสียที่มีปริมาณของแข็งแขวนลอยค่อนข้างสูงนั้น การบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระบบยูเอเอสบีเป็นระบบบำบัดขั้นต้นก่อนที่จะบำบัดต่อด้วยระบบอีจีเอสบี จะมีความเหมาะสมมากกว่าการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการอีจีเอสบีเพียงอย่างเดียว เนื่องจากว่าระบบอีจีเอสบีไม่มีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยที่เพียงพอ จึงต้องใช้ระบบยูเอเอสบีเป็นระบบบำบัดขั้นต้นในการช่วยกำจัดของแข็งแขวนลอย เนื่องจากความเร็วไหลขึ้นในระบบยูเอเอสบีมีค่าต่ำ ทำให้ชั้นตะกอนจุลินทรีย์สามารถดักของแข็งแขวนลอยไว้ได้ และเกิดการย่อยสลายของแข็งแขวนลอยเป็นสารอินทรีย์ละลายน้ำ

4.3 การวิเคราะห์ความเหมาะสมในการใช้ระบบยูเอเอสบีเป็นระบบบำบัดขั้นต้น ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของกระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี

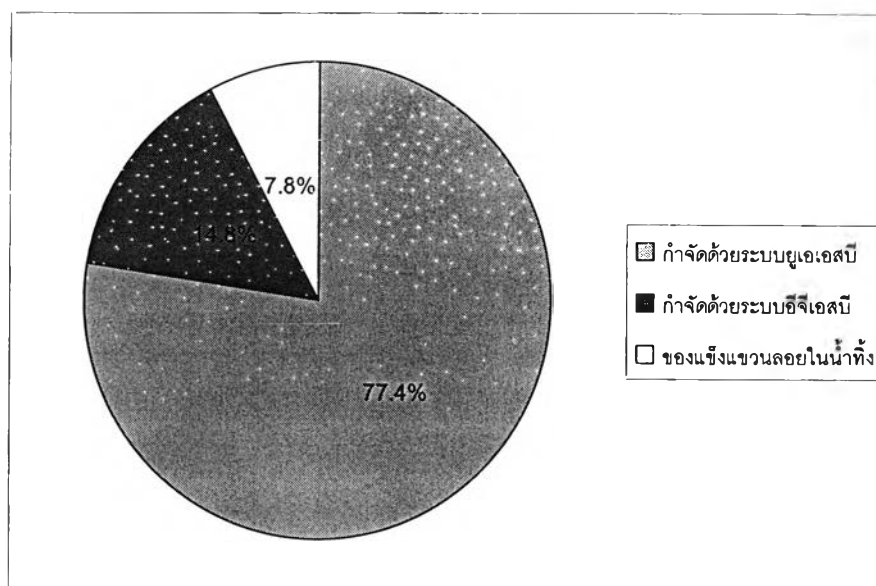
จากผลการทดลอง จะเห็นได้ว่า การใช้ระบบยูเอเอสบีเป็นระบบบำบัดขั้นต้น ในกระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี จะเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียที่มีปริมาณของแข็งแขวนลอยค่อนข้างสูง กล่าวคือ ในกระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี ระบบยูเอเอสบีจะช่วยดักจับของแข็งแขวนลอยไว้ส่วนหนึ่งก่อนที่จะเข้าสู่ระบบอีจีเอสบี ทำให้มีของแข็งแขวนลอยหลุดออกมากับน้ำทิ้งค่อนข้างต่ำ ซึ่งจากตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่า ถ้าพิจารณาเฉพาะที่ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยของระบบอีจีเอสบีนั้น จะเห็นได้ว่า ระบบอีจีเอสบีนั้นมีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยค่อนข้างต่ำ โดยประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยของระบบอีจีเอสบีในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 เท่ากับ 65.9 และ 65.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน แต่การที่ในชุดการทดลองที่ 2 มีการติดตั้งระบบยูเอเอสบีเป็นบำบัดขั้นต้น จะเห็นได้ว่า ระบบยูเอเอสบีจะช่วยดักจับของแข็งแขวนลอยไว้ถึง 77.4 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีของแข็งแขวนลอยเหลือเพียง 22.6 เปอร์เซ็นต์ที่เข้าสู่ระบบอีจีเอสบี ทำให้ระบบอีจีเอสบีในชุดการทดลองที่ 2 มีปริมาณของแข็งแขวนลอยเข้าสู่ระบบน้อยกว่าในชุดการทดลองที่ 1 และมีผลทำให้การบำบัดน้ำเสียที่มีปริมาณของแข็งแขวนลอยค่อนข้างสูงด้วยกระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยที่สูงกว่ากระบวนการอีจีเอสบีค่อนข้างมาก โดยจะเห็นได้จากรูปที่ 4.6 ซึ่งจะพบว่า มีปริมาณของแข็งแขวนลอยหลุดออกมากับน้ำทิ้งจากกระบวนการอีจีเอสบีมากกว่าจากกระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี ค่อนข้างมาก กล่าวคือ มีปริมาณของแข็งแขวนลอยหลุดออกมากับน้ำทิ้งจากกระบวนการอีจีเอสบี และจากกระบวนการยูเอเอสบี-อีจีเอสบี เท่ากับ 34.1 และ 7.8 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดที่เข้าสู่ระบบ ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยของกระบวนการอีจีเอสบี กับกระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี

ระบบบำบัด	ประสิทธิภาพการกำจัด (%)		ประสิทธิภาพรวมของระบบ
	ระบบยูเอเอสบี	ระบบอีจีเอสบี	
กระบวนการอีจีเอสบี	-	65.9	65.9
กระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี	77.4	65.5	92.2



ก) กระบวนการอีจีเอสบี



ข) กระบวนการยูเอสบี – อีจีเอสบี

รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยของกระบวนการอีจีเอสบี
กับกระบวนการยูเอสบี – อีจีเอสบี

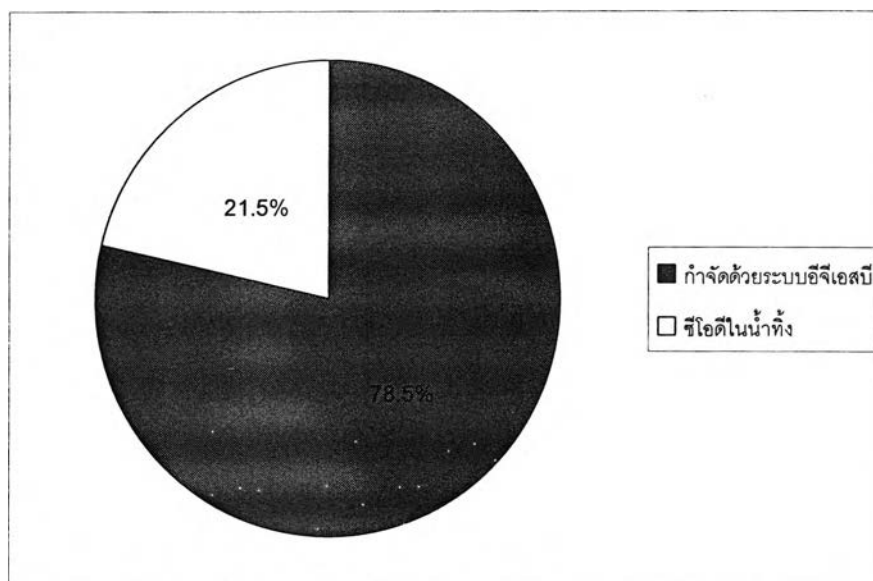
นอกจากนี้การที่มีระบบยูเอเอสบีเป็นระบบบำบัดขั้นต้น ในกระบวนการยูเอเอสบี-อีจีเอสบี ยังจะเป็นการช่วยลดภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่จะเข้าสู่ระบบอีจีเอสบีอีกด้วย โดยระบบยูเอเอสบี จะช่วยลดสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียส่วนหนึ่งก่อนที่จะเข้าสู่ระบบอีจีเอสบี ซึ่งจากตารางที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าระบบยูเอเอสบีจะช่วยสลายซีโอดีในน้ำเสียไปประมาณ 65.4 เปอร์เซ็นต์ ก่อนที่น้ำเสีย จะเข้าสู่ระบบอีจีเอสบี ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของกระบวนการยูเอเอสบี - อีจีเอสบี จะ สูงกว่าการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการอีจีเอสบีเพียงอย่างเดียวค่อนข้างมาก โดยจะเห็นได้จาก รูปที่ 4.7 ซึ่งจะพบว่า ปริมาณซีโอดีในน้ำทิ้งจากกระบวนการอีจีเอสบีมากกว่าจากกระบวนการ ยูเอเอสบี - อีจีเอสบีค่อนข้างมาก กล่าวคือ มีปริมาณซีโอดีในน้ำทิ้งจากกระบวนการอีจีเอสบีและ จากกระบวนการยูเอเอสบี-อีจีเอสบี เท่ากับ 21.5 และ 9.5 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณซีโอดีทั้งหมดที่ เข้าสู่ระบบ ตามลำดับ ซึ่งค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ของกระบวนการอีจีเอสบีกับกระบวนการยู เอเอสบี - อีจีเอสบี แสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของกระบวนการอีจีเอสบี
กับกระบวนการยูเอเอสบี - อีจีเอสบี

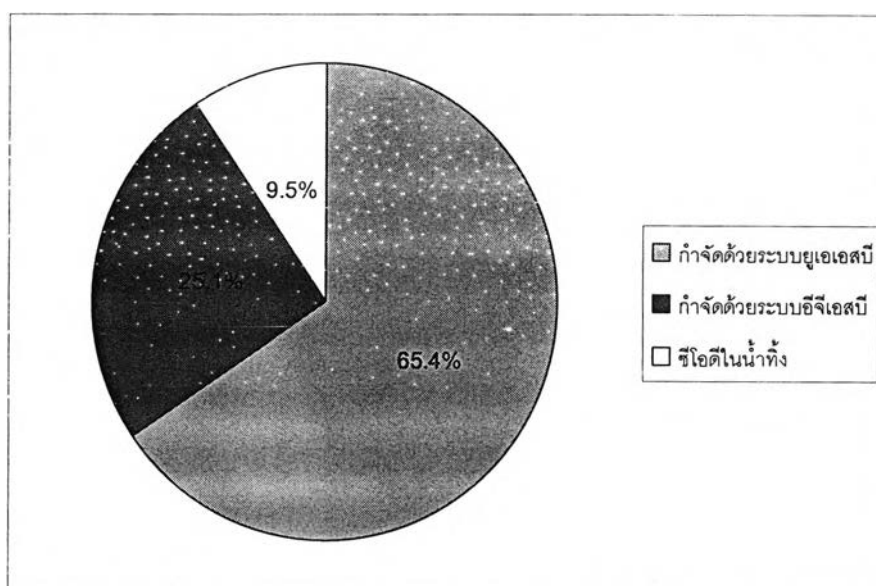
ระบบบำบัด	ประสิทธิภาพการกำจัด (%)		ประสิทธิภาพรวม ของระบบ
	ระบบยูเอเอสบี	ระบบอีจีเอสบี	
กระบวนการอีจีเอสบี	-	78.5	78.5
กระบวนการยูเอเอสบี - อีจีเอสบี	65.4	72.4	90.5

ตารางที่ 4.6 ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ของกระบวนการอีจีเอสบี
กับกระบวนการยูเอเอสบี - อีจีเอสบี

ระบบบำบัด	ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	
	ระบบยูเอเอสบี	ระบบอีจีเอสบี
กระบวนการอีจีเอสบี	-	7
กระบวนการยูเอเอสบี - อีจีเอสบี	5	2



ก) กระบวนการอีจีเอสบี



ข) กระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี

รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดซีโอทีของกระบวนการอีจีเอสบี
กับกระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี

4.4 ผลของความเร็วไหลขึ้นในระบบอีจีเอสบีต่อประสิทธิภาพของกระบวนการยูเอเอสบี-อีจีเอสบี (การทดลองครั้งที่ 2)

เนื่องจากผลการทดลองในช่วงที่ 1 จะเห็นได้ว่า กระบวนการยูเอเอสบี - อีจีเอสบี มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียสูงกว่ากระบวนการอีจีเอสบีอย่างเดียวก่อนข้างมาก ดังนั้น ในการทดลองในช่วงนี้ จะเป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระบวนการยูเอเอสบี - อีจีเอสบี ที่มีความเร็วไหลขึ้นในระบบอีจีเอสบีเปลี่ยนไป โดยค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบ ได้แก่ ซีไอดี บีไอดี ของแข็งแขวนลอย และทีเคเอ็น ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าซีไอดี บีไอดี ของแข็งแขวนลอย และทีเคเอ็น ของการทดลองครั้งที่ 2 แสดงดังตารางที่ 4.7 ซึ่งแสดงเป็นค่าเฉลี่ยในช่วงที่ระบบอยู่ในสภาวะคงตัว

การกำจัดซีไอดี

ค่าซีไอดีเฉลี่ยของน้ำเสียเข้าระบบเท่ากับ 582 มก./ล. โดยในชุดการทดลองที่ 1 ที่ระบบอีจีเอสบีมีความเร็วไหลขึ้น 6 ม./ชม. น้ำออกจากกระบวนการยูเอเอสบี มีค่าซีไอดีเฉลี่ยเท่ากับ 204 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีเท่ากับ 64.8 เปอร์เซ็นต์ น้ำออกจากกระบวนการอีจีเอสบีมีค่าซีไอดีเฉลี่ยเท่ากับ 48 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีเท่ากับ 76.3 เปอร์เซ็นต์ และคิดเป็นประสิทธิภาพรวมของกระบวนการยูเอเอสบี - อีจีเอสบี ในการกำจัดซีไอดีเท่ากับ 91.6 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 ที่ระบบอีจีเอสบีมีความเร็วไหลขึ้น 8 ม./ชม. น้ำออกจากกระบวนการยูเอเอสบี มีค่าซีไอดีเฉลี่ยเท่ากับ 207 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีเท่ากับ 64.2 เปอร์เซ็นต์ น้ำออกจากกระบวนการอีจีเอสบี มีค่าซีไอดีเฉลี่ยเท่ากับ 45 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีเท่ากับ 78.3 เปอร์เซ็นต์ และคิดเป็นประสิทธิภาพรวมของกระบวนการยูเอเอสบี - อีจีเอสบี ในการกำจัดซีไอดี เท่ากับ 92.2 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าซีไอดีและประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีตลอดการทดลองในช่วงนี้แสดงดังรูปที่ 4.8

จากผลการทดลอง พบว่า ระบบอีจีเอสบีในชุดการทดลองที่ 2 มีประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีสูงกว่าชุดการทดลองที่ 1 เล็กน้อย เนื่องจากว่า ระบบอีจีเอสบีในชุดการทดลองที่ 2 มีความเร็วไหลขึ้นสูงกว่า ซึ่งเกิดจากการเวียนน้ำกลับในอัตราที่สูงกว่า 158 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีการขยายตัวของชั้นตะกอนมากกว่า เป็นการเพิ่มความสามารถในการถ่ายเทมวลสารระหว่างจุลินทรีย์กับสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้มากขึ้น

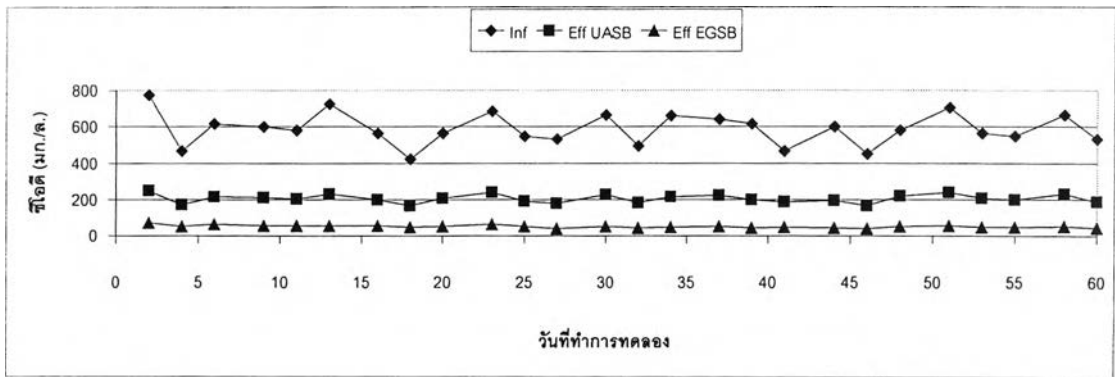
และเมื่อมาพิจารณาที่ประสิทธิภาพรวมของกระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี ในการกำจัดซีไอดี พบว่า ชุดการทดลองทั้ง 2 ชุด มีประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอดีที่ใกล้เคียงกันมาก โดยชุดการทดลองที่ 2 จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าเพียงเล็กน้อย

การกำจัดบีไอดี

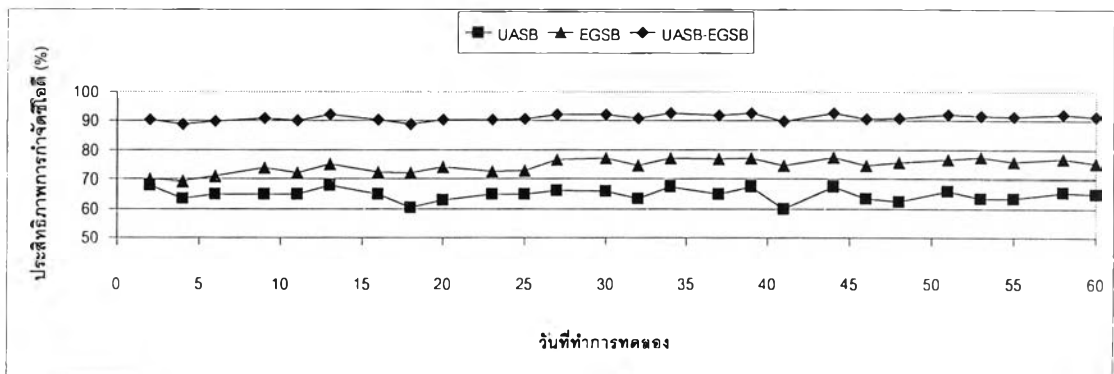
ค่าบีไอดีเฉลี่ยของน้ำเสียเข้าระบบเท่ากับ 334 มก./ล. โดยในชุดการทดลองที่ 1 ที่ระบบอีจีเอสบีมีความเร็วไหลขึ้น 6 ม./ชม. น้ำออกจากระบบยูเอเอสบี มีค่าบีไอดีเฉลี่ยเท่ากับ 113 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดบีไอดีเท่ากับ 66.1 เปอร์เซ็นต์ น้ำออกจากระบบอีจีเอสบีมีค่าบีไอดีเฉลี่ยเท่ากับ 27 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดบีไอดีเท่ากับ 75.8 เปอร์เซ็นต์ และคิดเป็นประสิทธิภาพรวมของกระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี ในการกำจัดบีไอดีเท่ากับ 91.8 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 ที่ระบบอีจีเอสบีมีความเร็วไหลขึ้น 8 ม./ชม. น้ำออกจากระบบยูเอเอสบี มีค่าบีไอดีเฉลี่ยเท่ากับ 113 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดบีไอดีเท่ากับ 66.1 เปอร์เซ็นต์ น้ำออกจากระบบอีจีเอสบี มีค่าบีไอดีเฉลี่ยเท่ากับ 25 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดบีไอดีเท่ากับ 77.9 เปอร์เซ็นต์ และคิดเป็นประสิทธิภาพรวมของกระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี ในการกำจัดบีไอดีเท่ากับ 92.5 เปอร์เซ็นต์ ค่าบีไอดีและประสิทธิภาพการกำจัดบีไอดีตลอดการทดลองในช่วงนี้ แสดงดังรูปที่ 4.9

จากผลการทดลอง พบว่า ระบบอีจีเอสบีในชุดการทดลองที่ 2 มีประสิทธิภาพการกำจัดบีไอดีสูงกว่าชุดการทดลองที่ 1 เล็กน้อยซึ่งเป็นไปในลักษณะเดียวกับค่าซีไอดี เนื่องจากว่าค่าบีไอดีเป็นสารอินทรีย์ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของค่าซีไอดี กล่าวคือ ระบบอีจีเอสบีในชุดการทดลองที่ 2 มีความเร็วไหลขึ้นสูงกว่า ตามที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้นในหัวข้อการกำจัดซีไอดี

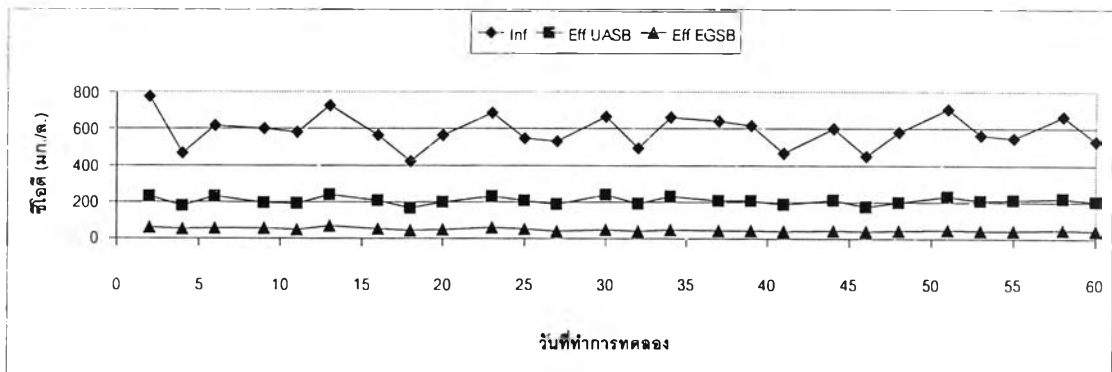
และเมื่อมาพิจารณาที่ประสิทธิภาพรวมของกระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี ในการกำจัดบีไอดี พบว่า ชุดการทดลองทั้ง 2 ชุด มีประสิทธิภาพในการกำจัดบีไอดีที่ใกล้เคียงกันมาก โดยชุดการทดลองที่ 2 จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าเพียงเล็กน้อย ซึ่งเป็นไปในลักษณะเดียวกับค่าซีไอดี



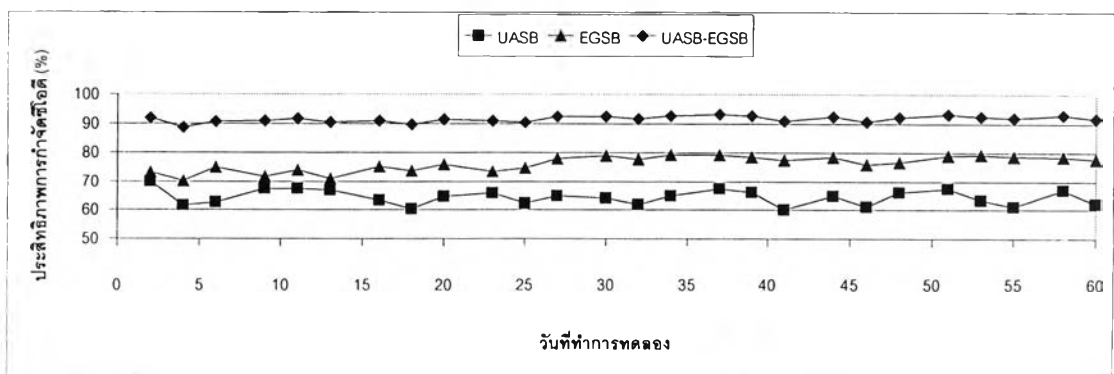
ก) การกำจัดซีโอดีของกระบวนการยูเอเอสบี - อีจีเอสบี ที่ระบบอีจีเอสบีมีความเร็วไหลขึ้น 6 ม./ชม.



ข) ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของกระบวนการยูเอเอสบี - อีจีเอสบี ที่ระบบอีจีเอสบีมีความเร็วไหลขึ้น 6 ม./ชม.

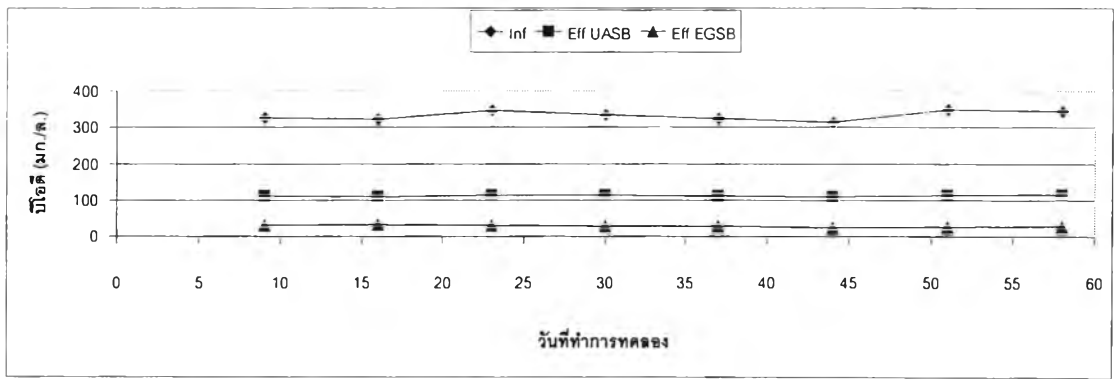


ค) การกำจัดซีโอดีของกระบวนการยูเอเอสบี - อีจีเอสบี ที่ระบบอีจีเอสบีมีความเร็วไหลขึ้น 8 ม./ชม.

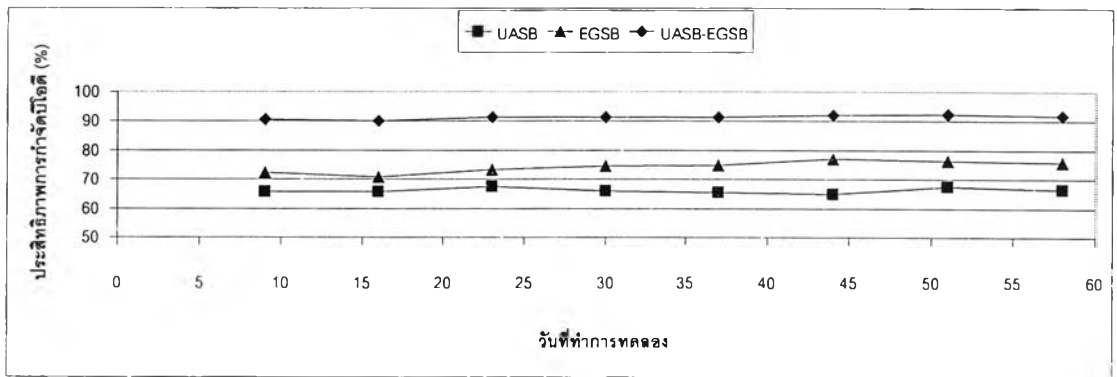


ง) ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของกระบวนการยูเอเอสบี - อีจีเอสบี ที่ระบบอีจีเอสบีมีความเร็วไหลขึ้น 8 ม./ชม.

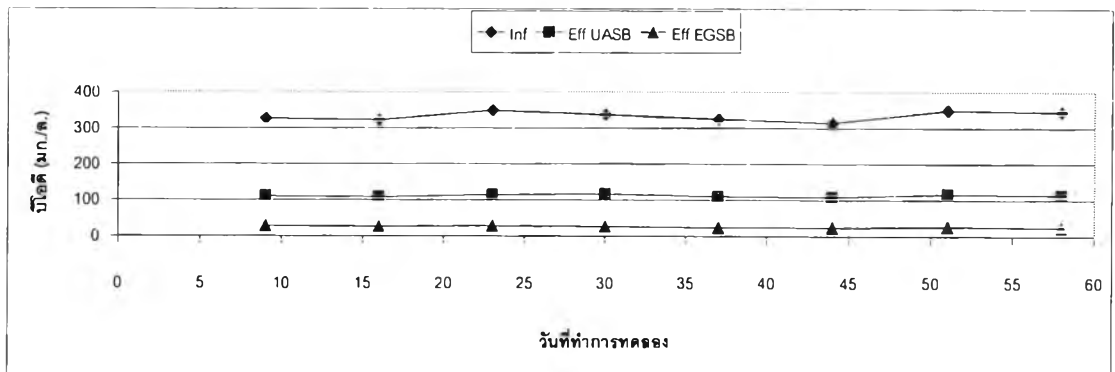
รูปที่ 4.8 การกำจัดซีโอดีในการทดลองครั้งที่ 2



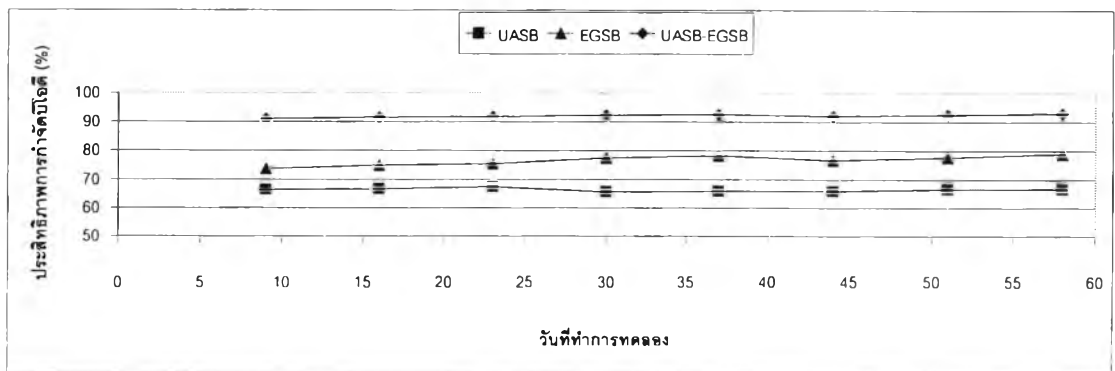
ก) การกำจัดบีโอดีของกระบวนการยูเอสบี - อีจีเอสบี ที่ระบบอีจีเอสบีมีความเร็วไหลขึ้น 6 ม./ชม.



ข) ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีของกระบวนการยูเอสบี - อีจีเอสบี ที่ระบบอีจีเอสบีมีความเร็วไหลขึ้น 6 ม./ชม.



ค) การกำจัดบีโอดีของกระบวนการยูเอสบี - อีจีเอสบี ที่ระบบอีจีเอสบีมีความเร็วไหลขึ้น 8 ม./ชม.



ง) ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีของกระบวนการยูเอสบี - อีจีเอสบี ที่ระบบอีจีเอสบีมีความเร็วไหลขึ้น 8 ม./ชม.

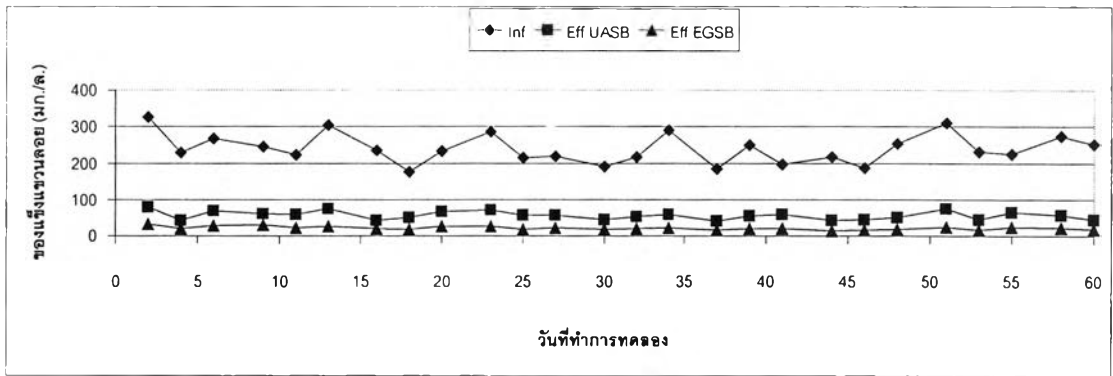
รูปที่ 4.9 การกำจัดบีโอดีในการทดลองครั้งที่ 2

การกำจัดของแข็งแขวนลอย

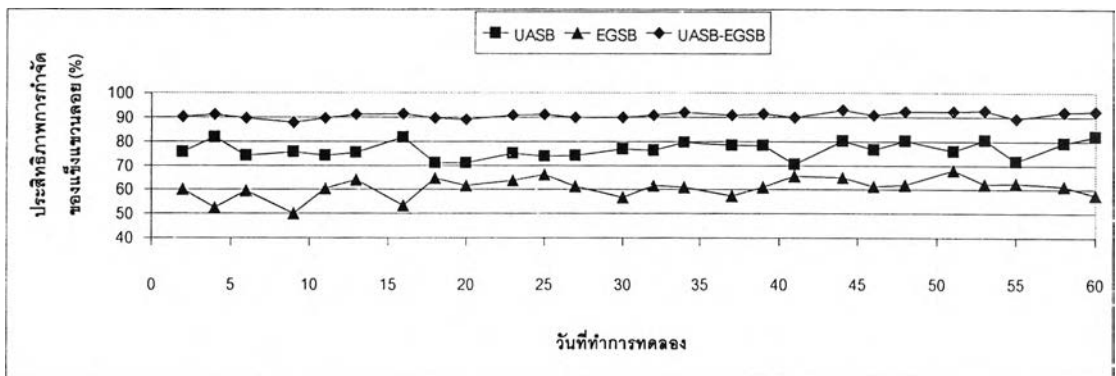
ค่าของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยของน้ำเสียเข้าระบบเท่ากับ 233 มก./ล. โดยในชุดการทดลองที่ 1 ที่ระบบอีจีเอสบีมีความเร็วไหลขึ้น 6 ม./ชม. น้ำออกจากระบบยูเอเอสบี มีค่าของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยเท่ากับ 52 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 77.4 เปอร์เซ็นต์ น้ำออกจากระบบอีจีเอสบีมีค่าของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยเท่ากับ 20 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 61.7 เปอร์เซ็นต์ และคิดเป็นประสิทธิภาพรวมของกระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี ในการกำจัดของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 91.4 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 ที่ระบบอีจีเอสบีมีความเร็วไหลขึ้น 8 ม./ชม. น้ำออกจากระบบยูเอเอสบีมีของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยเท่ากับ 56 มก./ล. และคิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 75.9 เปอร์เซ็นต์ น้ำออกจากระบบอีจีเอสบี มีค่าของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยเท่ากับ 24 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 57.2 เปอร์เซ็นต์ และคิดเป็นประสิทธิภาพรวมของกระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี ในการกำจัดของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 89.7 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าของแข็งแขวนลอยและประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยตลอดการทดลองในช่วงนี้ แสดงดังรูปที่ 4.10

จากผลการทดลอง พบว่า ระบบอีจีเอสบีในชุดการทดลองที่ 2 มีประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยต่ำกว่าชุดการทดลองที่ 1 เล็กน้อย เนื่องจากว่า ระบบอีจีเอสบีในชุดการทดลองที่ 2 มีค่าความเร็วไหลขึ้นสูงกว่า ซึ่งเกิดจากการเวียนน้ำกลับในอัตราที่สูงกว่า 158 เปอร์เซ็นต์ ทำให้สภาพทางกลศาสตร์ในระบบมีความปั่นป่วนมากกว่า ของแข็งแขวนลอยจึงไม่สามารถตกตะกอนภายในระบบได้โดยง่าย ดังนั้นจึงเกิดการหลุดออกของของแข็งแขวนลอยไปกับน้ำที่ออกจากระบบ ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยลดลง แม้ว่าการเพิ่มความเร็วไหลขึ้นโดยการเวียนน้ำกลับ จะเป็นการเพิ่มความสามารถในการถ่ายเทมวลสารระหว่างจุลินทรีย์กับสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้มากขึ้น แต่ของแข็งแขวนลอยเป็นของแข็งซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายทางชีวภาพ ทำให้การเวียนน้ำกลับในระบบ ไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการถ่ายเทมวลสารระหว่างของแข็งในน้ำเสียกับจุลินทรีย์ได้

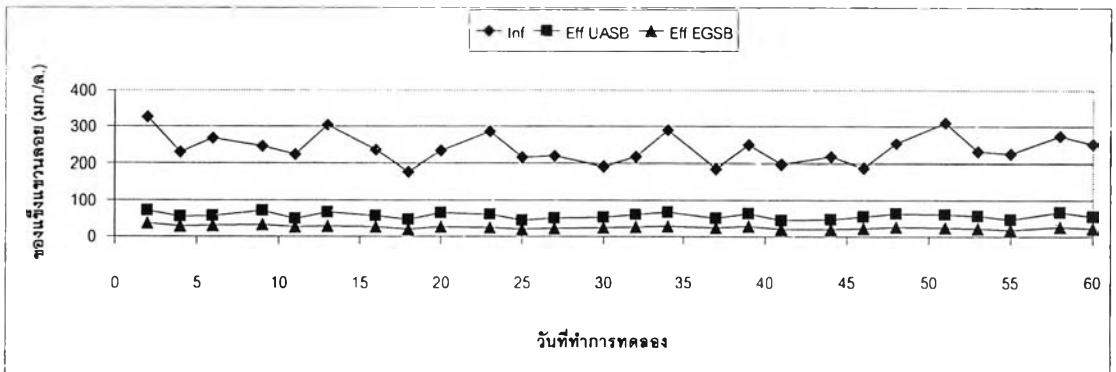
และเมื่อมาพิจารณาที่ประสิทธิภาพรวมของกระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี ในการกำจัดของแข็งแขวนลอย พบว่า ชุดการทดลองทั้ง 2 ชุด มีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยที่ใกล้เคียงกันมาก โดยชุดการทดลองที่ 2 จะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าเพียงเล็กน้อย



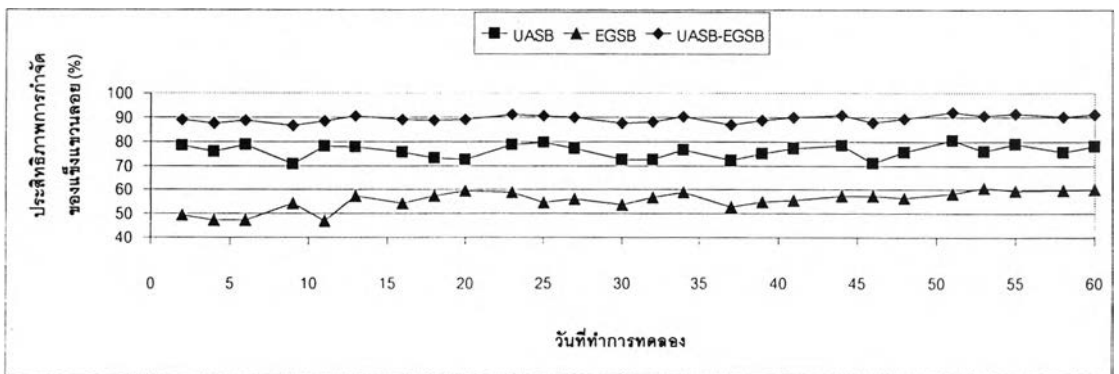
ก) การกำจัดของแข็งแขวนลอยของกระบวนการยูเอสบี - อีจีเอสบี ที่ระบบอีจีเอสบีมีความเร็วไหลขึ้น 6 ม./ชม.



ข) ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยของกระบวนการยูเอสบี - อีจีเอสบี ที่ระบบอีจีเอสบีมีความเร็วไหลขึ้น 6 ม./ชม.



ค) การกำจัดของแข็งแขวนลอยของกระบวนการยูเอสบี - อีจีเอสบี ที่ระบบอีจีเอสบีมีความเร็วไหลขึ้น 8 ม./ชม.



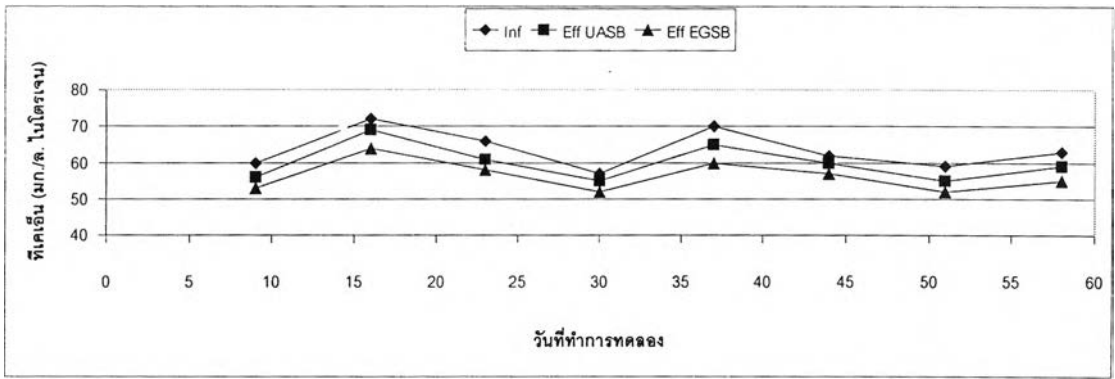
ง) ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยของกระบวนการยูเอสบี - อีจีเอสบี ที่ระบบอีจีเอสบีมีความเร็วไหลขึ้น 8 ม./ชม.

รูปที่ 4.10 การกำจัดของแข็งแขวนลอยในการทดลองครั้งที่ 2

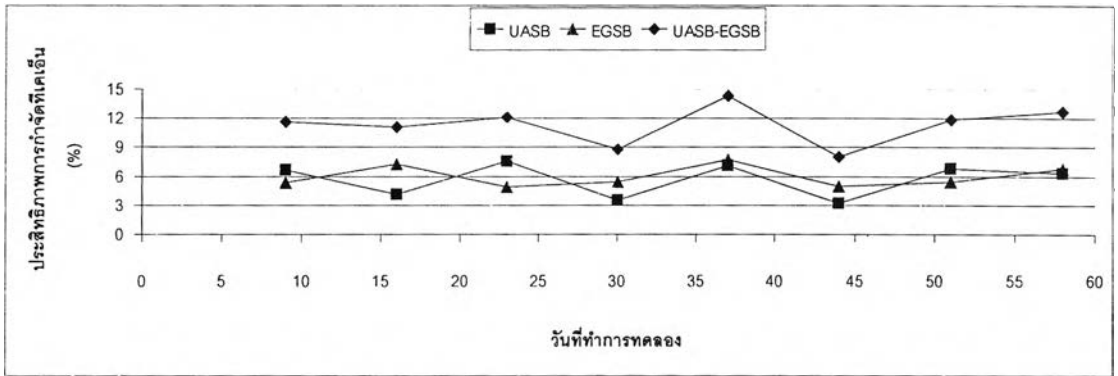
การกำจัดทีเคเอ็น

ค่าทีเคเอ็นเฉลี่ยของน้ำเสียเข้าระบบเท่ากับ 62 มก./ล. ในโตรเจน โดยในชุดการทดลองที่ 1 ที่ระบบอีจีเอสบีมีความเร็วไหลขึ้น 6 ม./ชม. น้ำออกจากระบบยูเอเอสบี มีค่าทีเคเอ็นเฉลี่ยเท่ากับ 59 มก./ล. ในโตรเจน คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นเท่ากับ 5.4 เปอร์เซ็นต์ น้ำออกจากระบบอีจีเอสบี มีค่าทีเคเอ็นเฉลี่ยเท่ากับ 55 มก./ล. ในโตรเจน คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นเท่ากับ 6.1 เปอร์เซ็นต์ และคิดเป็นประสิทธิภาพรวมของกระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี ในการกำจัดทีเคเอ็นเท่ากับ 11.1 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 ที่ระบบอีจีเอสบีมีความเร็วไหลขึ้น 8 ม./ชม. น้ำออกจากระบบยูเอเอสบี มีค่าทีเคเอ็นเฉลี่ยเท่ากับ 58 มก./ล. ในโตรเจน คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นเท่ากับ 6.1 เปอร์เซ็นต์ น้ำออกจากระบบอีจีเอสบี มีค่าทีเคเอ็นเฉลี่ยเท่ากับ 55 มก./ล. ในโตรเจน คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นเท่ากับ 6.3 เปอร์เซ็นต์ และคิดเป็นประสิทธิภาพรวมของกระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี ในการกำจัดทีเคเอ็นเท่ากับ 12.0 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ค่าทีเคเอ็นและประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นตลอดการทดลองในช่วงนี้ แสดงดังรูปที่ 4.11

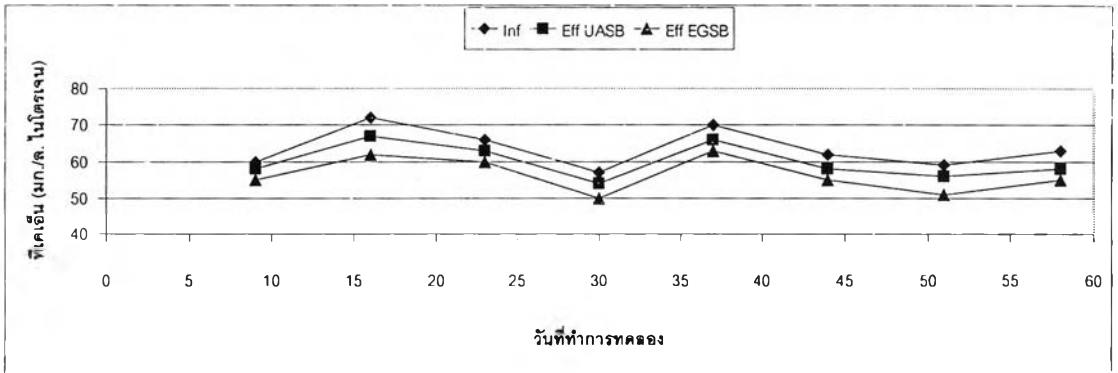
จากผลการทดลอง พบว่า ระบบยูเอเอสบี และระบบอีจีเอสบี ในทั้ง 2 ชุดการทดลอง ไม่สามารถกำจัดทีเคเอ็นได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากว่า ระบบยูเอเอสบี และระบบอีจีเอสบี เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ ตามที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้นในการทดลองช่วงที่ 1



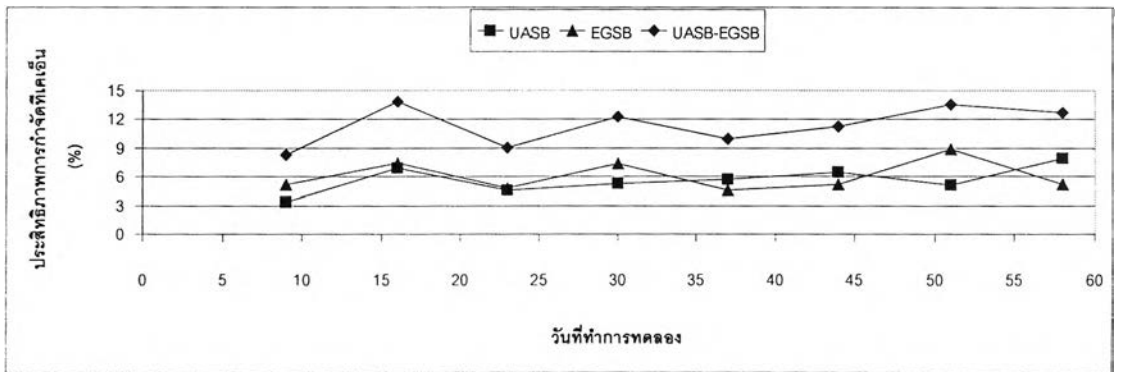
ก) การกำจัดที่เคเอ็นของกระบวนการยูเอสบี - อีจีเอสบี ที่ระบบอีจีเอสบีมีความเร็วไหลขึ้น 6 ม./ชม.



ข) ประสิทธิภาพการกำจัดที่เคเอ็นของกระบวนการยูเอสบี - อีจีเอสบี ที่ระบบอีจีเอสบีมีความเร็วไหลขึ้น 6 ม./ชม.



ค) การกำจัดที่เคเอ็นของกระบวนการยูเอสบี - อีจีเอสบี ที่ระบบอีจีเอสบีมีความเร็วไหลขึ้น 8 ม./ชม.



ง) ประสิทธิภาพการกำจัดที่เคเอ็นของกระบวนการยูเอสบี - อีจีเอสบี ที่ระบบอีจีเอสบีมีความเร็วไหลขึ้น 8 ม./ชม.

รูปที่ 4.11 การกำจัดที่เคเอ็นในการทดลองครั้งที่ 2

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์ประสิทธิภาพระบบจากผลการทดลอง ช่วงที่ 2

พารามิเตอร์	น้ำเข้า ระบบ	ชุดการทดลองที่ 1		ชุดการทดลองที่ 2	
		น้ำออกจากระบบ		น้ำออกจากระบบ	
		ยูเอเอสบี	อีจีเอสบี	ยูเอเอสบี	อีจีเอสบี
ซีไอดี (มก./ล.) n = 15	582	204	48	207	45
ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี (%) n = 15	-	64.8	76.3	64.2	78.3
บีไอดี (มก./ล.) n = 5	334	113	27	113	25
ประสิทธิภาพการกำจัดบีไอดี (%) n = 5	-	66.1	75.8	66.1	77.9
ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.) n = 15	233	52	20	56	24
ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอย (%) n = 15	-	77.4	61.7	75.9	57.2
ทีเคเอ็น (มก./ล. ไนโตรเจน) n = 5	62	59	55	58	55
ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็น (%) n = 5	-	5.4	6.1	6.1	6.3

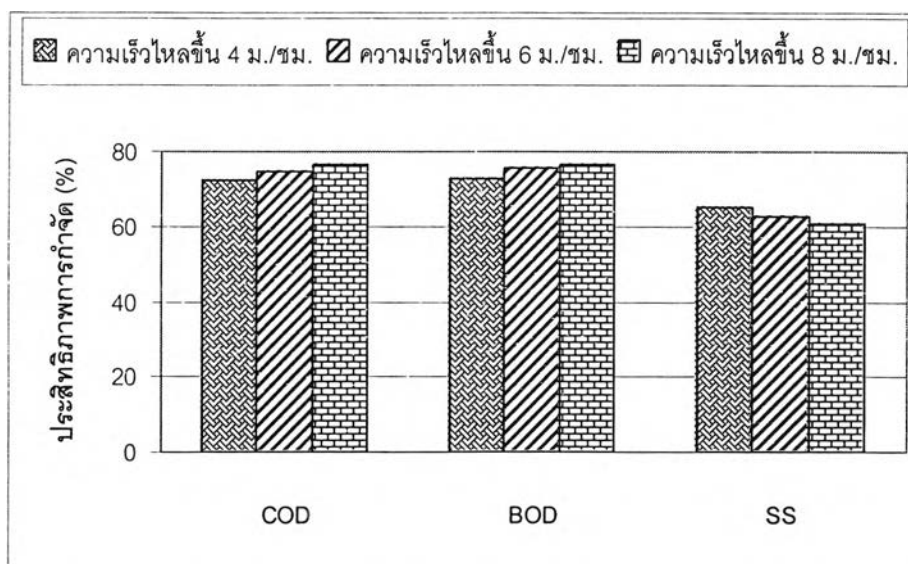
หมายเหตุ n คือ จำนวนข้อมูลที่ทำการทดลองในช่วงที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเรื่องการเปลี่ยนความเร็วไหลขึ้นในระบบอีจีเอสบี มีผลต่อประสิทธิภาพของกระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบีหรือไม่ โดยที่ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้เป็นดัชนีในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระบวนการ ได้แก่ ซีไอดี บีไอดี และของแข็งแขวนลอย โดยจะไม่นำค่าทีเคเอ็นมาใช้ในการเปรียบเทียบ เนื่องจากว่ากระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศซึ่งไม่มีประสิทธิภาพในการกำจัดทีเคเอ็น ตามที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น

โดยจะพิจารณาที่ในส่วนของระบบอีจีเอสบีก่อน ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอดี บีไอดี และของแข็งแขวนลอย ของระบบอีจีเอสบี ที่ความเร็วไหลขึ้นค่าต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.12

ตารางที่ 4.8 ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี บีไอดี และของแข็งแขวนลอยของระบบอีจีเอสบี ที่มี ความเร็วไหลขึ้นค่าต่างๆ

ความเร็วไหลขึ้น (ม./ชม.)	ประสิทธิภาพการกำจัด (%)		
	ซีไอดี	บีไอดี	ของแข็งแขวนลอย
4	72.4	72.7	65.5
6	76.3	75.8	61.7
8	78.3	77.9	57.2



รูปที่ 4.12 ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี บีไอดี และของแข็งแขวนลอยของ ระบบอีจีเอสบี ที่ความเร็วไหลขึ้นค่าต่างๆ

จากตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.12 จะเห็นได้ว่า เมื่อเพิ่มความเร็วไหลขึ้นในระบบอีจีเอสบี สูงขึ้น จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี และบีไอดี สูงขึ้นตามไปด้วย เนื่องจาก การเพิ่มความเร็วไหลขึ้นในระบบอีจีเอสบี จะทำให้เกิดการขยายตัวของชั้นตะกอนจุลินทรีย์มากขึ้น ซึ่ง เป็นการเพิ่มโอกาสการสัมผัสกันระหว่างจุลินทรีย์กับสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้มากขึ้นด้วย ทำให้ ประสิทธิภาพในการถ่ายเทมวลสารระหว่างจุลินทรีย์กับสารอินทรีย์ในน้ำเสียสูงขึ้น

ในขณะที่ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยจะลดลง เมื่อความเร็วไหลขึ้นในระบบ อีจีเอสบีสูงขึ้น เนื่องจากว่า ความเร็วไหลขึ้นที่สูง จะทำให้สภาพทางชลศาสตร์ในระบบมีความปั่นป่วนเพิ่มขึ้น ของแข็งแขวนลอยจึงไม่สามารถตกตะกอนภายในระบบได้โดยง่าย จะทำให้ของแข็งแขวนลอยที่มีน้ำหนักเบาหรือตกตะกอนได้ช้าหลุดออกจากระบบ และนอกจากนี้ของแข็งแขวนลอยเป็นของแข็ง ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายทางชีวภาพ ทำให้การเวียนน้ำกลับเข้าสู่ในระบบ ไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการถ่ายเทมวลสารระหว่างของแข็งในน้ำเสียกับจุลินทรีย์ได้

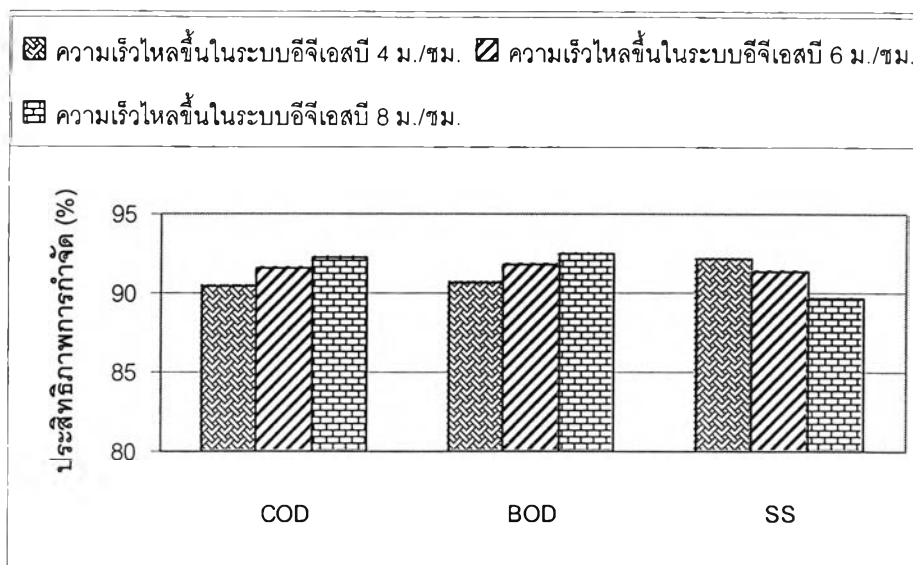
ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าความเร็วไหลขึ้นมีผลต่อประสิทธิภาพของระบบอีจีเอสบี กล่าวคือ เมื่อความเร็วไหลขึ้นของระบบสูงขึ้น จะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ละลายน้ำ ซึ่งได้แก่ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี และบีไอดี จะสูงขึ้นด้วย แต่จะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งซึ่งได้แก่ ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยจะลดลงด้วยเช่นกัน

เมื่อมาพิจารณาที่ประสิทธิภาพของกระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี ที่มีความเร็วไหลขึ้นของระบบอีจีเอสบีเปลี่ยนไป ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.13

ตารางที่ 4.9 ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี บีไอดีและของแข็งแขวนลอยของกระบวนการยูเอเอสบี-อีจีเอสบี ที่ความเร็วไหลขึ้นของระบบอีจีเอสบีมีค่าต่างๆ

ความเร็วไหลขึ้น (ม./ชม.)	ประสิทธิภาพการกำจัด (%)		
	ซีไอดี	บีไอดี	ของแข็งแขวนลอย
4	90.5	90.7	92.2
6	91.6	91.8	91.4
8	92.2	92.5	89.7

จะเห็นได้ว่า เมื่อความเร็วไหลขึ้นในระบบอีจีเอสบีสูงขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี และบีไอดี จะสูงขึ้น แต่ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยจะลดลง ซึ่งเป็นไปในลักษณะเดียวกับระบบอีจีเอสบี เนื่องจากว่าระบบอีจีเอสบีเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการยูเอเอสบี-อีจีเอสบี ดังนั้น เมื่อประสิทธิภาพของระบบอีจีเอสบีเพิ่มขึ้นหรือลดลง ก็จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพของกระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี เพิ่มขึ้นหรือลดลงตามไปด้วย



รูปที่ 4.13 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี บีโอดี และของแข็งแขวนลอยของกระบวนการยูเอเอสบี - อีจีเอสบี ที่ความเร็วไหลขึ้นของระบบอีจีเอสบีมีค่าต่างๆ

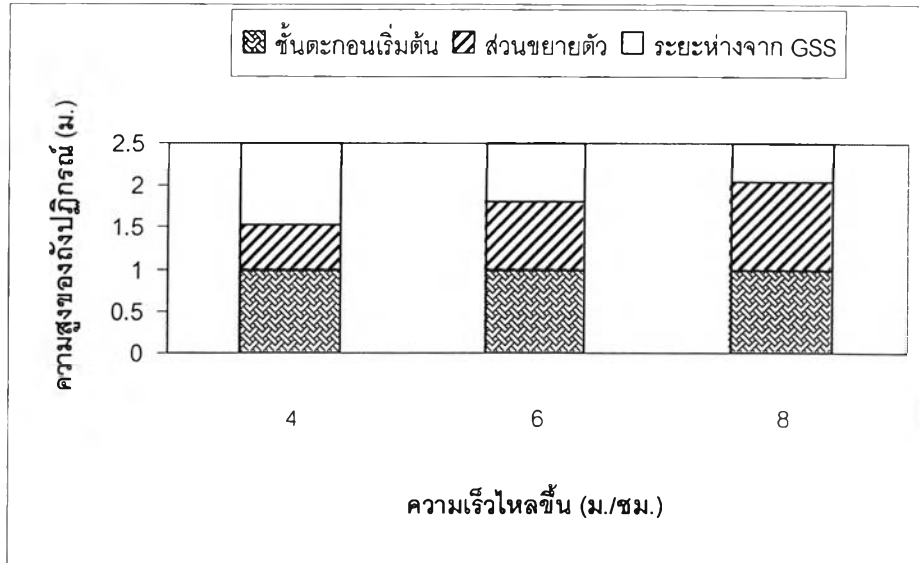
4.5 การขยายตัวของชั้นตะกอนจุลินทรีย์ในระบบอีจีเอสบี

ในการเริ่มต้นระบบอีจีเอสบี จะเติมเชื้อตะกอนจุลินทรีย์ลงในถังปฏิกรณ์ ในปริมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาตรถังปฏิกรณ์ ดังนั้นระดับความสูงของชั้นตะกอนจุลินทรีย์ที่ระดับเริ่มต้นเท่ากับ 1 ม. ซึ่งเมื่อทำการเดินระบบอีจีเอสบีที่ความเร็วไหลขึ้นค่าต่างๆ จะเกิดการขยายตัวของชั้นตะกอนจุลินทรีย์ แสดงดังตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.14

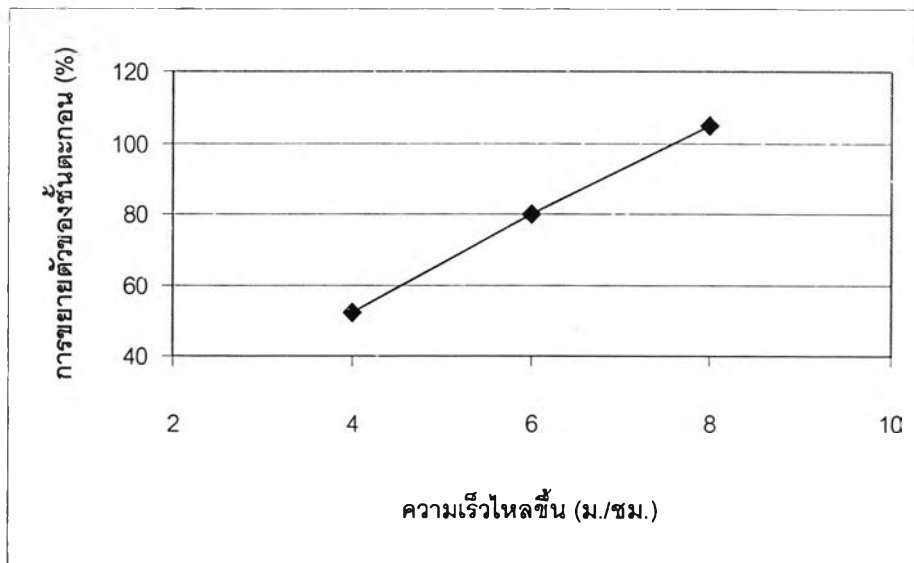
และจากตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.14 ทำให้สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่าง เปอร์เซ็นต์การขยายตัวของชั้นตะกอนจุลินทรีย์กับความเร็วไหลขึ้น แสดงดังรูปที่ 4.15

ตารางที่ 4.10 การขยายตัวของชั้นตะกอนจุลินทรีย์ในระบบอีจีเอสบี

ความเร็วไหลขึ้น (ม./ชม.)	ความสูงของชั้น ตะกอนจุลินทรีย์ที่ ระดับเริ่มต้น (ม.)	ความสูงของชั้น ตะกอนจุลินทรีย์ที่ ขยายตัว (ม.)	เปอร์เซ็นต์การ ขยายตัวของชั้น ตะกอนจุลินทรีย์ (%)
4	1.00	1.52	52
6	1.00	1.80	80
8	1.00	2.05	105



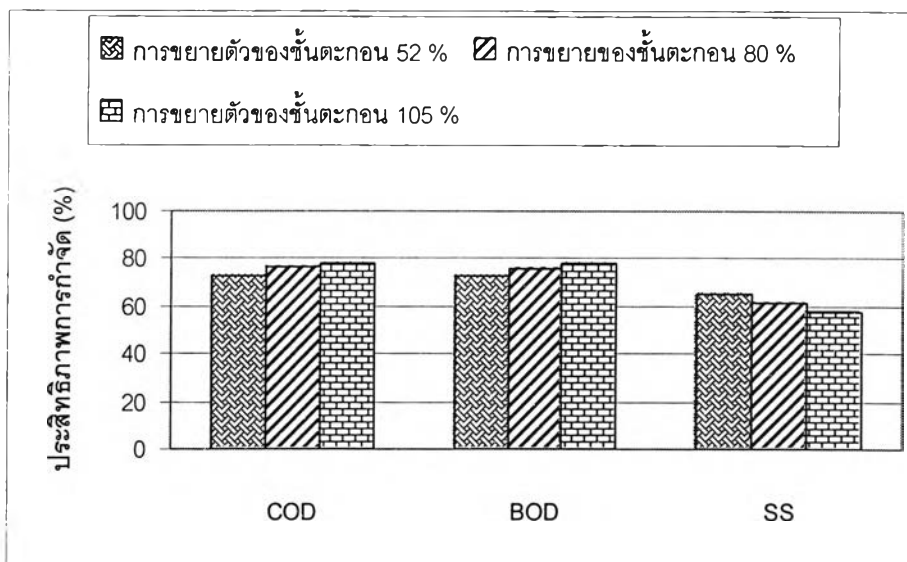
รูปที่ 4.14 ความสูงของการขยายตัวของชั้นตะกอนที่ความเร็วไหลชั้นค่าต่างๆ



รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การขยายตัวของชั้นตะกอนจุลินทรีย์กับความเร็วไหลชั้น

จากรูปที่ 4.15 จะเห็นได้ว่า ที่ความเร็วไหลชั้น 4 6 และ 8 ม./ชม. จะเกิดการขยายตัวของชั้นตะกอนจุลินทรีย์คิดเป็น 52 80 และ 105 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงว่า ความเร็วไหลชั้นมีผลโดยตรงต่อการขยายตัวของชั้นตะกอนจุลินทรีย์ กล่าวคือ เปอร์เซ็นต์การขยายตัวของชั้นตะกอนจุลินทรีย์ จะเพิ่มขึ้นตามความเร็วไหลชั้นที่สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาถึงผลของการขยายตัวของชั้นตะกอนจุลินทรีย์ ที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบ อีจีเอสบี จะเป็นไปตามรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 ผลของการขยายตัวของชั้นตะกอนจุลินทรีย์ ที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบ

จากรูปที่ 4.16 พบว่า ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี และบีโอดี จะสูงขึ้นตามเปอร์เซ็นต์การขยายตัวของชั้นตะกอนจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น ขณะที่ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอย จะลดลงตามเปอร์เซ็นต์การขยายตัวของชั้นตะกอนจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากว่าเปอร์เซ็นต์การขยายตัวของชั้นตะกอนจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น จะเป็นการเพิ่มความสามารถในการถ่ายเทมวลสารระหว่างจุลินทรีย์กับสารอินทรีย์ในน้ำเสีย แต่ในขณะเดียวกันก็อาจจะเกิดการหลุดออกของของแข็งแขวนลอยมากขึ้นเช่นเดียวกัน เนื่องจากการขยายตัวของชั้นตะกอนจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ระยะในการตกตะกอนของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์น้อยลง ดังนั้น ในการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบ อีจีเอสบีควรที่จะพิจารณาถึงการขยายตัวของชั้นตะกอนจุลินทรีย์ในระบบด้วย กล่าวคือ ต้องพิจารณาความเร็วไหลขึ้นควบคู่ไปกับการขยายตัวของชั้นตะกอนจุลินทรีย์ โดยความเร็วไหลขึ้นในระบบจะต้องไม่สูงเกินไปจนทำให้เกิดการขยายตัวของชั้นตะกอนจุลินทรีย์ที่มากเกินไป ส่งผลให้ระยะในการตกตะกอนของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ไม่เพียงพอ จนกระทั่งเกิดการหลุดออกของของแข็งแขวนลอยจากระบบในปริมาณมาก

4.6 พารามิเตอร์ที่ใช้ติดตามการทำงานของระบบ

ตลอดการทดลองทั้ง 2 ช่วง จะใช้ค่าพารามิเตอร์ในการติดตามการทำงานของระบบ ได้แก่ อุณหภูมิ สภาพต่างทั้งหมด กรดไขมันระเหย พีเอช และไออาร์พี ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ติดตามการทำงานของระบบของการทดลองช่วงที่ 1 และ 2 แสดงดังตารางที่ 4.11 และ 4.12 ตามลำดับ ซึ่งแสดงเป็นค่าเฉลี่ยในช่วงที่ระบบอยู่ในสภาวะคงตัว

อุณหภูมิ

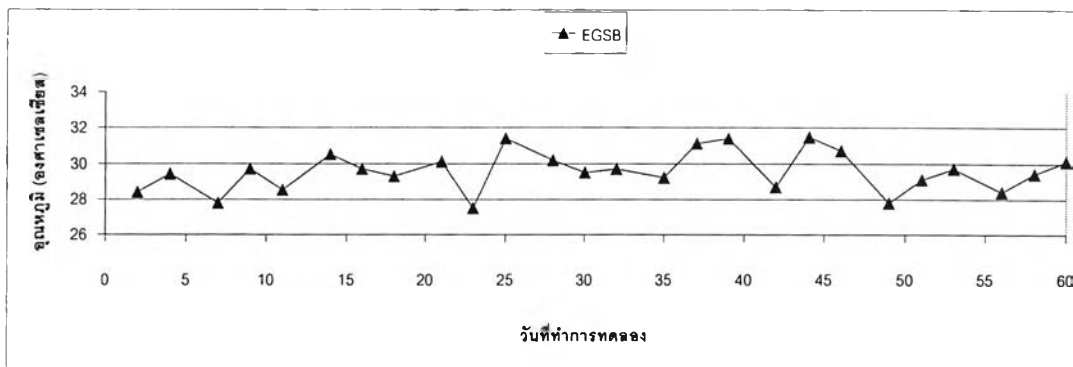
การทดลองช่วงที่ 1 ในชุดการทดลองที่ 1 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในระบบอีจีเอสบีเท่ากับ 29.8 องศาเซลเซียส ขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในระบบยูเอเอสบีเท่ากับ 29.9 องศาเซลเซียส และค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในระบบอีจีเอสบีเท่ากับ 29.6 องศาเซลเซียส โดยค่าอุณหภูมิภายในระบบตลอดการทดลองในช่วงที่ 1 แสดงดังรูปที่ 4.17

การทดลองช่วงที่ 2 ในชุดการทดลองที่ 1 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในระบบยูเอเอสบีเท่ากับ 29.8 องศาเซลเซียส ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในระบบอีจีเอสบีเท่ากับ 29.9 องศาเซลเซียส ขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในระบบยูเอเอสบีเท่ากับ 29.6 องศาเซลเซียส และค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในระบบอีจีเอสบีเท่ากับ 29.9 องศาเซลเซียส โดยค่าอุณหภูมิภายในระบบตลอดการทดลองในช่วงที่ 2 แสดงดังรูปที่ 4.18

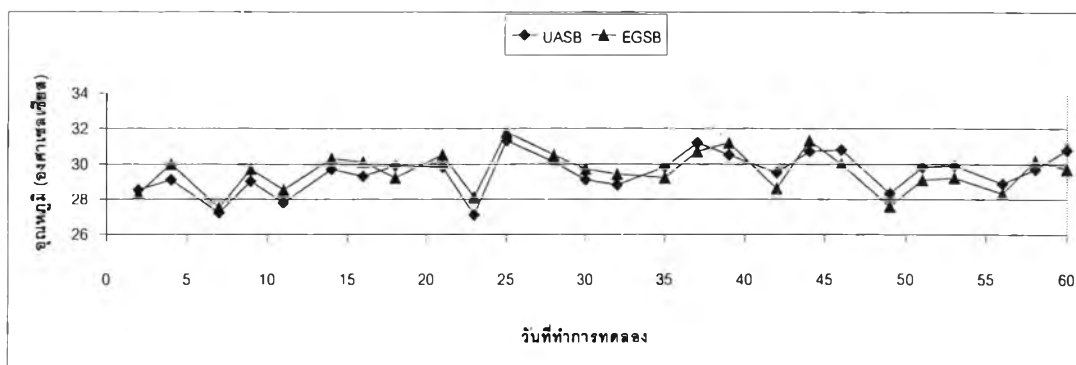
จากผลการทดลอง พบว่า อุณหภูมิภายในแต่ละระบบมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันมาก และต่างอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในช่วงเทอร์โมฟิลิก ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ

สภาพต่างทั้งหมด

การทดลองช่วงที่ 1 ค่าสภาพต่างทั้งหมดเฉลี่ยของน้ำเสียเข้าระบบเท่ากับ 268 มก./ล. หินปูน โดยในชุดการทดลองที่ 1 น้ำออกจากระบบอีจีเอสบี มีค่าสภาพต่างทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 282 มก./ล. หินปูน ขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 น้ำออกจากระบบยูเอเอสบี มีค่าสภาพต่างทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 286 มก./ล. หินปูน น้ำออกจากระบบอีจีเอสบี มีค่าสภาพต่างทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 297 มก./ล. หินปูน โดยค่าสภาพต่างทั้งหมดตลอดการทดลองในช่วงนี้ แสดงดังรูปที่ 4.19

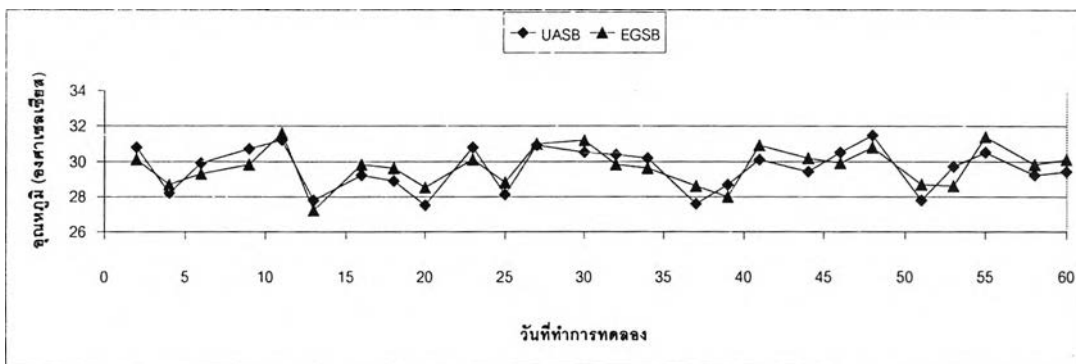


ก) ชุดการทดลองที่ 1

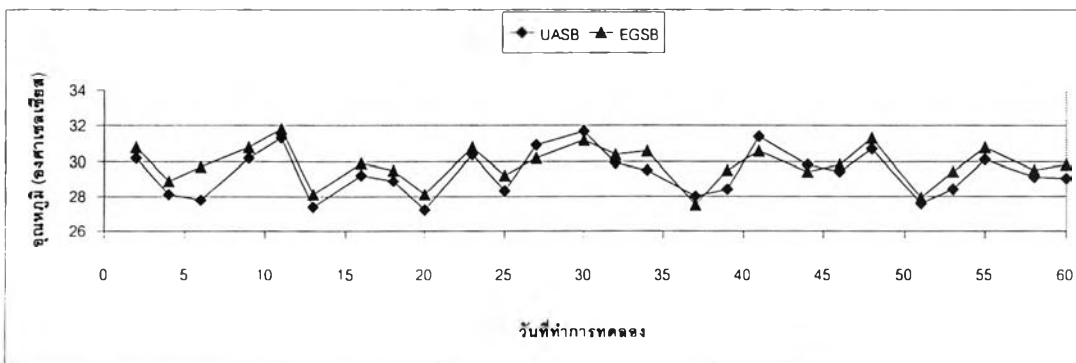


ข) ชุดการทดลองที่ 2

รูปที่ 4.17 ค่าอุณหภูมิภายในระบบในการทดลองครั้งที่ 1

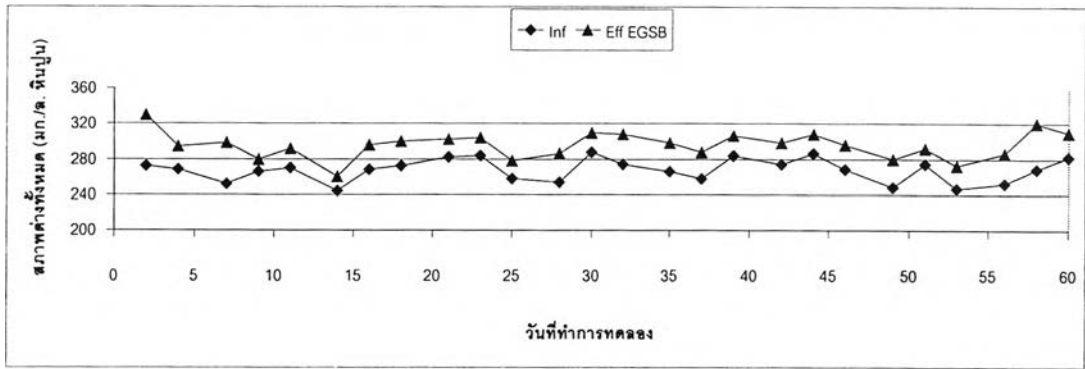


ก) ชุดการทดลองที่ 1

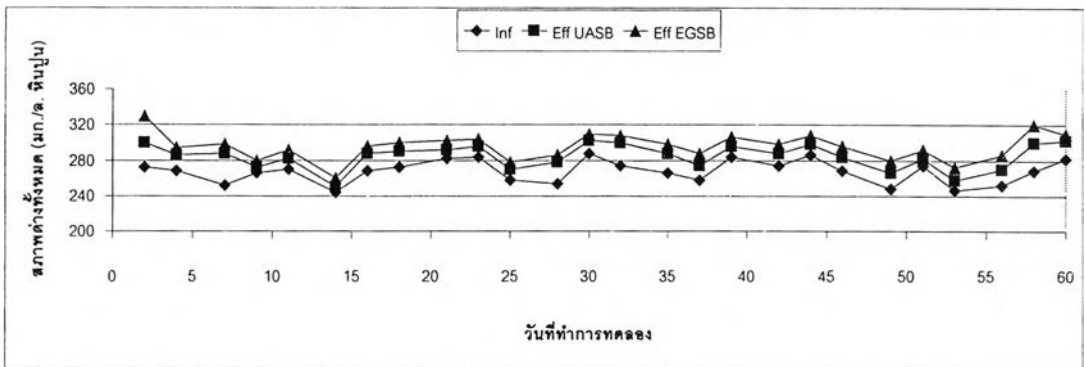


ข) ชุดการทดลองที่ 2

รูปที่ 4.18 ค่าอุณหภูมิภายในระบบในการทดลองครั้งที่ 2

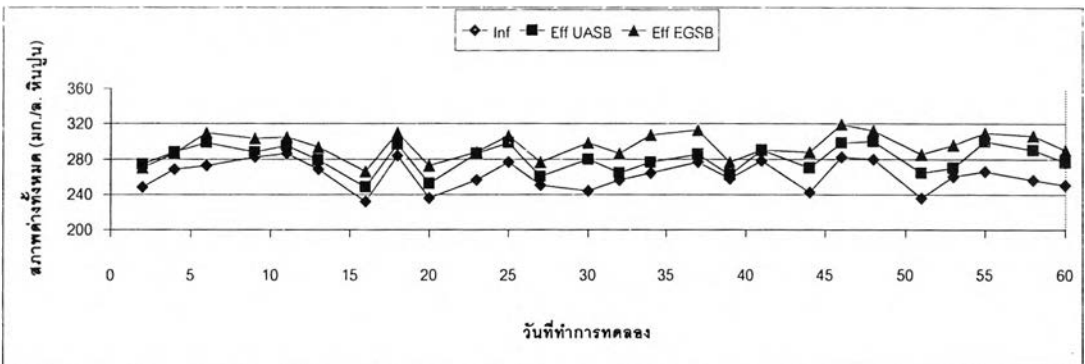


ก) ชุดการทดลองที่ 1

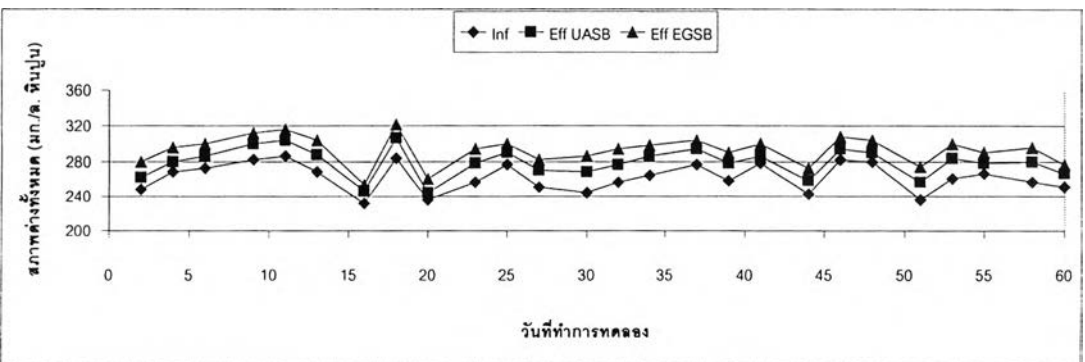


ข) ชุดการทดลองที่ 2

รูปที่ 4.19 ค่าสภาพต่างทั้งหมดในการทดลองช่วงที่ 1



ก) ชุดการทดลองที่ 1



ข) ชุดการทดลองที่ 2

รูปที่ 4.20 ค่าสภาพต่างทั้งหมดในการทดลองช่วงที่ 2

การทดลองครั้งที่ 2 ค่าสภาพต่างทั้งหมดเฉลี่ยของน้ำเสียเข้าระบบเท่ากับ 260 มก./ล. หินปูน โดยในชุดการทดลองที่ 1 น้ำออกจากระบบยูเอเอสบี มีค่าสภาพต่างทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 279 มก./ล. หินปูน น้ำออกจากระบบอีจีเอสบี มีค่าสภาพต่างทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 297 มก./ล. หินปูน ขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 น้ำออกจากระบบยูเอเอสบี มีค่าสภาพต่างทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 278 มก./ล. หินปูน น้ำออกจากระบบอีจีเอสบี มีค่าสภาพต่างทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 292 มก./ล. หินปูน โดยค่าสภาพต่างทั้งหมดตลอดการทดลองในช่วงนี้ แสดงดังรูปที่ 4.20

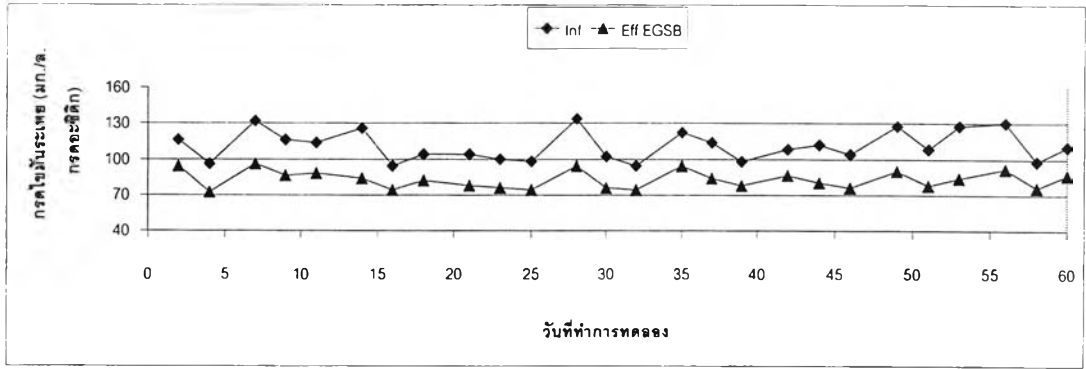
จากผลการทดลอง พบว่า ค่าสภาพต่างทั้งหมดเฉลี่ยของน้ำที่ออกจากระบบยูเอเอสบี และระบบอีจีเอสบีในการทดลองทั้ง 2 ช่วง จะมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับน้ำที่เข้าระบบ เนื่องจากเกิดกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในโตรเจนในน้ำเสียให้กลายเป็นแอมโมเนียในโตรเจน ซึ่งมันลิน ตันทูลเวคม์ (2545) กล่าวว่า จะมีสภาพต่างต่างไปคาร์บอนเกิดขึ้น 3.6 มก./ล. หินปูน ต่อการย่อยสลายที่เคเอ็น 1 มก./ล. นอกจากนี้ ปริมาณกรดไขมันระเหยที่ถูกกำจัดในระบบยังเป็นการเพิ่มสภาพต่างไปคาร์บอนให้กับระบบอีกด้วย

กรดไขมันระเหย

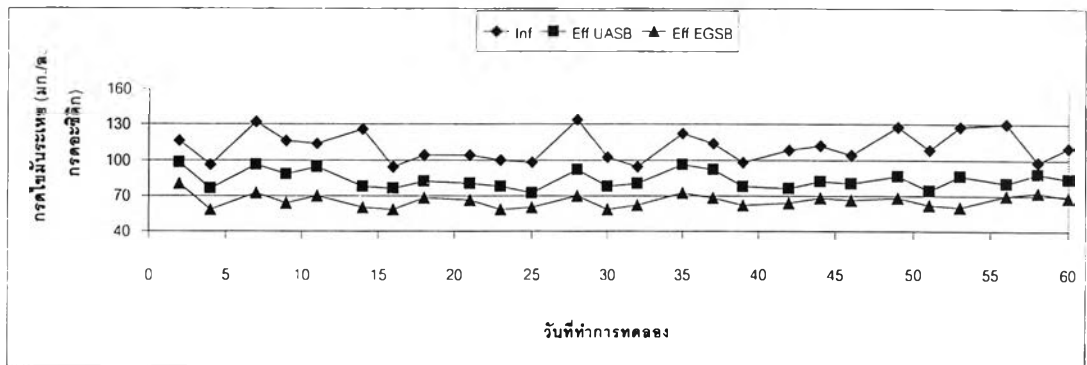
การทดลองครั้งที่ 1 ค่ากรดไขมันระเหยเฉลี่ยของน้ำเสียเข้าระบบเท่ากับ 113 มก./ล. กรดอะซิติก โดยในชุดการทดลองที่ 1 น้ำออกจากระบบอีจีเอสบี มีค่ากรดไขมันระเหยเฉลี่ยเท่ากับ 83 มก./ล. กรดอะซิติก ขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 น้ำออกจากระบบยูเอเอสบี มีค่ากรดไขมันระเหยเฉลี่ยเท่ากับ 84 มก./ล. กรดอะซิติก น้ำออกจากระบบอีจีเอสบี มีค่ากรดไขมันระเหยเฉลี่ยเท่ากับ 66 มก./ล. กรดอะซิติก โดยค่ากรดไขมันระเหยตลอดการทดลองในช่วงนี้ แสดงดังรูปที่ 4.21

การทดลองครั้งที่ 2 ค่ากรดไขมันระเหยเฉลี่ยของน้ำเสียเข้าระบบเท่ากับ 112 มก./ล. กรดอะซิติก โดยในชุดการทดลองที่ 1 น้ำออกจากระบบยูเอเอสบี มีค่ากรดไขมันระเหยเฉลี่ยเท่ากับ 87 มก./ล. กรดอะซิติก น้ำออกจากระบบอีจีเอสบี มีค่ากรดไขมันระเหยเฉลี่ยเท่ากับ 66 มก./ล. กรดอะซิติก ขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 น้ำออกจากระบบยูเอเอสบี มีค่ากรดไขมันระเหยเฉลี่ยเท่ากับ 82 มก./ล. กรดอะซิติก น้ำออกจากระบบอีจีเอสบี มีค่ากรดไขมันระเหยเฉลี่ยเท่ากับ 64 มก./ล. กรดอะซิติก โดยค่ากรดไขมันระเหยตลอดการทดลองในช่วงนี้ แสดงดังรูปที่ 4.22

จากผลการทดลอง พบว่า ค่ากรดไขมันระเหยเฉลี่ยของน้ำที่ออกจากระบบยูเอเอสบี และระบบอีจีเอสบีในการทดลองทั้ง 2 ช่วง จะมีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับน้ำที่เข้าระบบ เนื่องจากเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่เข้าระบบ ซึ่งกรดไขมันระเหยก็เป็นสารอินทรีย์เช่นกัน

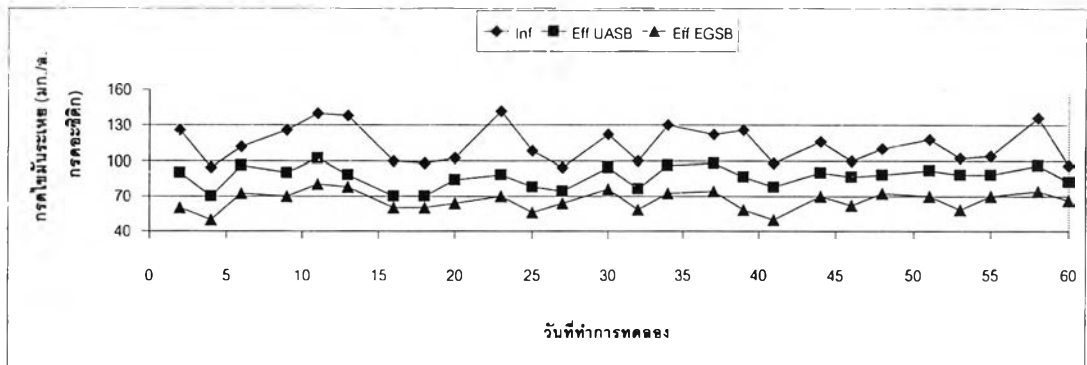


ก) ชุดการทดลองที่ 1

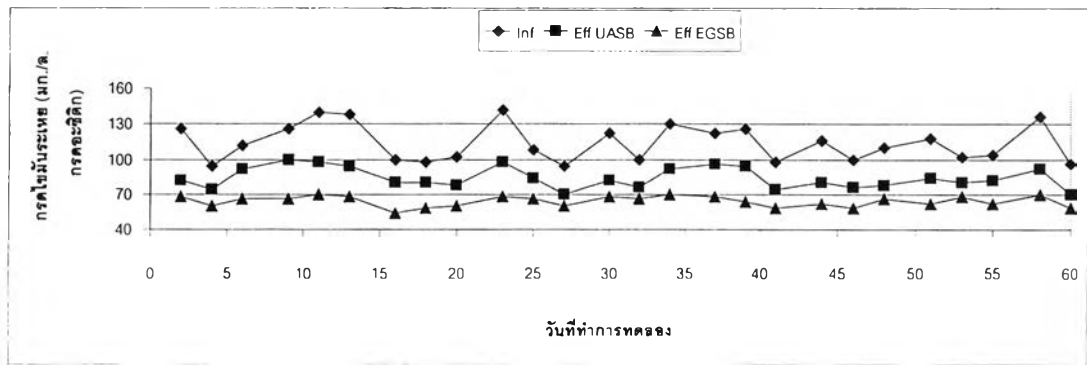


ข) ชุดการทดลองที่ 2

รูปที่ 4.21 ค่ากรดไขมันระเหยในการทดลองช่วงที่ 1



ก) ชุดการทดลองที่ 1



ข) ชุดการทดลองที่ 2

รูปที่ 4.22 ค่ากรดไขมันระเหยในการทดลองช่วงที่ 2

กรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างทั้งหมด

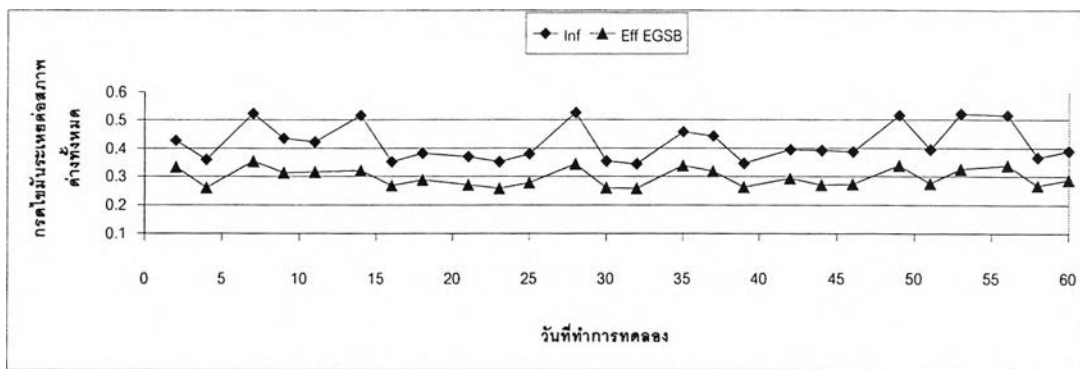
การทดลองครั้งที่ 1 ค่ากรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างทั้งหมดเฉลี่ยของน้ำเสียเข้าระบบเท่ากับ 0.42 โดยในชุดการทดลองที่ 1 น้ำที่ออกจากระบบอีจีเอสบี จะมีค่ากรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 0.30 ขณะที่ในชุดการทดลองที่ 2 น้ำที่ออกจากระบบยูเอเอสบี มีค่ากรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 0.29 น้ำที่ออกจากระบบอีจีเอสบี จะมีค่ากรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 0.22 โดยค่ากรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างทั้งหมดตลอดการทดลองในช่วงนี้ แสดงดังรูปที่ 4.23

การทดลองครั้งที่ 2 ค่ากรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างทั้งหมดเฉลี่ยของน้ำเสียเข้าระบบเท่ากับ 0.43 ในชุดการทดลองที่ 1 น้ำออกจากระบบยูเอเอสบีมีค่ากรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 0.31 น้ำออกจากระบบอีจีเอสบี มีค่ากรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 0.22 ขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 น้ำออกจากระบบยูเอเอสบี มีค่ากรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 0.29 น้ำออกจากระบบอีจีเอสบี มีค่ากรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 0.22 โดยค่ากรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างทั้งหมดตลอดการทดลองในช่วงนี้ แสดงดังรูปที่ 4.24

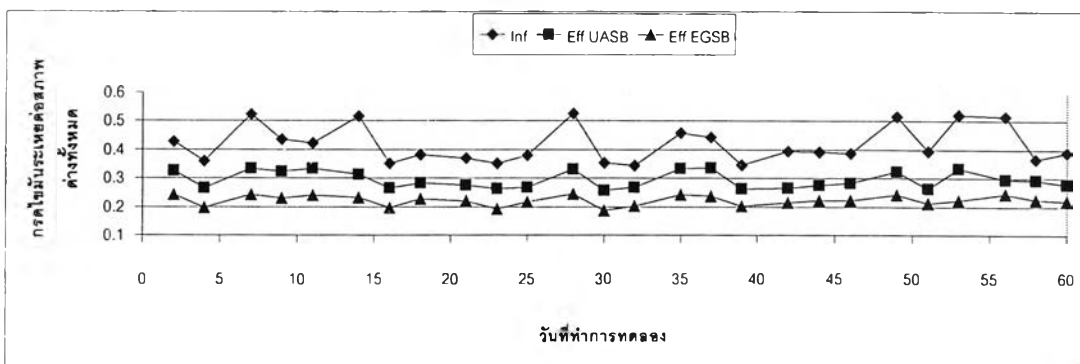
จากผลการทดลอง พบว่า ค่ากรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างทั้งหมดของน้ำที่ออกจากระบบยูเอเอสบี และระบบอีจีเอสบีในการทดลองทั้ง 2 ช่วง จะมีค่าน้อยกว่า 0.40 ตลอดการทดลอง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบมีกำลังบำบัดที่เพียงพอ และเหมาะสมสำหรับการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ

พีเอช

การทดลองครั้งที่ 1 ค่าพีเอชเฉลี่ยของน้ำเสียเข้าระบบเท่ากับ 7.1 มก./ล. หินปูน โดยในชุดการทดลองที่ 1 น้ำออกจากระบบอีจีเอสบี มีค่าพีเอชเฉลี่ยเท่ากับ 7.2 ขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 น้ำออกจากระบบยูเอเอสบี มีค่าพีเอชเฉลี่ยเท่ากับ 7.2 น้ำออกจากระบบอีจีเอสบี มีค่าพีเอชเฉลี่ยเท่ากับ 7.3 โดยค่าพีเอชตลอดการทดลองในช่วงนี้ แสดงดังรูปที่ 4.25

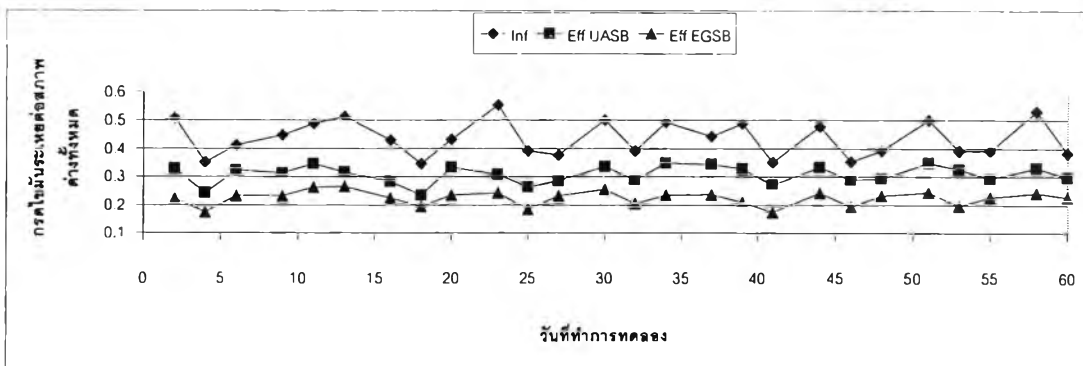


ก) ชุดการทดลองที่ 1

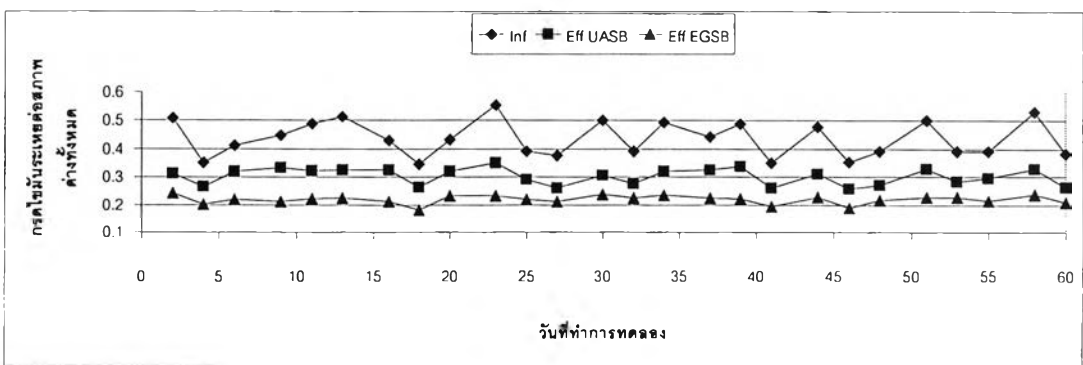


ข) ชุดการทดลองที่ 2

รูปที่ 4.23 ค่ากรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างทั้งหมดในการทดลองช่วงที่ 1

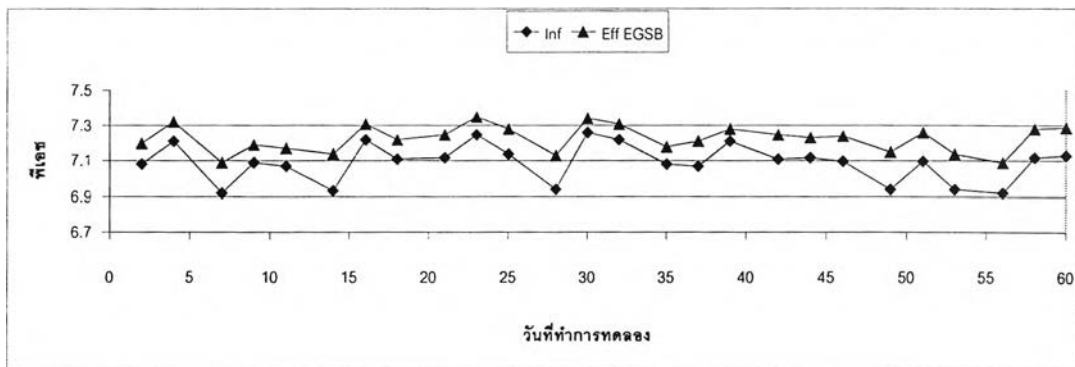


ก) ชุดการทดลองที่ 1

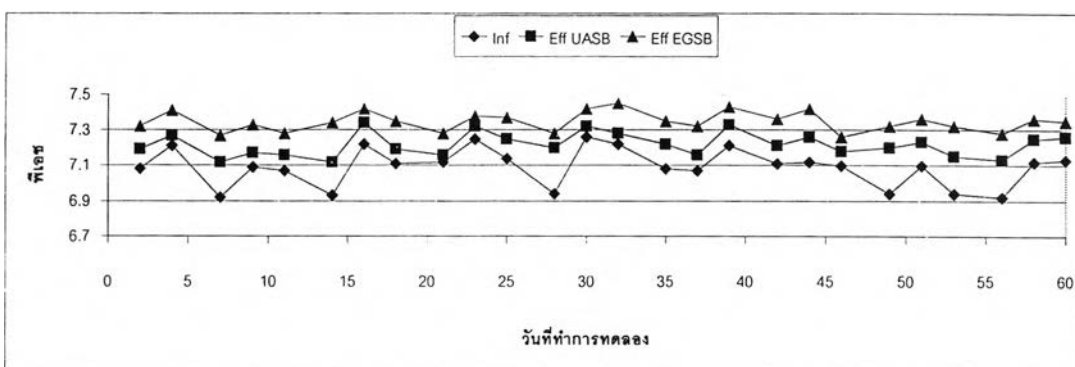


ข) ชุดการทดลองที่ 2

รูปที่ 4.24 ค่ากรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างทั้งหมดในการทดลองช่วงที่ 2

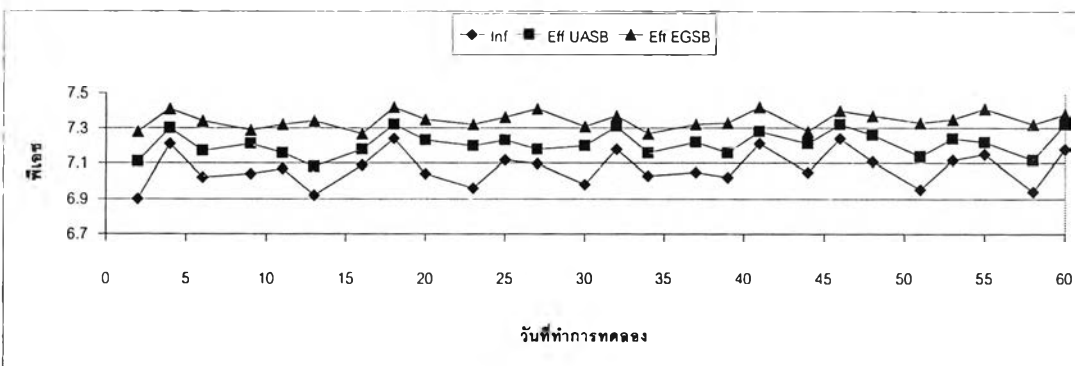


ก) ชุดการทดลองที่ 1

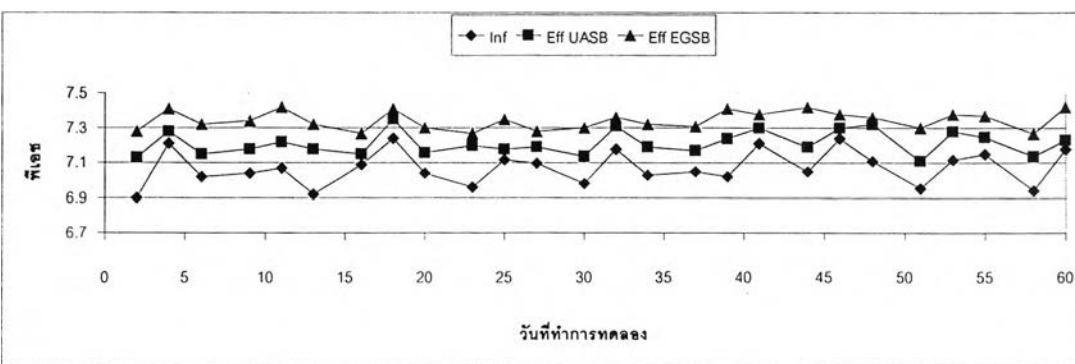


ข) ชุดการทดลองที่ 2

รูปที่ 4.25 ค่าพีเอชในการทดลองช่วงที่ 1



ก) ชุดการทดลองที่ 1



ข) ชุดการทดลองที่ 2

รูปที่ 4.26 ค่าพีเอชในการทดลองช่วงที่ 2

การทดลองครั้งที่ 2 ค่าพีเอชเฉลี่ยของน้ำเสียเข้าระบบเท่ากับ 7.1 โดยในชุดการทดลองที่ 1 น้ำออกจากระบบยูเอเอสบี มีค่าพีเอชเฉลี่ยเท่ากับ 7.2 น้ำออกจากระบบอีจีเอสบี มีค่าพีเอชเฉลี่ยเท่ากับ 7.4 ขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 น้ำออกจากระบบยูเอเอสบี มีค่าพีเอชเฉลี่ยเท่ากับ 7.2 น้ำออกจากระบบอีจีเอสบี มีค่าพีเอชเฉลี่ยเท่ากับ 7.3 โดยค่าพีเอชตลอดการทดลองในช่วงนี้ แสดงดังรูปที่ 4.26

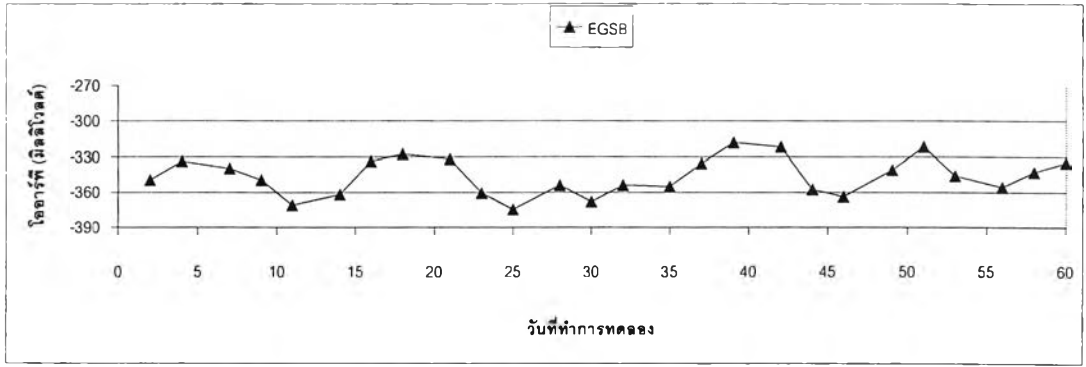
จากผลการทดลอง พบว่าค่าพีเอชเฉลี่ยของน้ำที่ออกจากระบบยูเอเอสบีและระบบอีจีเอสบี ในการทดลองทั้ง 2 ช่วง จะมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับน้ำที่เข้าระบบ เนื่องจาก ปริมาณสภาพต่างทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นในระบบ และปริมาณกรดไขมันระเหยที่ถูกกำจัดไป และจะเห็นได้ว่าค่าพีเอชของน้ำที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง จะอยู่ในช่วง 6.5 – 8.2 ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ

ไออาร์พี

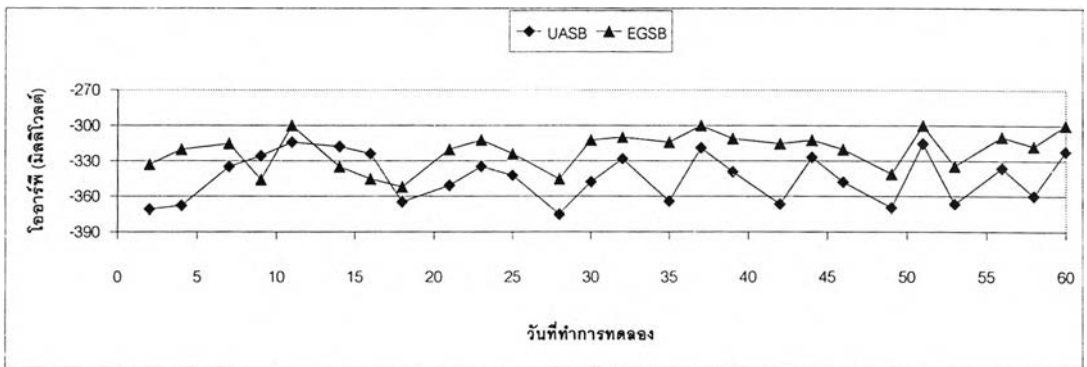
การทดลองครั้งที่ 1 ในชุดการทดลองที่ 1 ค่าไออาร์พีเฉลี่ยภายในระบบอีจีเอสบีเท่ากับ -345 มิลลิโวลต์ ขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 ค่าไออาร์พีเฉลี่ยภายในระบบยูเอเอสบีเท่ากับ -346 มิลลิโวลต์ และค่าไออาร์พีเฉลี่ยภายในระบบอีจีเอสบีเท่ากับ -316 มิลลิโวลต์ โดยค่าไออาร์พีภายในระบบตลอดการทดลองในช่วงนี้ แสดงดังรูปที่ 4.27

การทดลองครั้งที่ 2 ในชุดการทดลองที่ 1 ค่าไออาร์พีเฉลี่ยภายในระบบยูเอเอสบีเท่ากับ -346 มิลลิโวลต์ ค่าไออาร์พีเฉลี่ยภายในระบบอีจีเอสบีเท่ากับ -319 มิลลิโวลต์ ขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 ค่าไออาร์พีเฉลี่ยภายในระบบยูเอเอสบีเท่ากับ -350 มิลลิโวลต์ และค่าไออาร์พีเฉลี่ยภายในระบบอีจีเอสบีเท่ากับ -312 มิลลิโวลต์ โดยค่าไออาร์พีภายในระบบตลอดการทดลองในช่วงนี้ แสดงดังรูปที่ 4.28

จากผลการทดลอง พบว่า ค่าไออาร์พีเฉลี่ยในแต่ละระบบมีค่าใกล้เคียงกันมาก และมีค่าอยู่ในช่วง -300 ถึง -500 มิลลิโวลต์ ซึ่งเหมาะสมสำหรับการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ

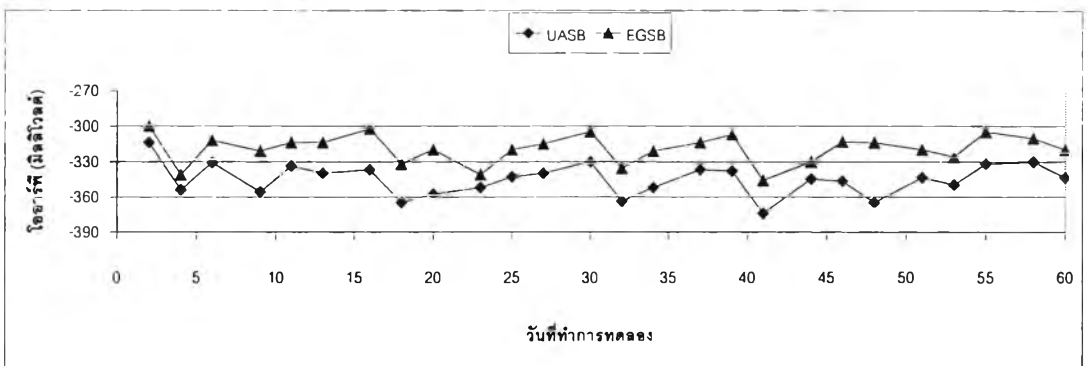


ก) ชุดการทดลองที่ 1

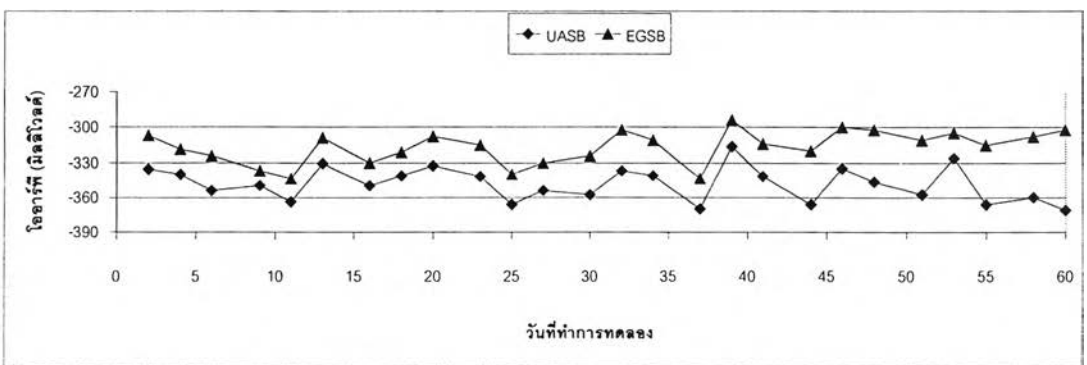


ข) ชุดการทดลองที่ 2

รูปที่ 4.27 ค่าไออาร์พีภายในระบบในการทดลองช่วงที่ 1



ก) ชุดการทดลองที่ 1



ข) ชุดการทดลองที่ 2

รูปที่ 4.28 ค่าไออาร์พีภายในระบบในการทดลองช่วงที่ 2

ตารางที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ที่ใช้ติดตามการทำงานของระบบในการทดลองช่วงที่ 1

พารามิเตอร์	น้ำเข้า ระบบ	ชุดการทดลองที่ 1		ชุดการทดลองที่ 2	
		น้ำออกจากระบบ		น้ำออกจากระบบ	
		ยูเอเอสบี	อีจีเอสบี	ยูเอเอสบี	อีจีเอสบี
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) (วัดในถังปฏิกรณ์) n = 15	-	-	29.8	29.9	29.6
สภาพต่างทั้งหมด (มก./ล. หินปูน) n = 15	268	-	282	286	297
กรดไขมันระเหย (มก./ล. กรดอะซิติก) n = 15	113	-	83	84	66
กรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างทั้งหมด n = 15	0.42	-	0.30	0.29	0.22
พีเอช n = 15	7.1	-	7.2	7.2	7.3
ไออาร์พี (มิลลิโวลต์) (วัดในถังปฏิกรณ์) n = 15	-	-	-345	-346	-316

หมายเหตุ n คือ จำนวนข้อมูลที่ทำการทดลองในช่วงที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว

ตารางที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ที่ใช้ติดตามการทำงานของระบบในการทดลองช่วงที่ 2

พารามิเตอร์	น้ำเข้า ระบบ	ชุดการทดลองที่ 1		ชุดการทดลองที่ 2	
		น้ำออกจากระบบ		น้ำออกจากระบบ	
		ยูเอเอสบี	อีจีเอสบี	ยูเอเอสบี	อีจีเอสบี
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) (วัดในถังปฏิกรณ์) n = 15	-	29.8	29.9	29.6	29.9
สภาพต่างทั้งหมด (มก./ล. หินปูน) n = 15	260	279	297	278	292
กรดไขมันระเหย (มก./ล. กรดอะซิติก) n = 15	112	87	66	82	64
กรดไขมันระเหยต่อสภาพต่างทั้งหมด n = 15	0.43	0.31	0.22	0.29	0.22
พีเอช n = 15	7.1	7.2	7.4	7.2	7.3
ไออาร์พี (มิลลิโวลต์) (วัดในถังปฏิกรณ์) n = 15	-	-346	-319	-350	-312

4.7 การวิเคราะห์ปริมาณก๊าซชีวภาพโดยเปรียบเทียบกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ในการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศจะเกิดก๊าซชีวภาพขึ้นในระบบ ซึ่งก๊าซที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ คือ ก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณซีโอดีที่ถูกกำจัด เพื่อเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ดังกล่าว จึงใช้แนวความคิด และโมเดลเรื่องก๊าซ ในงานวิจัยของสินีนุช ศศิยศชาติ (2544) มาอธิบาย โดยมีข้อกำหนดดังนี้

ข้อกำหนด

- กำหนดให้น้ำเสียที่ถูกย่อยสลายทั้งหมดมีปริมาตร 1 ลิตร
- ก๊าซที่เกิดขึ้นมี 2 ชนิด คือ มีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์
- อุณหภูมิของระบบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส
- เนื่องจากการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทมวลสารระหว่างวัฏภาคน้ำและวัฏภาคก๊าซ ดังนั้น ในการพิจารณาหน่วยของปริมาณสารที่เปลี่ยนแปลงรูปไปอยู่ในแต่ละวัฏภาค จะพิจารณาในหน่วยมวลของสารนั้นๆ ซึ่งจะทำให้ง่ายต่อการคำนวณ

ให้	M_T	=	จำนวนโมลของมีเทนทั้งหมดที่เกิดขึ้นภายในระบบ
	C_T	=	จำนวนโมลของคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นภายในระบบ
	M_L	=	จำนวนโมลของมีเทนที่อยู่ในวัฏภาคน้ำ
	C_L	=	จำนวนโมลของคาร์บอนไดออกไซด์ที่อยู่ในวัฏภาคน้ำ
	M_G	=	จำนวนโมลของมีเทนที่อยู่ในวัฏภาคก๊าซ
	C_G	=	จำนวนโมลของคาร์บอนไดออกไซด์ที่อยู่ในวัฏภาคก๊าซ

ค่าคงที่ของเฮนรีที่อุณหภูมิเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส

$$K_{CH_4} = 1.24 \text{ มิลลิโมล/ลิตร-บรรยากาศ}$$

$$K_{CO_2} = 29.9 \text{ มิลลิโมล/ลิตร-บรรยากาศ}$$

ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศจะได้ก๊าซเกิดขึ้น 2 ชนิด คือ ก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซที่เกิดขึ้นนี้ส่วนหนึ่งจะละลายอยู่ในน้ำ และอีกส่วนหนึ่งจะหนีออกไปอยู่ในบรรยากาศเหนือน้ำ ดังนั้นผลรวมของก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมดในรูปมวลจะเท่ากับมวลของก๊าซที่ละลายอยู่ในน้ำรวมกับมวลของก๊าซที่อยู่เหนือน้ำ จากความสัมพันธ์นี้ สามารถเขียนออกมาเป็นสมการได้ดังนี้

ก๊าซมีเทน

$$\begin{aligned} M_T &= M_L + M_G \\ M_L &= M_T - M_G \end{aligned} \quad (4.1)$$

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

$$\begin{aligned} C_T &= C_L + C_G \\ C_L &= C_T - C_G \end{aligned} \quad (4.2)$$

และจากความสัมพันธ์ของก๊าซในบรรยากาศเมื่อคิดในรูปของความดันพาร์เชียล จะได้ว่า

$$\text{ความดันพาร์เชียลของมีเทน, } P_{CH_4} = M_G / (M_G + C_G) \quad (4.3)$$

$$\text{ความดันพาร์เชียลของคาร์บอนไดออกไซด์, } P_{CO_2} = C_G / (M_G + C_G) \quad (4.4)$$

จากกฎของเฮนรี่ ที่กล่าวว่า "ความเข้มข้นของก๊าซที่ละลายน้ำจะเท่ากับค่าคงที่ของการละลายคูณด้วยความดันพาร์เชียลของก๊าซนั้น" จะได้ว่า

$$\text{ความเข้มข้นของมีเทนละลายน้ำ, } M_L = K_{CH_4} \times P_{CH_4} \quad (4.5)$$

แทนค่า สมการ (4.1) และ (4.3) ลงในสมการที่ (4.5) แล้วจัดรูปใหม่

$$\begin{aligned} M_T - M_G &= K_{CH_4} \times M_G / (M_G + C_G) \\ C_G &= [(K_{CH_4} \times M_G) / (M_T - M_G)] - M_G \end{aligned} \quad (4.6)$$

$$\text{ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ละลายน้ำ, } C_L = K_{CO_2} \times P_{CO_2} \quad (4.7)$$

แทนค่า สมการ (4.2) และ (4.4) ลงในสมการที่ (4.7) แล้วจัดรูปใหม่

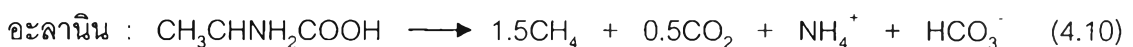
$$\begin{aligned} C_T - C_G &= K_{CO_2} \times C_G / (M_G + C_G) \\ M_G &= [(K_{CO_2} \times C_G) / (C_T - C_G)] - C_G \end{aligned} \quad (4.8)$$

จากข้อกำหนดและสมการที่ 4.1 – 4.8 สามารถนำไปใช้ในการคำนวณปริมาณก๊าซได้

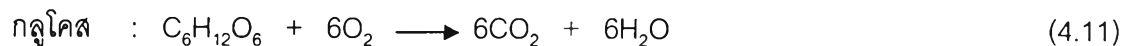
น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำเสียจากอาคารสูง ซึ่งน้ำเสียดังกล่าวเป็นน้ำเสียที่มีธาตุไนโตรเจนในรูปสารอินทรีย์ไนโตรเจนสูง จึงกำหนดให้น้ำเสียดังกล่าวมีคุณสมบัติเป็นน้ำเสียประเภทโปรตีน โดยน้ำเสียประเภทนี้เมื่อเข้าสู่ระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศจะถูกไฮโดรไลซิสให้โมเลกุลมีขนาดเล็ก กลายเป็นกรดอะมิโน และถูกแบคทีเรียสร้างกรดย่อยสลายให้กลายเป็นกรดไขมันระเหย อะมิโน คาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซไฮโดรเจน และสุดท้ายจะถูกย่อยโดยแบคทีเรียสร้างมีเทนให้เป็นก๊าซมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ และแอมโมเนีย โดยแอมโมเนียจะทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นให้เป็นแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต เป็นผลให้สภาพต่างในระบบสูงขึ้น

สำหรับน้ำเสียประเภทโปรตีนโดยทั่วไปจะไม่พบว่ามีเฉพาะโปรตีนทั้งหมด แต่จะมีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรตปนอยู่ด้วย ในปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะน้ำเสีย แต่ในการทดลองนี้จะสมมติว่า ในน้ำเสียมีคาร์โบไฮเดรตอยู่ 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะใช้กลูโคสเป็นตัวแทนสูตรทางเคมี และมีโปรตีนอยู่ 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะใช้อะลานินเป็นตัวแทนสูตรทางเคมี โดยมีสมการการย่อยสลายและสมการการออกซิไดส์สารอินทรีย์ดังนี้

- สมการการย่อยสลายสารอินทรีย์



- สมการการออกซิไดซ์สารอินทรีย์



จากสมการทั้ง 4 ข้างต้น จะได้ว่า การย่อยสลายกลูโคส 1 โมล จะใช้ออกซิเจน 6 โมล หรืออาจกล่าวได้ว่า ซีไอดีของกลูโคสเท่ากับ 6 โมล ต่อ 1 โมลของกลูโคส และในการย่อยสลายกลูโคสแบบไม่ใช้อากาศ 1 โมล จะเกิดเป็นมีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์อย่างละ 3 โมล ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า ซีไอดี 6 โมล จะเกิดเป็นมีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์อย่างละ 3 โมล

ส่วนในการย่อยสลายอะลานิน 1 โมล จะใช้ออกซิเจน 5 โมล หรืออาจกล่าวได้ว่า ซีไอดีของอะลานินเท่ากับ 5 โมล ต่อ 1 โมลของอะลานิน และในการย่อยสลายอะลานินแบบไม่ใช้อากาศ 1 โมล จะเกิดเป็นมีเทน 1.5 โมล คาร์บอนไดออกไซด์ 0.5 โมล แอมโมเนียและไบคาร์บอเนตอย่างละ 1 โมล ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า ซีไอดี 5 โมล จะเกิดเป็นมีเทน 1.5 โมล คาร์บอนไดออกไซด์ 0.5 โมล แอมโมเนียและไบคาร์บอเนตอย่างละ 1 โมล

จากการตั้งสมมติฐานว่า น้ำเสียประเภทโปรตีนประกอบด้วยกลูโคส และอะลานินอย่างละ 50 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น ในซีไอดี 1 โมล

จะเป็นซีไอดีจากกลูโคส 0.5 โมล และเกิด มีเทน = $0.5 \times 0.5 = 0.25$ โมล

คาร์บอนไดออกไซด์ = $0.5 \times 0.5 = 0.25$ โมล

จะเป็นซีไอดีจากอะลานิน 0.5 โมล และเกิด มีเทน = $0.5 \times 0.3 = 0.15$ โมล

คาร์บอนไดออกไซด์ = $0.5 \times 0.1 = 0.05$ โมล

เนื่องจากว่าค่าซีไอดีนั้นมีหน่วยเป็น มก./ล. เพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ จึงอาจกล่าวได้ว่า ในการย่อยสลายซีไอดี 1 มิลลิโมล จะเกิดก๊าซมีเทนขึ้นทั้งหมด 0.40 มิลลิโมล และเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นทั้งหมด 0.30 มิลลิโมล

ดังนั้น ซีไอดีที่ถูกกำจัด C มก./ล. เท่ากับ C/32 มิลลิโมล/ล. จะเกิดเป็น

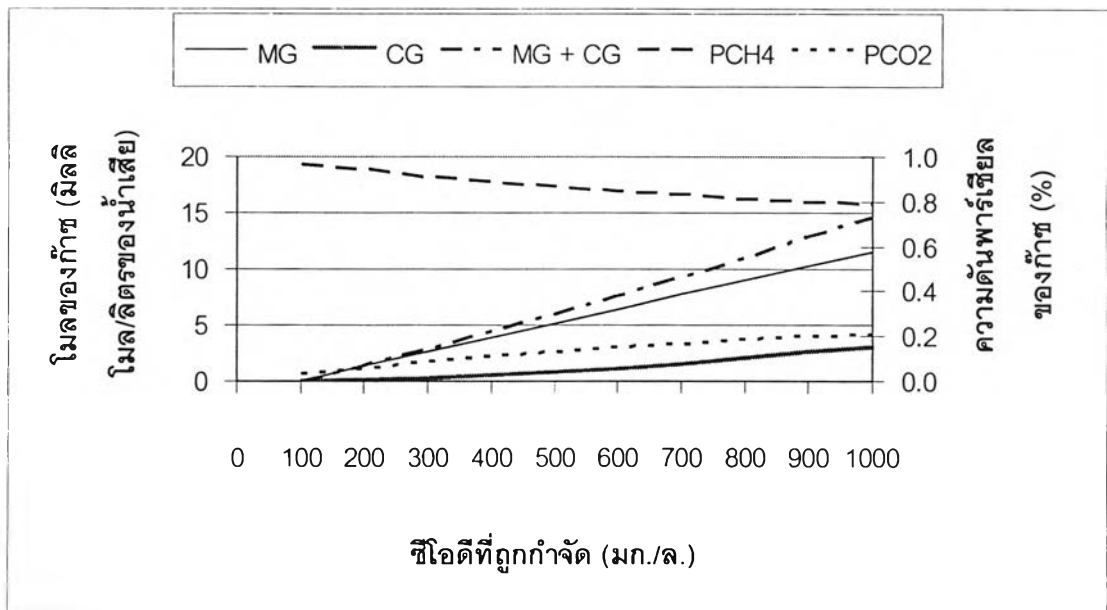
ก๊าซมีเทน, $M_T = (C/32) \times 0.40$ มิลลิโมล/ล.

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, $C_T = (C/32) \times 0.30$ มิลลิโมล/ล.

การคำนวณหาปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นสามารถทำได้โดยการ Trial & error ดังนี้

1. กำหนดค่าซีโอดีที่ถูกกำจัด (C), มก./ล.
2. คำนวณหาค่า M_T และ C_T
3. สมมติค่ามีเทนที่เป็นก๊าซที่เกิดขึ้น (M_G), มิลลิโมล/ล. แทนลงในสมการที่ (4.6) จะได้ค่าคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นก๊าซที่เกิดขึ้น (C_G), มิลลิโมล/ล.
4. แทนค่า C_G ลงในสมการที่ (4.8) จะได้ค่า M_G
5. Trial & error ต่อไปจนกว่าจะได้ค่า M_G ที่สมมติเท่ากับค่าที่ได้จากการคำนวณในสมการที่ (4.8)
6. คำนวณหา P_{CH_4} และ P_{CO_2} จากสมการที่ (4.3) และ (4.4)
7. คำนวณหา M_L และ C_L ในหน่วยมิลลิโมล/ล. จากสมการที่ (4.1) และ (4.2)

จากการคำนวณโดยการ Trial & error ซึ่งกำหนดค่าซีโอดีของน้ำเสียที่ถูกกำจัดตั้งแต่ 100 ถึง 1000 มก./ล. จะได้ผลดังตารางที่ 4.13 และนำความสัมพันธ์ระหว่างซีโอดีที่ถูกกำจัด และปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นมาสร้างกราฟได้ดังรูปที่ 4.29



รูปที่ 4.29 ความสัมพันธ์ระหว่างซีโอดีที่ถูกกำจัด และปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 4.13 ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นเทียบกับซีโอดีที่ถูกกำจัด

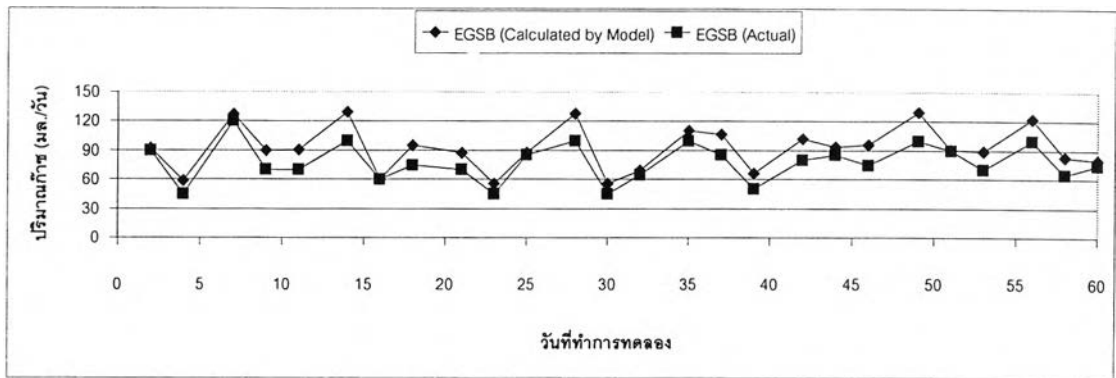
ซีโอดีที่ถูกกำจัด		จำนวนโมลของก๊าซ (มิลลิโมล/ล.)		จำนวนโมลของก๊าซเหนือผิวน้ำ (มิลลิโมล/ล.)		จำนวนโมลของก๊าซที่ละลายน้ำ (มิลลิโมล/ล.)		ความดันพาร์เชียลของก๊าซ (%)		ปริมาณก๊าซเหนือผิวน้ำ	
มก./ล.	มิลลิโมล/ล.	M _T	C _T	M _G	C _G	M _L	C _L	P _{CH₄}	P _{CO₂}	มิลลิโมล/ล.	ลิตร
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
100	3.13	1.25	0.94	0.05	0.00	1.20	0.94	0.97	0.03	0.05	0.00
200	6.25	2.50	1.88	1.33	0.08	1.17	1.80	0.94	0.06	1.41	0.03
300	9.38	3.75	2.81	2.62	0.26	1.13	2.56	0.91	0.09	2.88	0.06
400	12.50	5.00	3.75	3.90	0.50	1.10	3.25	0.89	0.11	4.40	0.10
500	15.63	6.25	4.69	5.17	0.77	1.08	3.92	0.87	0.13	5.94	0.13
600	18.75	7.50	5.63	6.45	1.17	1.05	4.46	0.85	0.15	7.62	0.17
700	21.88	8.75	6.56	7.72	1.57	1.03	4.99	0.83	0.17	9.29	0.21
800	25.00	10.00	7.50	8.99	2.05	1.01	5.45	0.81	0.19	11.04	0.25
900	28.13	11.25	8.44	10.26	2.59	0.99	5.85	0.80	0.20	12.85	0.29
1000	31.25	12.50	9.38	11.52	3.06	0.98	6.32	0.79	0.21	14.58	0.33

หมายเหตุ

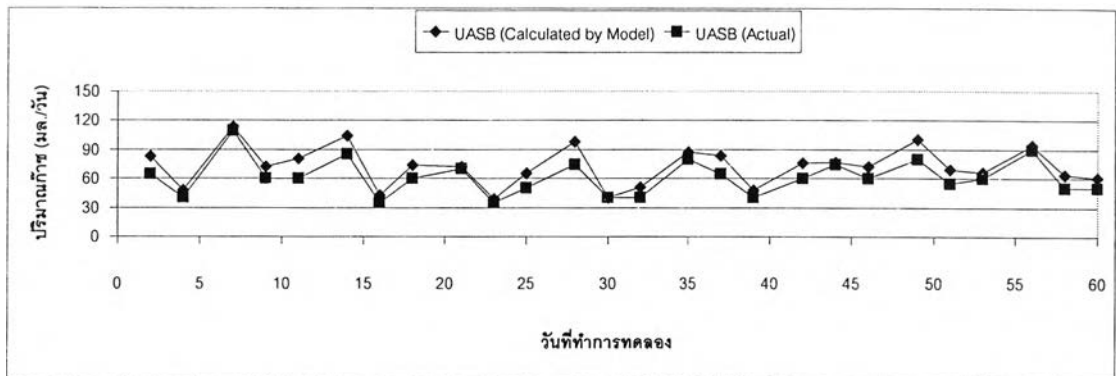
- (1) กำหนด
- (2) เท่ากับ (1) / 32
- (3) เท่ากับ (2) × 0.40 (มิลลิโมล/ล.)
- (4) เท่ากับ (2) × 0.30 (มิลลิโมล/ล.)
- (5) และ (6) ได้จากการ Trial & error จากสมการที่ (4.6) และ (4.8) (มิลลิโมล/ล.)
- (7) และ (8) ได้จากสมการที่ (4.1) และ (4.2) (มิลลิโมล/ล.)
- (9) และ (10) ได้จากสมการที่ (4.3) และ (4.4) (%)
- (11) เท่ากับ (5) + (6) (มิลลิโมล/ล.)
- (12) เท่ากับ (11) × 22.4 / 1000 (ลิตร)

ซึ่งจากความสัมพันธ์ระหว่างซีโอดีที่ถูกกำจัดและปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น ในรูปที่ 4.29 สามารถนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณก๊าซชีวภาพที่วัดได้จากระบบ ตลอดจนการทดลองทั้ง 2 ช่วง ดังนี้

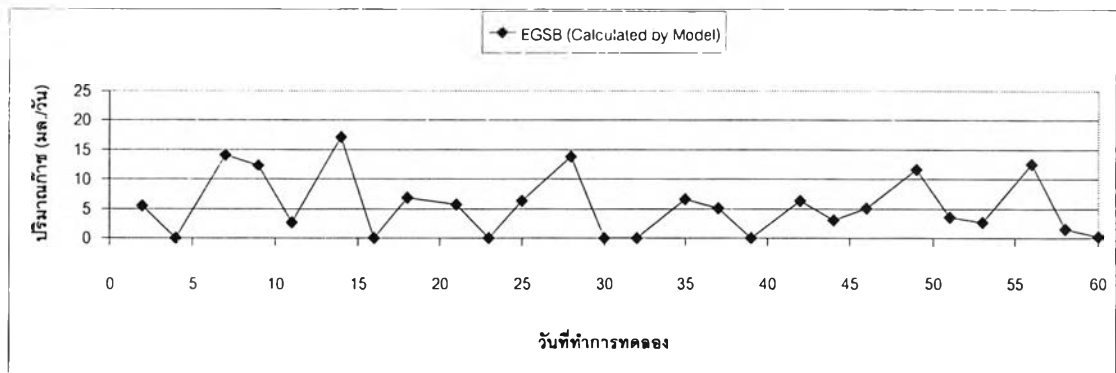
การทดลองช่วงที่ 1 ในชุดการทดลองที่ 1 มีปริมาณก๊าซชีวภาพเฉลี่ยจากระบบอีจีเอสบี เท่ากับ 79 มล./วัน คิดเป็นอัตราการผลิตก๊าซเฉลี่ยเท่ากับ 0.18 ลบ.ม./กก.ซีโอดีที่ถูกกำจัด ขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 มีปริมาณก๊าซชีวภาพเฉลี่ยจากระบบยูเอเอสบีเท่ากับ 61 มล./วัน คิดเป็นอัตราการผลิตก๊าซเฉลี่ยเท่ากับ 0.16 ลบ.ม./กก.ซีโอดีที่ถูกกำจัด ส่วนในระบบอีจีเอสบีไม่สามารถวัดปริมาณก๊าซชีวภาพได้ โดยปริมาณก๊าซชีวภาพและอัตราการผลิตก๊าซตลอดการทดลองในช่วงนี้ แสดงดังรูปที่ 4.30 และ 4.31 ตามลำดับ



ก) ชุดการทดลองที่ 1 (ระบบอีจีเอสบี)



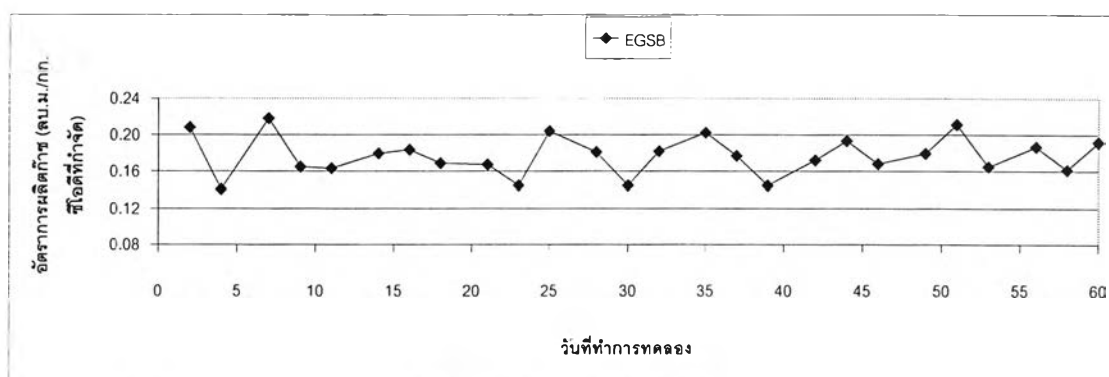
ข) ชุดการทดลองที่ 2 (ระบบยูเอสบี)



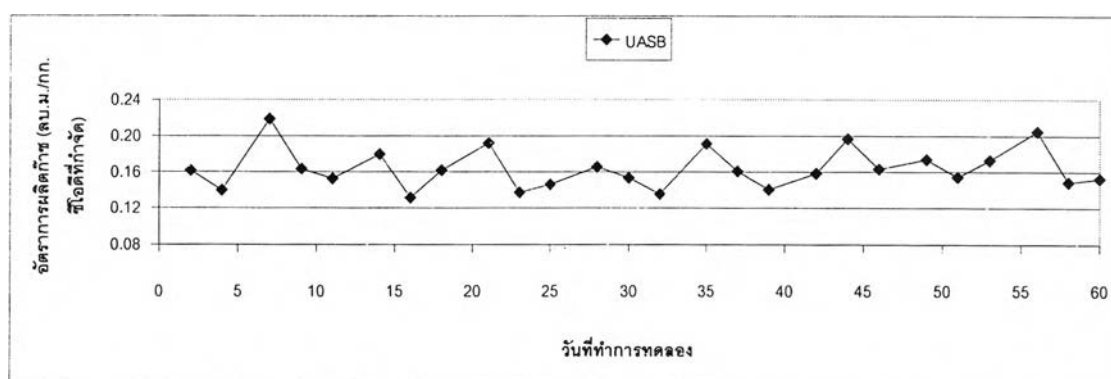
หมายเหตุ ไม่สามารถวัดปริมาณก๊าซชีวภาพจากอุปกรณ์ที่ใช้วัดก๊าซได้ เนื่องจากก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นมีปริมาณน้อยมาก

ค) ชุดการทดลองที่ 2 (ระบบอีจีเอสบี)

รูปที่ 4.30 ปริมาณก๊าซชีวภาพในการทดลองครั้งที่ 1



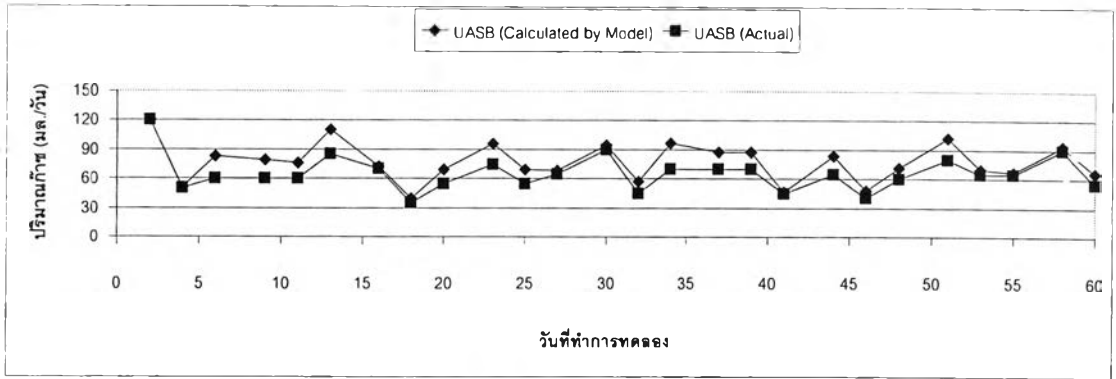
ก) ชุดการทดลองที่ 1 (ระบบอีจีเอสบี)



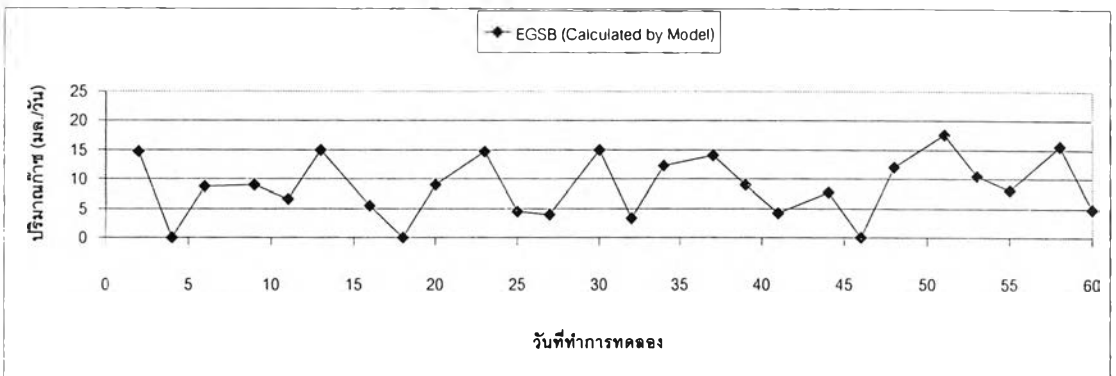
ข) ชุดการทดลองที่ 2 (ระบบยูเอเอสบี)

รูปที่ 4.31 อัตราการผลิตก๊าซในการทดลองครั้งที่ 1

การทดลองครั้งที่ 2 ในชุดการทดลองที่ 1 มีปริมาณก๊าซชีวภาพเฉลี่ยจากระบบยูเอเอสบี เท่ากับ 65 มล./วัน คิดเป็นอัตราการผลิตก๊าซเฉลี่ยเท่ากับ 0.17 ลบ.ม./กก.ซีไอดีที่ถูกกักจัด ส่วนในระบบอีจีเอสบีไม่สามารถวัดปริมาณก๊าซชีวภาพได้ ขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 มีปริมาณก๊าซชีวภาพเฉลี่ยจากระบบยูเอเอสบีเท่ากับ 64 มล./วัน คิดเป็นอัตราการผลิตก๊าซเฉลี่ยเท่ากับ 0.17 ลบ.ม./กก.ซีไอดีที่ถูกกักจัด ส่วนในระบบอีจีเอสบีไม่สามารถวัดปริมาณก๊าซชีวภาพได้ โดยปริมาณก๊าซชีวภาพและอัตราการผลิตก๊าซตลอดการทดลองในขณะนี้ แสดงดังรูปที่ 4.32 และ 4.33 ตามลำดับ

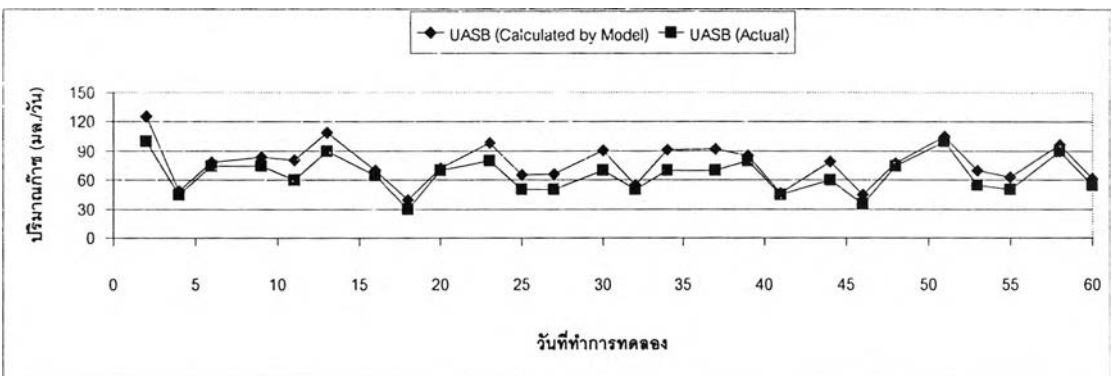


ก) ชุดการทดลองที่ 1 (ระบบยูเอสบี)

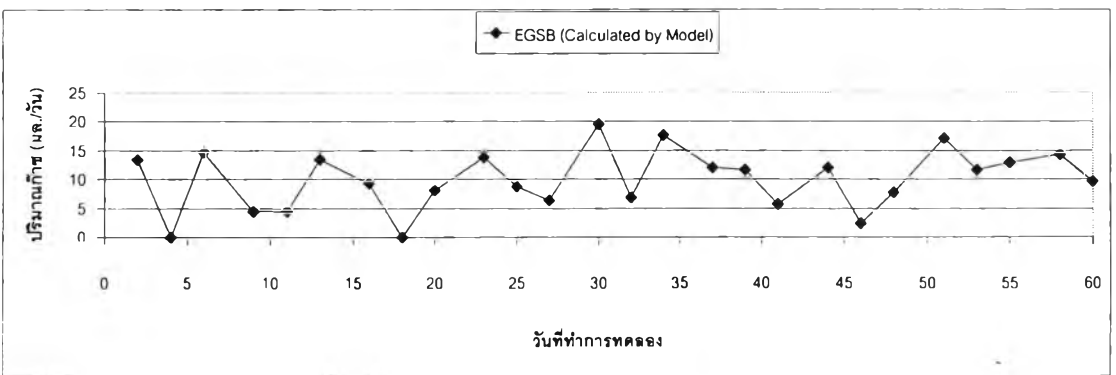


หมายเหตุ ไม่สามารถวัดปริมาณก๊าซชีวภาพจากอุปกรณ์ที่ใช้วัดก๊าซได้ เนื่องจากก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นมีปริมาณน้อยมาก

ข) ชุดการทดลองที่ 1 (ระบบอีจีเอสบี)



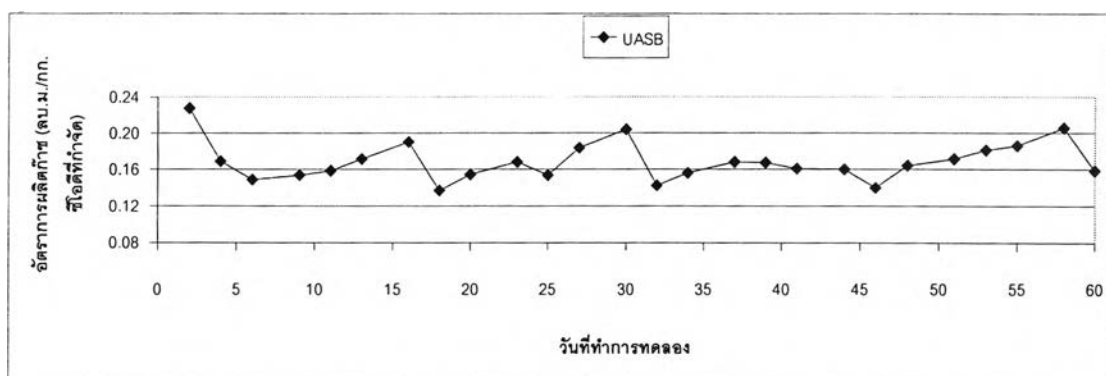
ค) ชุดการทดลองที่ 2 (ระบบยูเอสบี)



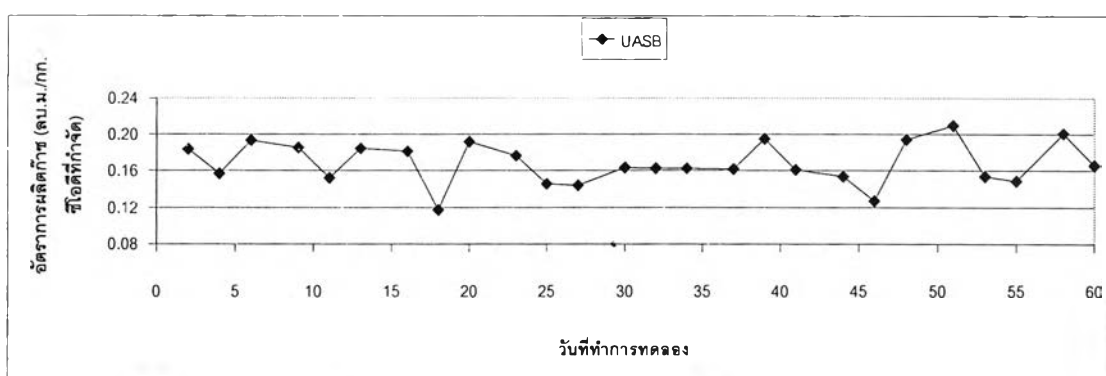
หมายเหตุ ไม่สามารถวัดปริมาณก๊าซชีวภาพจากอุปกรณ์ที่ใช้วัดก๊าซได้ เนื่องจากก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นมีปริมาณน้อยมาก

ง) ชุดการทดลองที่ 2 (ระบบอีจีเอสบี)

รูปที่ 4.32 ปริมาณก๊าซชีวภาพในการทดลองช่วงที่ 2



ก) ชุดการทดลองที่ 1 (ระบบยูเอเอสบี)



ข) ชุดการทดลองที่ 2 (ระบบยูเอเอสบี)

รูปที่ 4.33 อัตราการผลิตก๊าซในการทดลองครั้งที่ 2

และจากผลการทดลองทั้ง 2 ช่วง สามารถเปรียบเทียบปริมาณก๊าซชีวภาพและอัตราการผลิตก๊าซเฉลี่ยที่วัดได้ในช่วงที่ระบบอยู่ในสภาวะคงตัวกับที่คำนวณได้จากโมเดล แสดงดังตารางที่ 4.14 และ 4.15

ตารางที่ 4.14 ปริมาณก๊าซและอัตราการผลิตก๊าซในการทดลองครั้งที่ 1

ชุดการทดลอง	ปริมาณก๊าซชีวภาพ (มล./วัน)				อัตราการผลิตก๊าซ (ลบ.ม./กก. ซีโอดีที่ถูกกำจัด)	
	ระบบยูเอเอสบี		ระบบอีจีเอสบี		ระบบยูเอเอสบี	ระบบอีจีเอสบี
	จากโมเดล	วัดได้จริง	จากโมเดล	วัดได้จริง		
1	-	-	95	79	-	0.18
2	73	61	5	วัดไม่ได้	0.16	วัดไม่ได้

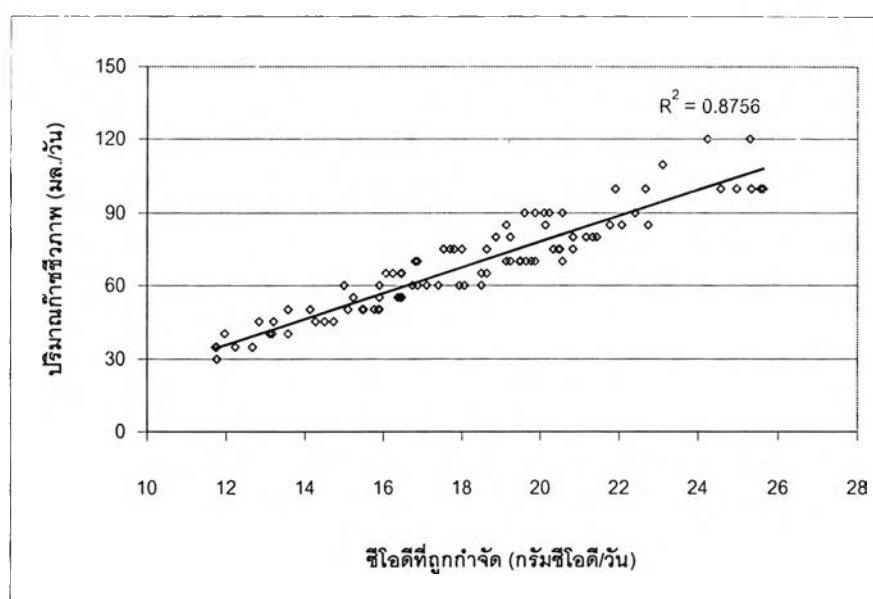
หมายเหตุ เป็นค่าเฉลี่ยที่ทำการทดลองในช่วงที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว

ตารางที่ 4.15 ปริมาณก๊าซและอัตราการผลิตก๊าซในการทดลองครั้งที่ 2

ชุดการทดลอง	ปริมาณก๊าซชีวภาพ (มล./วัน)				อัตราการผลิตก๊าซ (ลบ.ม./กก.ซีโอดีที่ถูกกำจัด)	
	ระบบยูเอเอสบี		ระบบอีจีเอสบี		ระบบยูเอเอสบี	ระบบอีจีเอสบี
	จากโมเดล	วัดได้จริง	จากโมเดล	วัดได้จริง		
1	76	65	9	วัดไม่ได้	0.17	วัดไม่ได้
2	75	64	11	วัดไม่ได้	0.17	วัดไม่ได้

หมายเหตุ เป็นค่าเฉลี่ยที่ทำการทดลองในช่วงที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว

และเมื่อนำค่าปริมาณก๊าซชีวภาพที่วัดได้จากการทดลองทั้ง 2 ช่วง มาหาความสัมพันธ์กับปริมาณซีโอดีที่ถูกกำจัด จะแสดงดังรูปที่ 4.34



รูปที่ 4.34 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซชีวภาพที่วัดได้กับปริมาณซีโอดีที่ถูกกำจัด

จากรูปที่ 4.34 จะสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซชีวภาพที่วัดได้กับปริมาณซีโอไลท์ที่ถูกกำจัดได้ดังสมการ (4.13)

$$Y = 5.34X - 28.71 \quad (4.13)$$

เมื่อ $X =$ ปริมาณซีโอไลท์ที่ถูกกำจัด (กรัมซีโอไลท์ที่ถูกกำจัด/วัน)

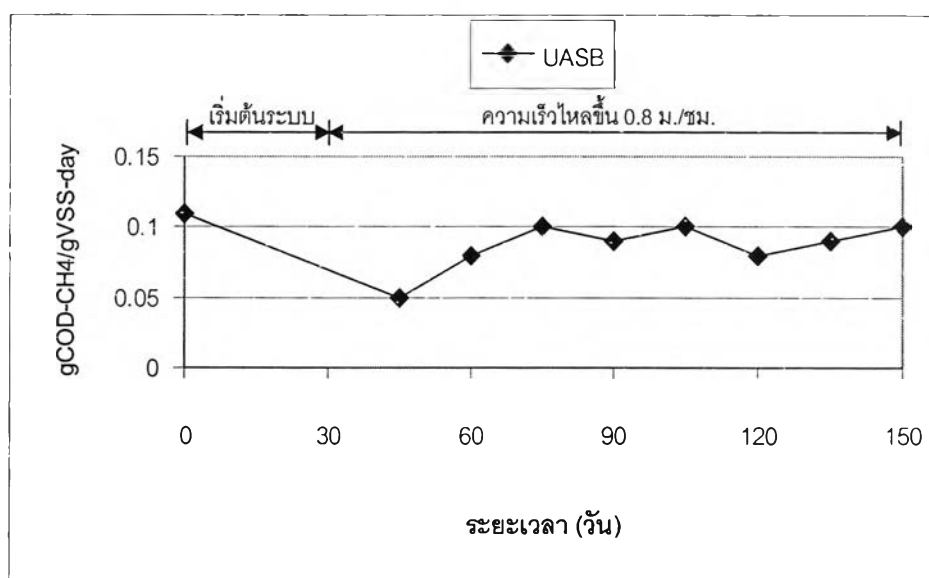
$Y =$ ปริมาณก๊าซชีวภาพที่วัดได้ (มล./วัน)

จะเห็นได้ว่า ปริมาณก๊าซชีวภาพที่วัดได้จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณซีโอไลท์ที่ถูกกำจัด โดยค่าปริมาณซีโอไลท์ที่ถูกกำจัดที่น้อยที่สุดที่ทำให้เกิดก๊าซชีวภาพในปริมาณที่วัดได้ มีค่าประมาณ 12 กรัมซีโอไลท์ที่ถูกกำจัด ซึ่งจะเกิดก๊าซชีวภาพประมาณ 35 มล.

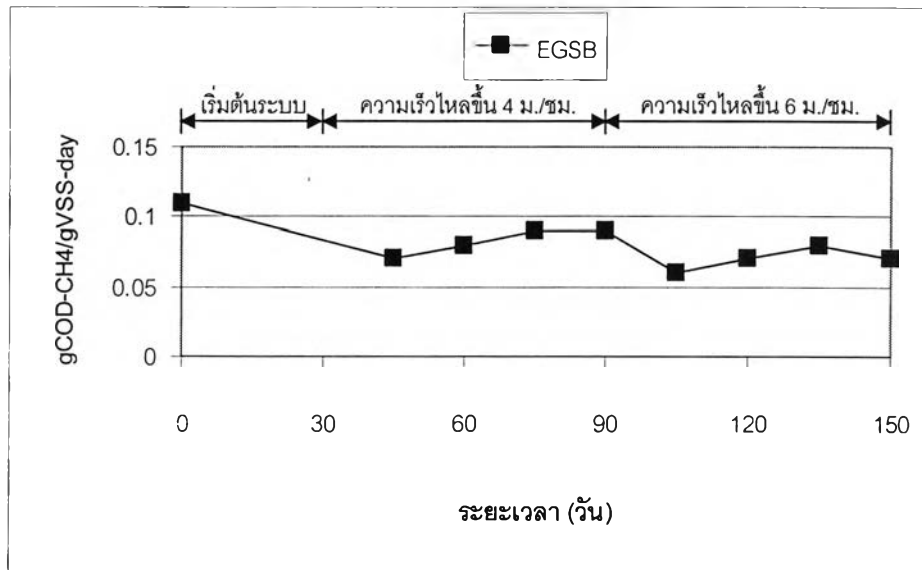
จากผลการทดลอง พบว่า ไม่สามารถวัดปริมาณก๊าซชีวภาพจากระบบอีจีเอสบีได้ เนื่องจากว่า น้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าซีโอไลท์น้อยมาก ซึ่งการย่อยสลายซีโอไลท์ที่ต่ำมากจะทำให้จุลินทรีย์ผลิตก๊าซชีวภาพได้ในปริมาณที่น้อยมากเช่นเดียวกัน รวมทั้งก๊าซชีวภาพสามารถละลายอยู่ในน้ำเสียในระบบได้ ทำให้ไม่สามารถเก็บก๊าซชีวภาพในปริมาณที่จะสามารถอ่านค่าได้ กล่าวคือ ปริมาณซีโอไลท์ที่ถูกกำจัดในระบบอีจีเอสบีจะอยู่ในช่วง 110 - 190 มก./ล. ซึ่งเมื่อพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างซีโอไลท์ที่ถูกกำจัดและปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น ในรูปที่ 4.29 จะเห็นได้ว่า จะมีปริมาณก๊าซชีวภาพที่อยู่เหนือผิวน้ำอยู่ในช่วง 0 - 30 มล. ซึ่งมีค่าน้อยมากจนไม่สามารถอ่านค่าได้จากอุปกรณ์วัดก๊าซ ทำให้ไม่สามารถวัดปริมาณก๊าซชีวภาพในระบบอีจีเอสบีได้ ในขณะที่ปริมาณซีโอไลท์ที่ถูกกำจัดในระบบยูเอเอสบีจะอยู่ในช่วง 250 - 500 มก./ล. ซึ่งเมื่อพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างซีโอไลท์ที่ถูกกำจัดและปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น ในรูปที่ 4.29 จะเห็นได้ว่า จะมีปริมาณก๊าซชีวภาพที่อยู่เหนือผิวน้ำอยู่ในช่วง 50 - 130 มล. ซึ่งมีค่ามากพอที่จะทำให้อ่านค่าได้จากอุปกรณ์วัดก๊าซ ทำให้สามารถวัดปริมาณก๊าซชีวภาพในระบบยูเอเอสบีได้ ซึ่งจากตารางที่ 4.14 และ 4.15 จะเห็นว่า ปริมาณก๊าซชีวภาพที่วัดได้จะมีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณ เนื่องจากว่า ก๊าซชีวภาพอาจจะรั่วออกจากถังปฏิกรณ์ไปได้ และอุปกรณ์ที่ใช้วัดก๊าซนั้นไม่ใช่อุปกรณ์มาตรฐานทั่วไปที่ใช้วัดก๊าซ ทำให้ปริมาณก๊าซที่วัดได้อาจมีความคลาดเคลื่อนได้

4.8 ความสามารถจำเพาะในการสร้างมีเทน (Specific Methanogenic Activity, SMA)

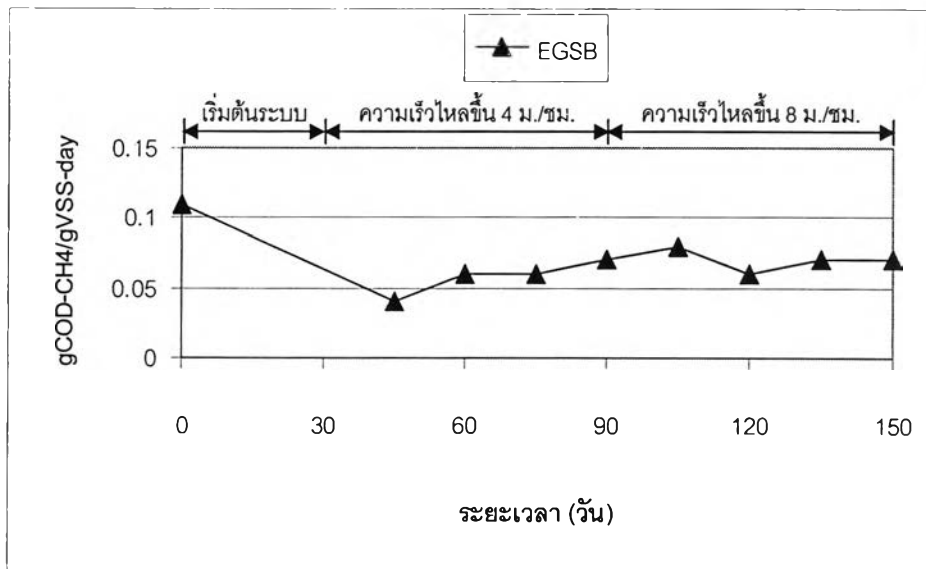
ในการศึกษาความสามารถจำเพาะในการสร้างมีเทนของตะกอนจุลินทรีย์ในระบบนั้น เป็นการศึกษาว่าจุลินทรีย์ที่อยู่ในระบบ มีความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาย่อยสลายสารอินทรีย์ได้มากน้อยเพียงใด โดยจะดูจากอัตราการผลิตมีเทน กล่าวคือ กลุ่มจุลินทรีย์ที่มีอัตราการผลิตมีเทนสูง แสดงว่า มีความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาย่อยสลายสารอินทรีย์สูง โดยในการศึกษาความสามารถจำเพาะในการสร้างมีเทนของตะกอนจุลินทรีย์ จะทำการวิเคราะห์ด้วยการหาค่า Specific Methanogenic Activity, SMA ของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ ซึ่งผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.35 4.36 และ 4.37



รูปที่ 4.35 ค่า SMA ของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในระบบยูเอสบี

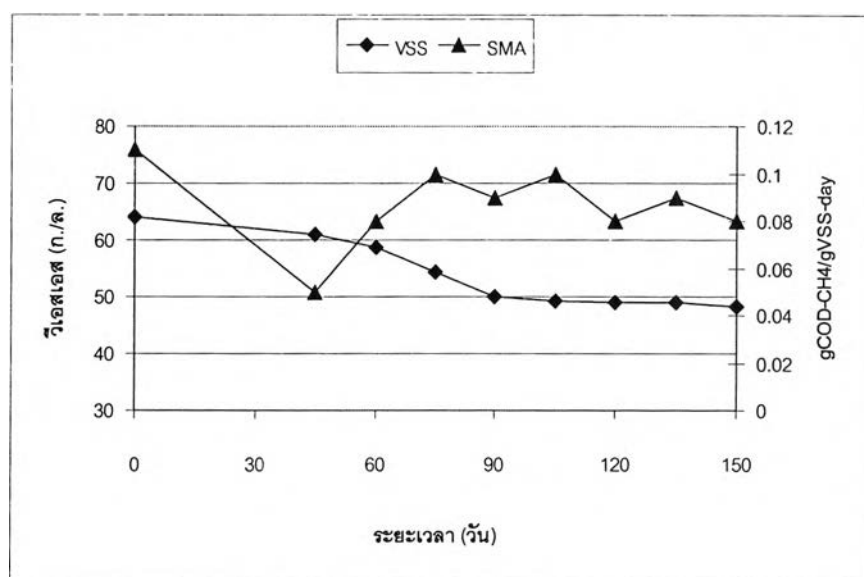


รูปที่ 4.36 ค่า SMA ของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในระบบอีจีเอสบี
ที่เปลี่ยนความเร็วไหลขึ้นจาก 4 เป็น 6 ม./ชม.

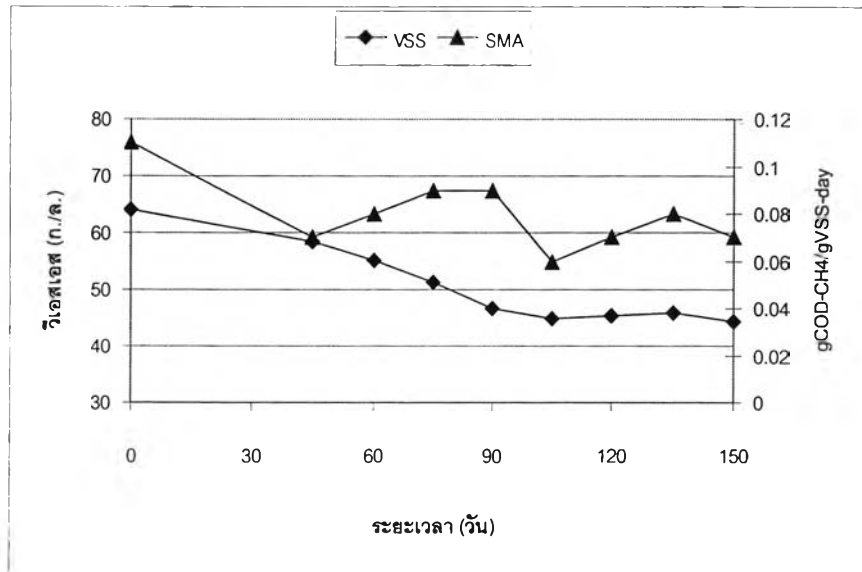


รูปที่ 4.37 ค่า SMA ของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในระบบอีจีเอสบี
ที่เปลี่ยนความเร็วไหลขึ้นจาก 4 เป็น 8 ม./ชม.

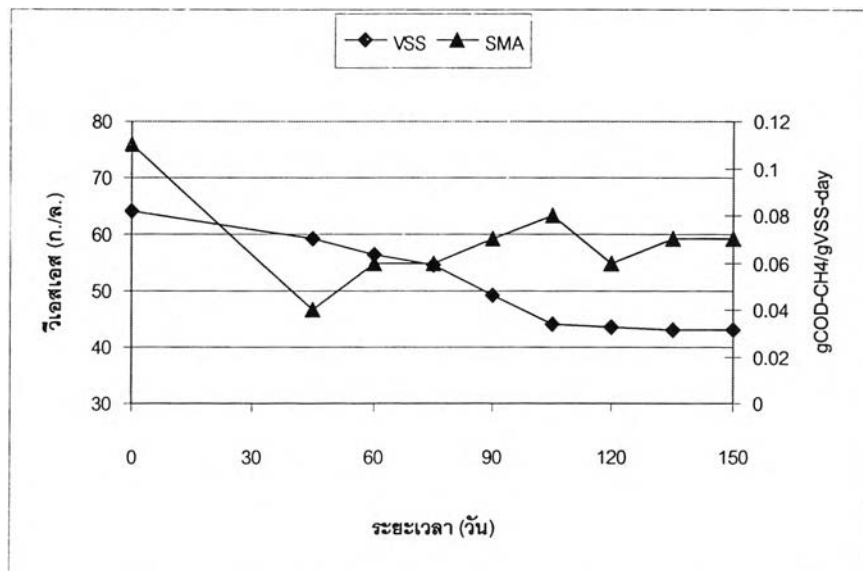
จากรูปที่ 4.35 4.36 และ 4.37 พบว่า ค่า SMA ของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ที่ตอนก่อนเริ่มต้นเดินระบบเท่ากับ 0.11 ก.ซีไอดี-มีเทน/ก.VSS-วัน และเมื่อทำการเริ่มต้นเดินระบบจะเห็นได้ว่า ค่า SMA ของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ทั้งในระบบยูเอเอสบีและอีจีเอสบี จะมีค่าลดลงมาจากตอนก่อนเริ่มต้นเดินระบบ เนื่องจากว่าในช่วงนี้จุลินทรีย์ยังอยู่ในช่วงของการปรับตัวให้เข้ากับสภาพภายในระบบ ซึ่งทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาย่อยสลายสารอินทรีย์ลดลง และเมื่อเดินระบบต่อไปเรื่อยๆ จะเห็นได้ว่า ค่า SMA ของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ทั้งในระบบยูเอเอสบีและอีจีเอสบีจะค่อยๆเพิ่มขึ้น และหลังจากนั้นจะค่อนข้างคงที่ แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์ในระบบสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพภายในระบบได้แล้ว ซึ่งจะสอดคล้องกับความเข้มข้นของจุลินทรีย์ในระบบ ดังแสดงดังรูปที่ 4.38 4.39 และ 4.40 จะเห็นได้ว่าในช่วงแรกจุลินทรีย์ภายในระบบยังไม่สามารถปรับตัวได้ มีผลทำให้จุลินทรีย์บางส่วนอาจตายและเกิดการย่อยสลาย ดังนั้น ความเข้มข้นของจุลินทรีย์จะลดลง มีผลทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาย่อยสลายสารอินทรีย์ลดลง และเมื่อจุลินทรีย์สามารถปรับตัวได้แล้ว จะเห็นได้ว่า ความเข้มข้นของจุลินทรีย์จะค่อนข้างคงที่ มีผลทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาย่อยสลายสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.38 ความสัมพันธ์ของค่า SMA กับความเข้มข้นของจุลินทรีย์ในระบบยูเอเอสบี

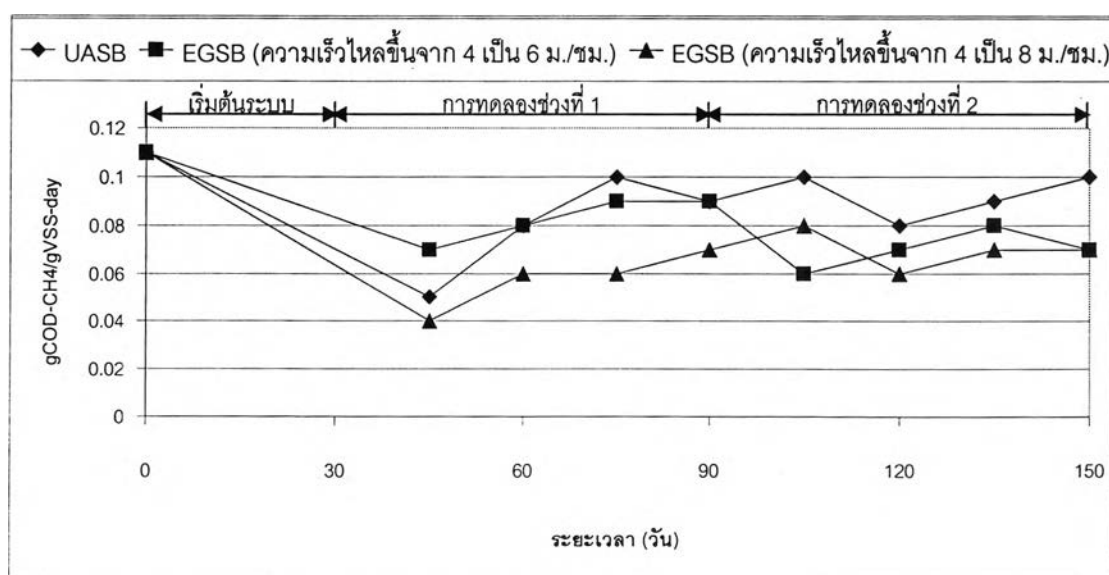


รูปที่ 4.39 ความสัมพันธ์ของค่า SMA กับความเข้มข้นของจุลินทรีย์ในระบบบิโอดีเอสปี ที่เปลี่ยนความเร็วไหลขึ้นจาก 4 เป็น 6 ม./ชม.



รูปที่ 4.40 ความสัมพันธ์ของค่า SMA กับความเข้มข้นของจุลินทรีย์ในระบบบิโอดีเอสปี ที่เปลี่ยนความเร็วไหลขึ้นจาก 4 เป็น 8 ม./ชม.

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่า SMA ของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในระบบยูเอเอสบีและอีจีเอสบี ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.41 พบว่า ในช่วงที่ระบบอยู่ในสภาวะคงตัวค่า SMA ของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในระบบยูเอเอสบีจะอยู่ในช่วง 0.09 – 0.1 ก.ซีไอดี-มีเทน/ก.VSS-วัน ขณะที่ในระบบอีจีเอสบีจะมีค่า SMA อยู่ในช่วง 0.06 – 0.07 ก.ซีไอดี-มีเทน/ก.VSS-วัน จึงอาจกล่าวได้ว่าความสามารถของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในระบบยูเอเอสบีจะสูงกว่าในระบบอีจีเอสบี ซึ่งสาเหตุน่าจะมาจากการที่น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบยูเอเอสบีมีค่าซีไอดีสูงกว่าน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบอีจีเอสบี ทำให้ในระบบยูเอเอสบีมีสารอาหารสำหรับจุลินทรีย์ในปริมาณที่มากกว่าในระบบอีจีเอสบี ส่งผลให้จุลินทรีย์ที่อยู่ในระบบยูเอเอสบีจะมีความสมบูรณ์มากกว่าในระบบอีจีเอสบี จึงทำให้ค่า SMA ของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในระบบยูเอเอสบีมีค่าสูงกว่าในระบบอีจีเอสบี ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่า SMA ของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในระบบอีจีเอสบี กล่าวคือ ในการทดลองช่วงที่ 1 ในระบบอีจีเอสบีที่มีการเปลี่ยนความเร็วไหลขึ้นจาก 4 เป็น 6 ม./ชม. จะมีค่า SMA สูงกว่าในระบบอีจีเอสบีที่มีการเปลี่ยนความเร็วไหลขึ้นจาก 4 เป็น 8 ม./ชม. เนื่องจากน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบอีจีเอสบีในชุดการทดลองที่มีการเปลี่ยนความเร็วไหลขึ้นจาก 4 เป็น 6 ม./ชม. จะมีค่าซีไอดีสูงกว่าในชุดการทดลองที่มีการเปลี่ยนความเร็วไหลขึ้นจาก 4 เป็น 8 ม./ชม. เนื่องจากในชุดการทดลองนี้ยังไม่มีติดตั้งระบบยูเอเอสบีเป็นระบบบำบัดขั้นต้น และจากการที่ค่า SMA ของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในทั้ง 2 ระบบจะค่อนข้างคงที่ แสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพของระบบยูเอเอสบีและระบบอีจีเอสบีจะค่อนข้างคงที่ด้วยเช่นกัน แต่ถ้าเมื่อใดก็ตามที่ค่า SMA ลดลงไปเรื่อยๆ แสดงว่าประสิทธิภาพของระบบจะลดลงไปเรื่อยๆ เช่นเดียวกัน ซึ่งอาจเป็นสัญญาณที่บ่งบอกว่าระบบบำบัดกำลังจะล้มเหลว

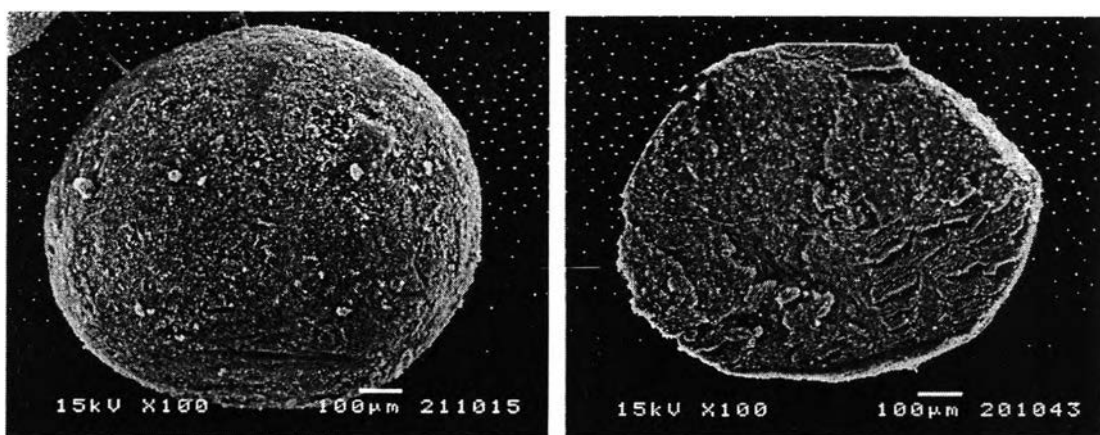


รูปที่ 4.41 การเปรียบเทียบค่า SMA ของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในระบบยูเอเอสบีกับระบบอีจีเอสบี

4.9 ผลของความเร็วไหลขึ้นต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์

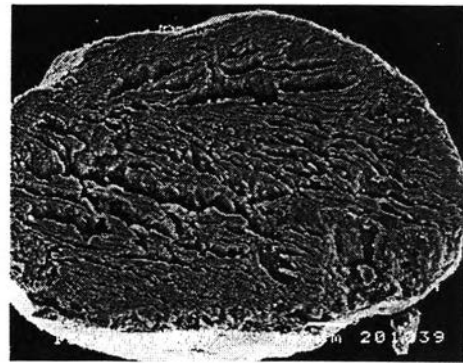
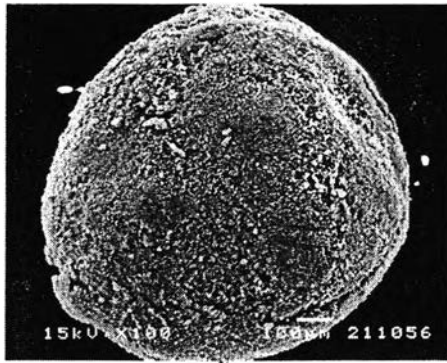
งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเรื่องความเร็วไหลขึ้นในระบบ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์หรือไม่ โดยเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองเริ่มต้นมีขนาด 1 – 2 มม. โดยได้ทำการคัดเลือกเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ด้วยการตกตะกอน เลือกเอาเฉพาะเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ที่ตกตะกอนได้ดี ลักษณะทางกายภาพของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์มีสีดำ ผิวกลมเกลี้ยง จับตัวแน่น เป็นรูปทรงกลมหรือทรงรี

ซึ่งเมื่อนำตัวอย่างเม็ดตะกอนจุลินทรีย์จากระบบยูเอเอสบีและอีจีเอสบี มาทำการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscopy, SEM) โดยทำการเลือกตัวอย่างเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ ที่เป็นตัวแทนของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์หลายๆเม็ดที่ส่องจากกล้องจุลทรรศน์ ซึ่งมีลักษณะทางกายภาพที่สามารถสังเกตได้ ดังนี้

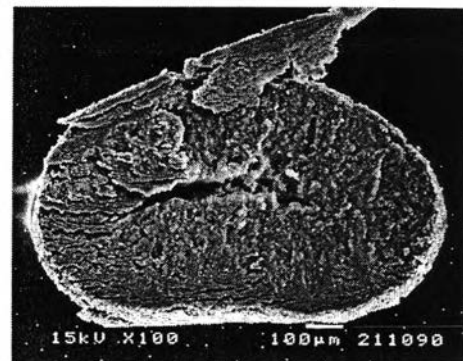
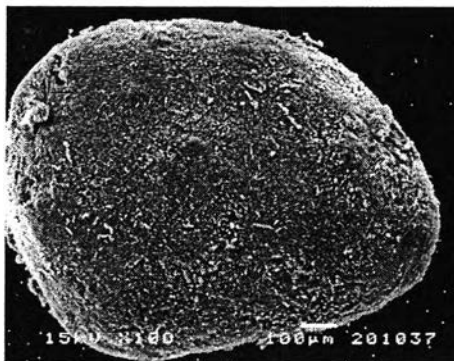


(กำลังขยาย 100 เท่า)

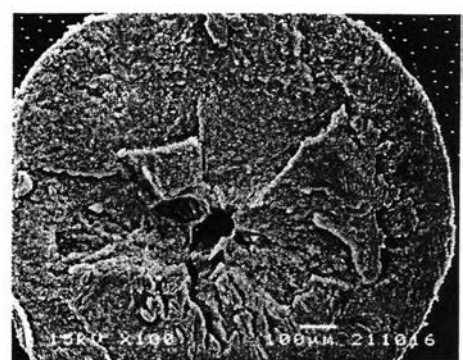
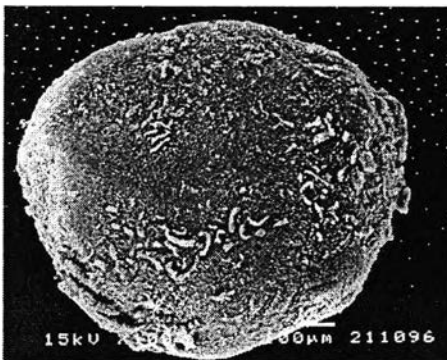
รูปที่ 4.42 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscopy, SEM) บริเวณผิวนอกและภายในของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ก่อนเริ่มต้นเดินระบบ



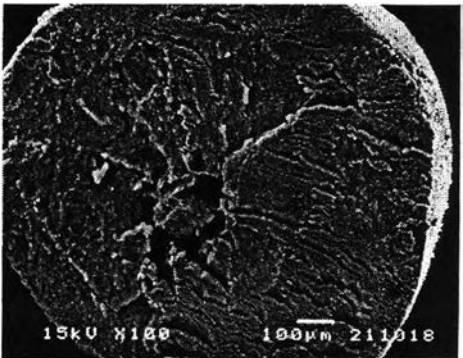
ก) ความเร็วไหลขึ้น 0.8 ม./ชม. (หลังจากเดินระบบ 2 เดือน) (กำลังขยาย 100 เท่า)



ข) ความเร็วไหลขึ้น 0.8 ม./ชม. (หลังจากเดินระบบ 3 เดือน) (กำลังขยาย 100 เท่า)



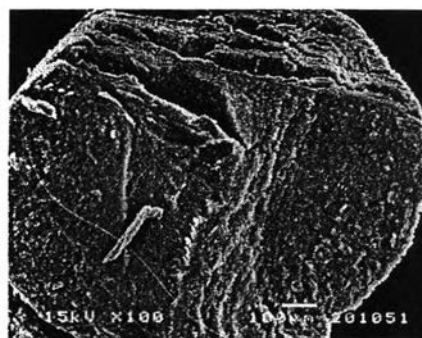
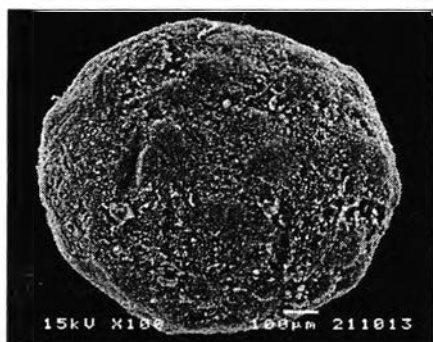
ค) ความเร็วไหลขึ้น 0.8 ม./ชม. (หลังจากเดินระบบ 4 เดือน) (กำลังขยาย 100 เท่า)



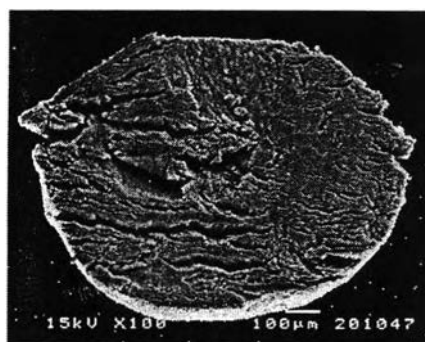
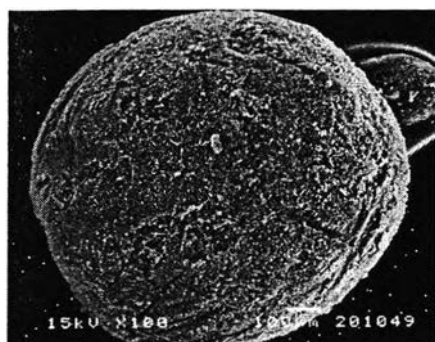
ง) ความเร็วไหลขึ้น 0.8 ม./ชม. (หลังจากเดินระบบ 5 เดือน) (กำลังขยาย 100 เท่า)

รูปที่ 4.43 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscopy, SEM)

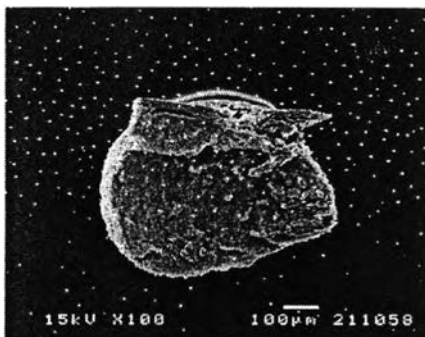
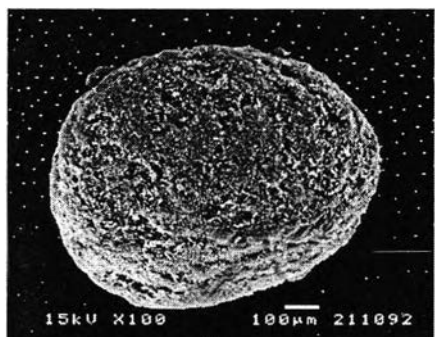
บริเวณผิวนอกและภายในของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในระบบบยูเอเอสบี



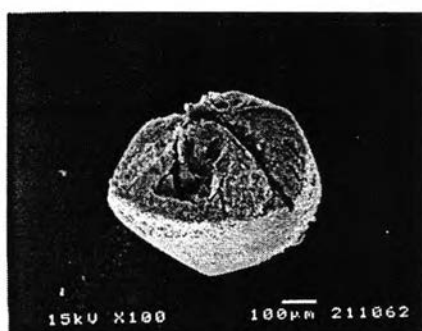
ก) ความเร็วไหลขึ้น 4 ม./ชม. (หลังจากเดินระบบ 2 เดือน) (กำลังขยาย 100 เท่า)



ข) ความเร็วไหลขึ้น 4 ม./ชม. (หลังจากเดินระบบ 3 เดือน) (กำลังขยาย 100 เท่า)



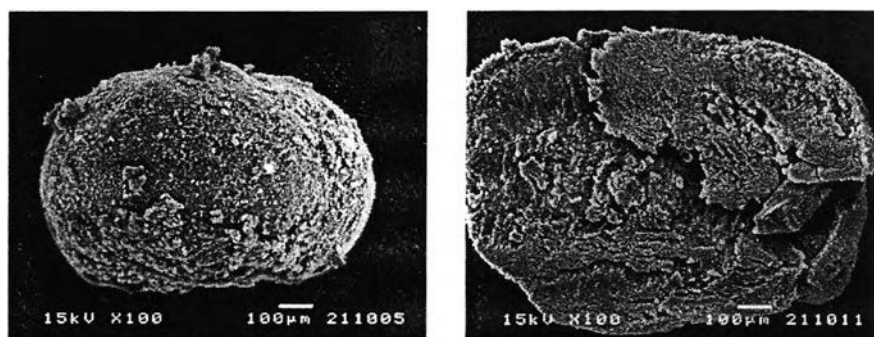
ค) ความเร็วไหลขึ้น 6 ม./ชม. (หลังจากเดินระบบ 4 เดือน) (กำลังขยาย 100 เท่า)



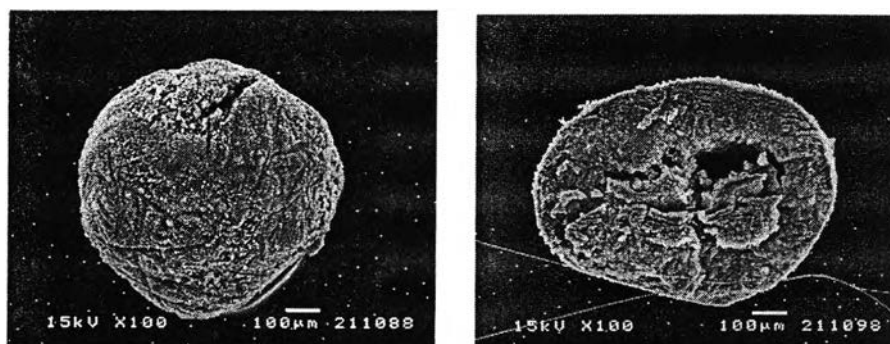
ง) ความเร็วไหลขึ้น 6 ม./ชม. (หลังจากเดินระบบ 5 เดือน) (กำลังขยาย 100 เท่า)

รูปที่ 4.44 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscopy, SEM)

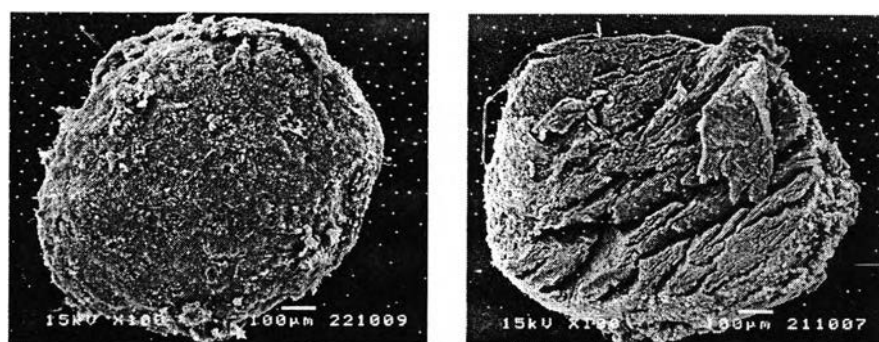
บริเวณผิวนอกและภายในของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในระบบบิโอซีเอสบี (ความเร็วไหลขึ้น
จาก 4 เป็น 6 ม./ชม.)



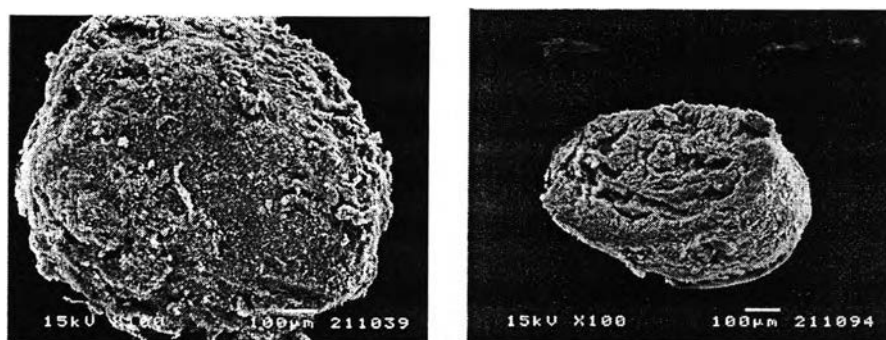
ก) ความเร็วไหลขึ้น 4 ม./ชม. (หลังจากเดินระบบ 2 เดือน) (กำลังขยาย 100 เท่า)



ข) ความเร็วไหลขึ้น 4 ม./ชม. (หลังจากเดินระบบ 3 เดือน) (กำลังขยาย 100 เท่า)



ค) ความเร็วไหลขึ้น 8 ม./ชม. (หลังจากเดินระบบ 4 เดือน) (กำลังขยาย 100 เท่า)



ง) ความเร็วไหลขึ้น 8 ม./ชม. (หลังจากเดินระบบ 5 เดือน) (กำลังขยาย 100 เท่า)

รูปที่ 4.45 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscopy, SEM)

บริเวณผิวนอกและภายในของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในระบบบอจีเอสบี (ความเร็วไหลขึ้น
จาก 4 เป็น 8 ม./ชม.)

จากรูปที่ 4.43 จะเห็นได้ว่า เมื่อทำการเดินระบบ ลักษณะทางกายภาพของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในระบบยูเอเอสบีจะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างจากตอนก่อนเริ่มต้นระบบ กล่าวคือ ที่ผิวนอกจะเริ่มมีรอยขรุขระ และเกิดการผุกร่อนเล็กน้อย และจะพบรอยแตกเกิดขึ้น ซึ่งอาจเป็นช่องระบายก๊าซชีวภาพที่เกิดจากปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ที่สร้างมีเทนที่อยู่ในชั้นใน ขณะที่บริเวณภายในของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์จะมีความหนาแน่นลดลงจากตอนก่อนเริ่มต้นเดินระบบ และที่บริเวณศูนย์กลางของชั้นในจะเกิดโพรงช่องว่างที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ ซึ่งเกิดจากการที่กลุ่มจุลินทรีย์ที่อยู่ในบริเวณภายใน ส่วนใหญ่จะเป็นกลุ่มที่ผลิตมีเทน เมื่อจุลินทรีย์กลุ่มนี้ทำการผลิตก๊าซชีวภาพออกมา แต่ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นไม่สามารถระบายออกสู่ภายนอกได้ จึงทำให้เกิดโพรงช่องว่างขึ้นเพื่อใช้เป็นทางระบายก๊าซชีวภาพ

และเมื่อเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในแต่ละเดือน จะเห็นได้ว่า ที่บริเวณผิวนอกและภายในจะไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งสาเหตุน่าจะมาจากการที่ควบคุมให้ระบบยูเอเอสบีมีความเร็วไหลขึ้นคงที่เท่ากับ 0.8 ม./ชม. ตลอดการทดลอง

จากรูปที่ 4.44 และ 4.45 จะเห็นได้ว่า เมื่อทำการเดินระบบ ลักษณะทางกายภาพของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในระบบอีจีเอสบี จะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างจากตอนก่อนเริ่มต้นระบบ กล่าวคือ ที่ผิวนอกจะเริ่มมีรอยขรุขระ และเกิดการผุกร่อน และจะพบรอยแตกซึ่งอาจเป็นช่องระบายก๊าซชีวภาพที่เกิดจากปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ที่สร้างมีเทนที่อยู่ในชั้นใน ซึ่งจะมีลักษณะเหมือนกับในระบบยูเอเอสบี ตามที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น แต่ที่ผิวนอกจะขรุขระและเกิดการผุกร่อนมากกว่าเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ที่อยู่ในระบบยูเอเอสบี เนื่องจากว่าในระบบอีจีเอสบีมีความเร็วไหลขึ้นมากกว่า ทำให้ภายในระบบมีสภาพทางจุลชีวศาสตร์ที่ปั่นป่วนมากกว่า มีผลทำให้เม็ดตะกอนจุลินทรีย์มีโอกาสที่จะเกิดการเสียดสีกันได้มากกว่า ขณะที่บริเวณภายในของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์จะมีความหนาแน่นลดลงจากตอนก่อนเริ่มต้นเดินระบบ แต่ที่บริเวณศูนย์กลางของชั้นในจะไม่เกิดโพรงช่องว่างเหมือนกับเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในระบบยูเอเอสบี โดยที่สาเหตุน่าจะมาจากการที่ระบบอีจีเอสบีมีปริมาณก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นน้อยกว่าในระบบยูเอเอสบี

และเมื่อเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในแต่ละเดือน จะเห็นได้ว่า เมื่อความเร็วไหลขึ้นในระบบอีจีเอสบีเปลี่ยนจาก 4 เป็น 6 ม./ชม. และ 4 เป็น 8 ม./ชม. มีผลทำให้ที่บริเวณผิวนอกและภายในจะเกิดการผุกร่อนมากขึ้น ซึ่งจะสามารถเห็นได้อย่างชัดเจนในการเปลี่ยนแปลงของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์จากความเร็วไหลขึ้น 4 เป็น 8 ม./ชม. แสดงให้เห็นว่าความเร็วไหลขึ้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์

และนอกจากการนำเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ไปส่งด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์แล้ว ยังได้ทำการหาขนาดของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ที่เปลี่ยนแปลง และเนื่องจากเม็ดตะกอนจุลินทรีย์มีขนาดและปริมาณที่แตกต่างกัน ดังนั้นการวัดขนาดของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์จึงได้วิเคราะห์อยู่ในรูปแบบของการกระจายขนาด โดยใช้เครื่อง Particle Size Analyzer ในการวิเคราะห์ และเนื่องจากข้อมูลของขนาดเม็ดตะกอนจุลินทรีย์เป็นการกระจายตามขนาดต่างๆ ดังนั้นในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงขนาดของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์จึงได้เลือกค่าที่เป็นค่าเฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลอง โดยเลือกค่า D_{10} D_{50} และ D_{90} ซึ่งเป็นขนาดของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ที่ปริมาณ 10 50 และ 90 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ใช้ทำการวิเคราะห์ โดยหากการเปลี่ยนแปลงค่า D ที่เปอร์เซ็นต์ใดๆลดลง แสดงว่ามีเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ที่มีขนาดเล็กกว่าในปริมาณที่สูงขึ้น กล่าวคือ เม็ดตะกอนจุลินทรีย์ขนาดใหญ่มีการแตกตัว ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของค่า D_{10} D_{50} และ D_{90} ของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในระบบยูเอเอสบีและระบบอีจีเอสบี แสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.16 การเปลี่ยนแปลงค่า D_{10} D_{50} และ D_{90} ของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในระบบยูเอเอสบี

การวิเคราะห์	ขนาดของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ (ไมครอน)		
	D_{10}	D_{50}	D_{90}
ก่อนเริ่มต้นเดินระบบ	595.99	975.52	1465.55
ความเร็วไหลขึ้น 0.8 ม./ชม. (หลังจากเดินระบบ 2 เดือน)	670.14	990.92	1313.86
ความเร็วไหลขึ้น 0.8 ม./ชม. (หลังจากเดินระบบ 3 เดือน)	644.61	973.67	1293.36
ความเร็วไหลขึ้น 0.8 ม./ชม. (หลังจากเดินระบบ 4 เดือน)	673.31	977.05	1282.59
ความเร็วไหลขึ้น 0.8 ม./ชม. (หลังจากเดินระบบ 5 เดือน)	648.97	964.91	1272.64

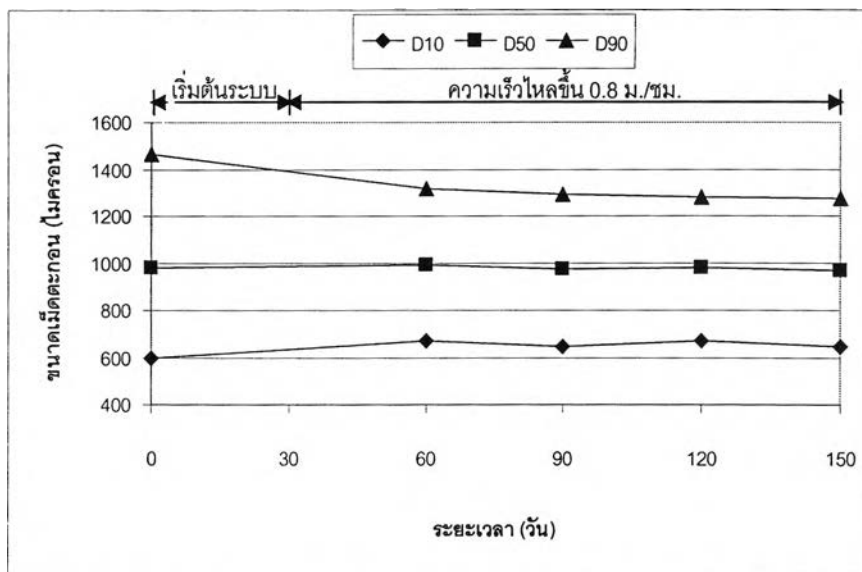
ตารางที่ 4.17 การเปลี่ยนแปลงค่า D_{10} D_{50} และ D_{90} ของเม็ดตะกอนจูลินทรีย์ในระบบอีจีเอสบี ที่เปลี่ยนความเร็วไหลขึ้นจาก 4 เป็น 6 ม./ชม.

การวิเคราะห์	ขนาดของเม็ดตะกอนจูลินทรีย์ (ไมครอน)		
	D_{10}	D_{50}	D_{90}
ก่อนเริ่มต้นเดินระบบ	595.99	975.52	1465.55
ความเร็วไหลขึ้น 4 ม./ชม. (หลังจากเดินระบบ 2 เดือน)	632.96	944.97	1258.02
ความเร็วไหลขึ้น 4 ม./ชม. (หลังจากเดินระบบ 3 เดือน)	658.51	989.70	1240.51
ความเร็วไหลขึ้น 6 ม./ชม. (หลังจากเดินระบบ 4 เดือน)	629.53	932.96	1172.17
ความเร็วไหลขึ้น 6 ม./ชม. (หลังจากเดินระบบ 5 เดือน)	660.95	929.92	1171.91

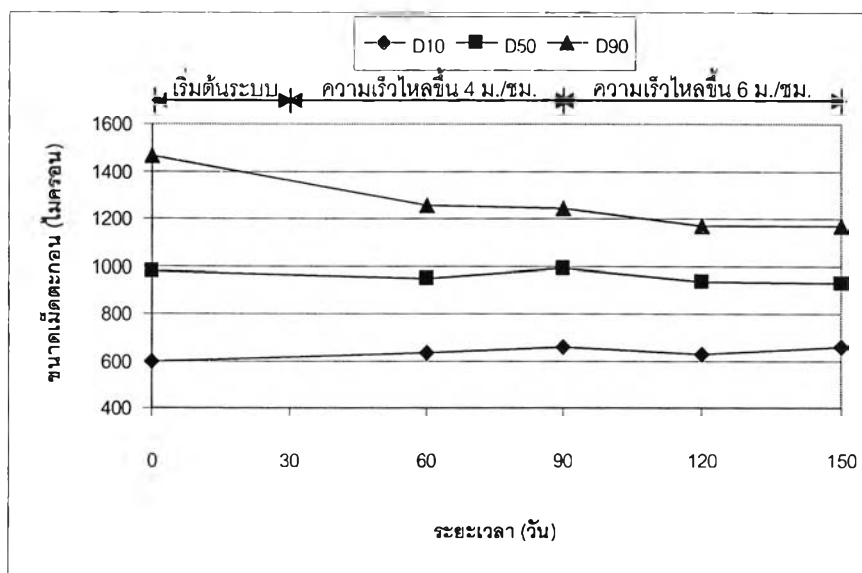
ตารางที่ 4.18 การเปลี่ยนแปลงค่า D_{10} D_{50} และ D_{90} ของเม็ดตะกอนจูลินทรีย์ในระบบอีจีเอสบี ที่เปลี่ยนความเร็วไหลขึ้นจาก 4 เป็น 8 ม./ชม.

การวิเคราะห์	ขนาดของเม็ดตะกอนจูลินทรีย์ (ไมครอน)		
	D_{10}	D_{50}	D_{90}
ก่อนเริ่มต้นเดินระบบ	595.99	975.52	1465.55
ความเร็วไหลขึ้น 4 ม./ชม. (หลังจากเดินระบบ 2 เดือน)	626.34	947.76	1226.27
ความเร็วไหลขึ้น 4 ม./ชม. (หลังจากเดินระบบ 3 เดือน)	572.15	956.58	1219.92
ความเร็วไหลขึ้น 8 ม./ชม. (หลังจากเดินระบบ 4 เดือน)	673.82	919.27	1161.06
ความเร็วไหลขึ้น 8 ม./ชม. (หลังจากเดินระบบ 5 เดือน)	622.70	920.43	1155.27

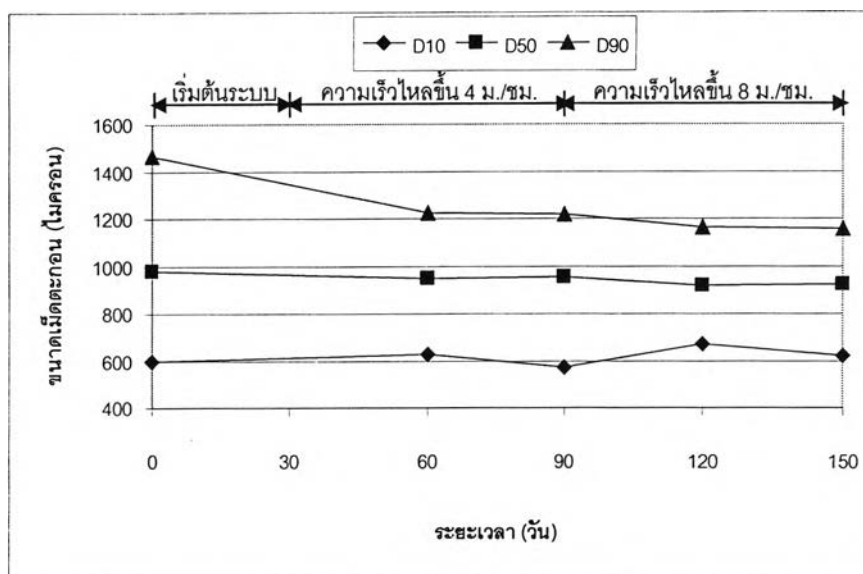
โดยในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงขนาดของเม็ดตะกอนจูลินทรีย์ จะพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงค่า D_{10} D_{50} และ D_{90} ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่า D_{10} D_{50} และ D_{90} ของเม็ดตะกอนจูลินทรีย์ในระบบยูเอเอสบีและอีจีเอสบี แสดงดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.46 การเปลี่ยนแปลงขนาดของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในระบบยูเอเอสบี



รูปที่ 4.47 การเปลี่ยนแปลงขนาดของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในระบบซีจีแอลบี ที่เปลี่ยนความเร็วไหลขึ้นจาก 4 เป็น 6 ม./ชม.

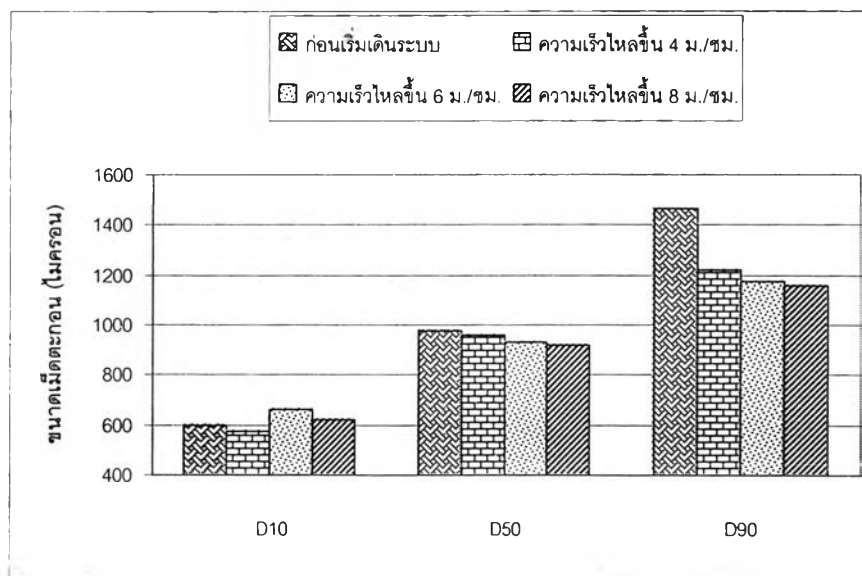


รูปที่ 4.48 การเปลี่ยนแปลงขนาดของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในระบบอ็อกซิเจนที่เปลี่ยนความเร็วไหลขึ้นจาก 4 เป็น 8 ม./ชม.

จากรูปที่ 4.46 4.47 และ 4.48 จะเห็นได้ว่า ในช่วงเริ่มต้นการเดินระบบ ขนาดของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในระบบยูเอเอสบีและอ็อกซิเจน จะค่อนข้างเล็กลงเมื่อเทียบกับตอนก่อนเริ่มต้นเดินระบบ โดยสังเกตจากการลดลงของค่า D_{90} และ D_{50} ซึ่งสาเหตุน่าจะมาจากการที่จุลินทรีย์ในระบบยังอยู่ในช่วงของการปรับตัวให้เข้ากับสภาพของระบบ จุลินทรีย์บางส่วนที่ไม่สามารถปรับตัวได้อาจตายและเกิดการย่อยสลายไป และหลังจากนั้นเมื่อทำการเดินระบบต่อไปขนาดของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในระบบยูเอเอสบีจะค่อนข้างคงที่และมีการเปลี่ยนแปลงขนาดที่น้อยมาก โดยสังเกตจากการที่ค่า D_{10} D_{50} และ D_{90} มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อย ซึ่งสาเหตุน่าจะมาจากการที่ความเร็วไหลขึ้นในระบบยูเอเอสบีมีค่าต่ำ และควบคุมให้คงที่เท่ากับ 0.8 ม./ชม. ตลอดการทดลอง

ขณะที่ขนาดของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในระบบอ็อกซิเจนจะมีการเปลี่ยนแปลง กล่าวคือ เมื่อความเร็วไหลขึ้นในระบบอ็อกซิเจนเปลี่ยนจาก 4 ไปเป็น 6 ม./ชม. และ 4 ไปเป็น 8 ม./ชม. จะเห็นว่าตะกอนจุลินทรีย์จะมีขนาดเล็กลง โดยสังเกตจากการลดลงของค่า D_{90} และ D_{50} ซึ่งสาเหตุน่าจะมาจากการที่ความเร็วไหลขึ้นในระบบมีค่าสูงขึ้น ทำให้เม็ดตะกอนจุลินทรีย์เกิดการกระทบกันได้มากขึ้น ส่งผลให้เม็ดตะกอนที่มีขนาดใหญ่บางส่วนเกิดการฝูกร่อน และแตกออกเป็นเม็ดตะกอนขนาดเล็กได้มากขึ้นด้วย ซึ่งจะเห็นได้อย่างชัดเจนในการเปลี่ยนแปลงของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์จากความเร็วไหลขึ้น 4 เป็น 8 ม./ชม. โดยการเปลี่ยนแปลงขนาดของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในระบบ

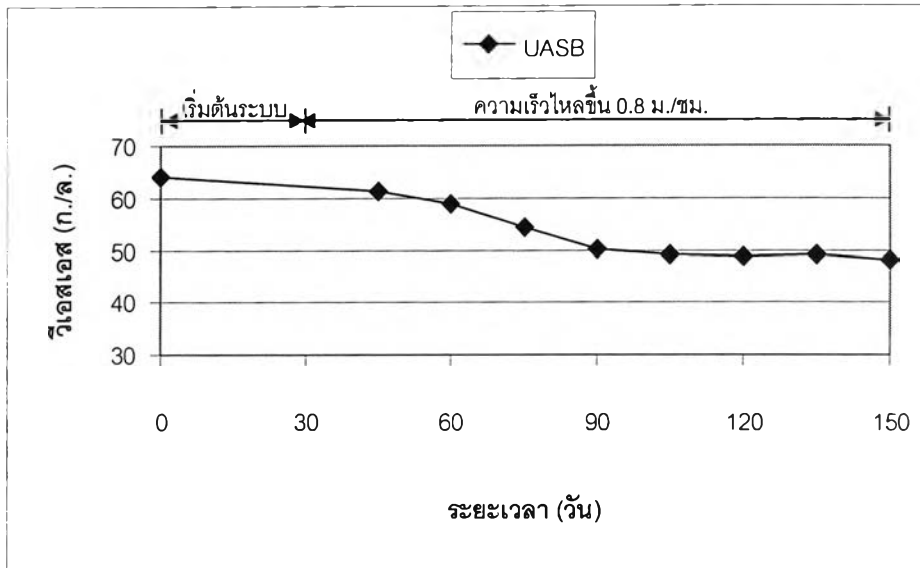
อีจีเอสบีที่ความเร็วไหลขึ้นค่าต่างๆ แสดงดังรูปที่ 4.49 ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่า D_{90} และ D_{50} จะลดลงเมื่อความเร็วไหลขึ้นมีค่าสูงขึ้น แสดงให้เห็นว่าความเร็วไหลขึ้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของเม็ดตะกอนจูลินทรีย์



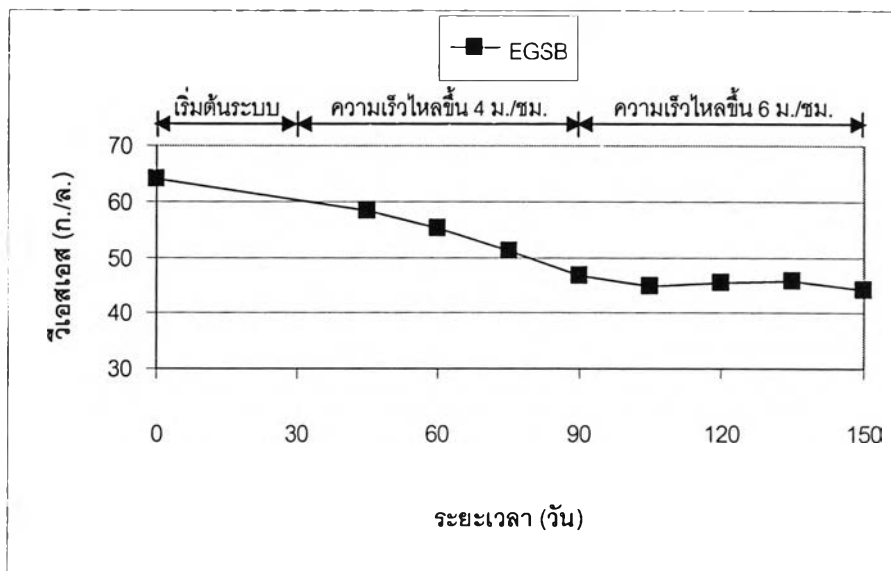
รูปที่ 4.49 การเปลี่ยนแปลงขนาดของเม็ดตะกอนจูลินทรีย์ในระบบอีจีเอสบีที่ความเร็วไหลขึ้นค่าต่างๆ

และเมื่อทำการเปรียบเทียบขนาดของเม็ดตะกอนจูลินทรีย์ในระบบยูเอเอสบี กับในระบบอีจีเอสบี จะเห็นได้ว่า เม็ดตะกอนจูลินทรีย์ในระบบอีจีเอสบี จะมีขนาดเล็กกว่าในระบบยูเอเอสบี ซึ่งจะสอดคล้องกับผลที่ได้จากการนำเม็ดตะกอนจูลินทรีย์ ไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscopy, SEM) ซึ่งสาเหตุน่าจะมาจากการที่ความเร็วไหลขึ้นในระบบอีจีเอสบีสูงกว่าในระบบยูเอเอสบี มีผลทำให้เม็ดตะกอนจูลินทรีย์ในระบบอีจีเอสบีเกิดการเสียดสีและผุกร่อนได้มากกว่าในระบบยูเอเอสบี

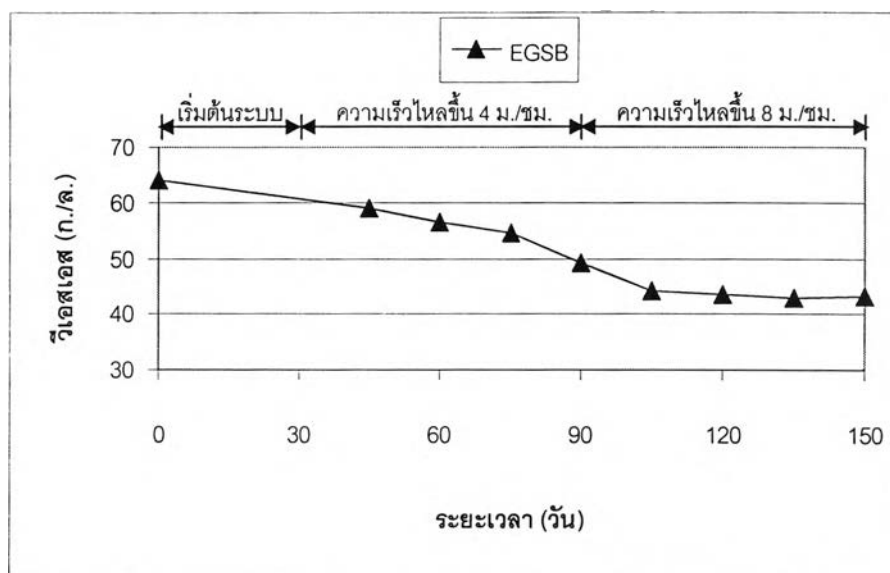
นอกจากนี้ยังได้ทำการหาความเข้มข้นของจูลินทรีย์ที่อยู่ในระบบยูเอเอสบีและอีจีเอสบี ซึ่ง จะทำการเก็บตัวอย่างเม็ดตะกอนจูลินทรีย์มาทำการทดลองหาค่าของแข็งแขวนลอยระเหย ซึ่งผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.50 4.51 และ 4.52



รูปที่ 4.50 ความเข้มข้นของจุลินทรีย์ในระบบยูเอสบี



รูปที่ 4.51 ความเข้มข้นของจุลินทรีย์ในระบบอีจีเอสบี
ที่เปลี่ยนความเร็วไหลขึ้นจาก 4 เป็น 6 ม./ชม.



รูปที่ 4.52 ความเข้มข้นของจุลินทรีย์ในระบบอีจีเอสบี
ที่เปลี่ยนความเร็วไหลขึ้นจาก 4 เป็น 8 ม./ชม.

จากรูปที่ 4.50 4.51 และ 4.52 จะเห็นได้ว่า ความเข้มข้นของจุลินทรีย์ก่อนก่อนเริ่มต้นเดินระบบเท่ากับ 64 ก./ล. แต่หลังจากที่เริ่มต้นเดินระบบไปแล้ว พบว่า ความเข้มข้นของจุลินทรีย์ในระบบยูเอเอสบีและอีจีเอสบีจะค่อยๆลดลงมาเรื่อยๆ ซึ่งสาเหตุน่าจะมาจากการที่จุลินทรีย์ที่อยู่ในระบบยังอยู่ในช่วงของการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมภายในระบบ โดยที่จุลินทรีย์บางส่วนที่ไม่สามารถปรับตัวได้อาจจะตายและเกิดการย่อยสลายไป จึงมีผลทำให้ความเข้มข้นของจุลินทรีย์ที่อยู่ภายในระบบมีค่าลดลง และหลังจากนั้นเมื่อจุลินทรีย์สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมภายในระบบได้แล้ว พบว่า ความเข้มข้นของจุลินทรีย์ในระบบจะค่อนข้างคงที่

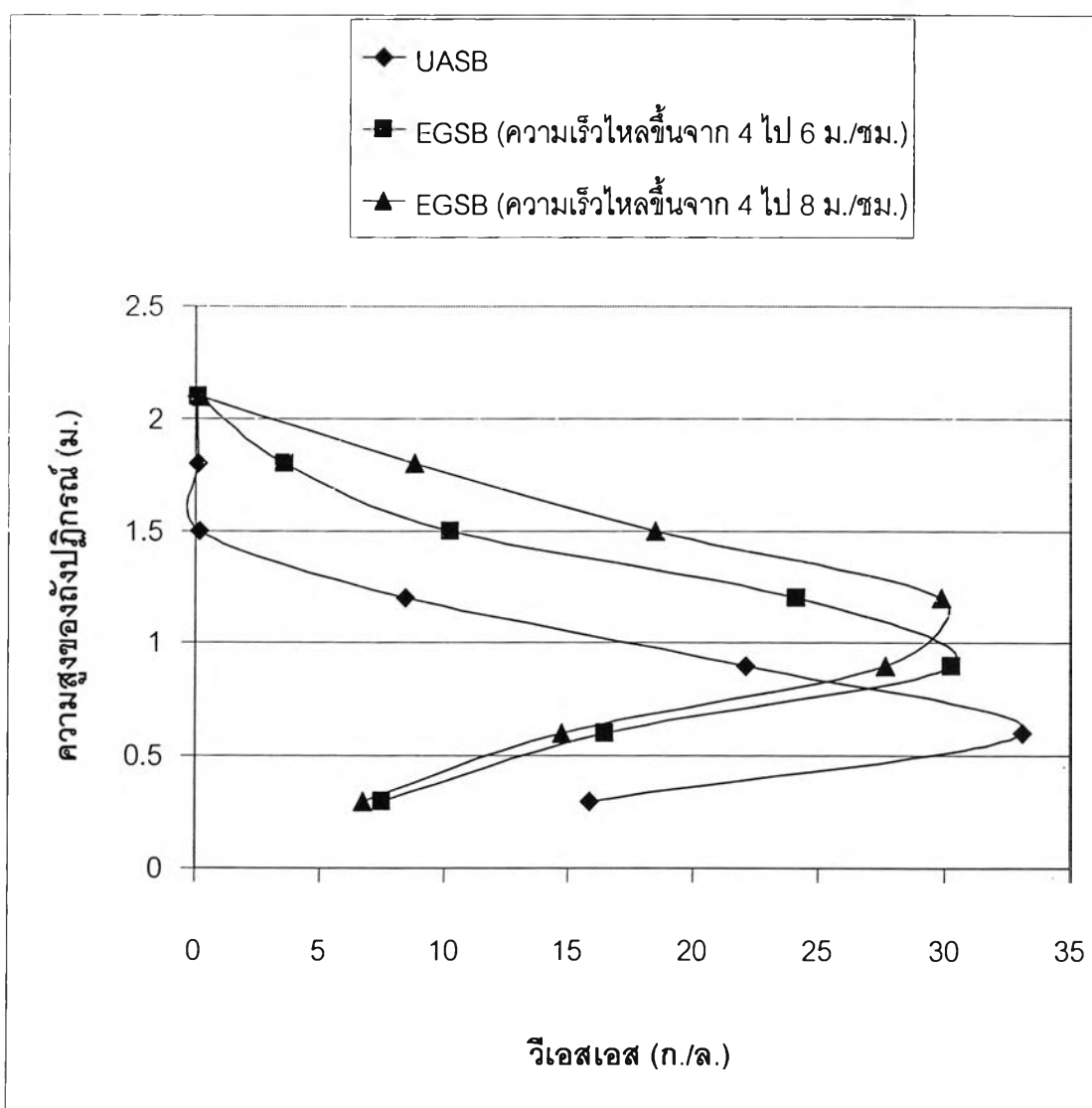
เมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงขนาดของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ กับความเข้มข้นของจุลินทรีย์ในระบบยูเอเอสบีและระบบอีจีเอสบี จะเห็นได้ว่า ผลการทดลองที่ได้จะมีความสอดคล้องกัน กล่าวคือ ในช่วงแรกที่จุลินทรีย์ยังอยู่ในช่วงของการปรับตัวให้เข้ากับสภาพของระบบ ซึ่งความเข้มข้นของจุลินทรีย์ในระบบลดลงมาเรื่อยๆ เนื่องจากจุลินทรีย์บางส่วนที่ไม่สามารถปรับตัวได้อาจตายและเกิดการย่อยสลายไป ทำให้เม็ดตะกอนจุลินทรีย์บางส่วนที่มีขนาดใหญ่ อาจจะมีขนาดเล็กกลงได้ ซึ่งจะสอดคล้องกับผลการหาขนาดของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ด้วยเครื่อง Particle Size Analyzer ซึ่งจะเห็นได้ว่า ขนาดของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในระบบจะเล็กกลงมาเรื่อยๆ เช่นเดียวกัน และความเข้มข้นของจุลินทรีย์กับขนาดของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์จะค่อนข้างที่เมื่อจุลินทรีย์สามารถปรับตัวได้แล้ว

ดังนั้น ในการศึกษามูลของความเร็วไหลขึ้นต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ โดยวิเคราะห์ผลจากการนำตัวอย่างเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในระบบยูเอเอสบีและอีจีเอสบี ไปทำการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscopy, SEM) เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ และทำการหาการเปลี่ยนแปลงขนาดของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ด้วยเครื่อง Particle Size Analyzer และการหาความเข้มข้นของจุลินทรีย์ที่อยู่ในระบบ ซึ่งได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น ทำให้สามารถสรุปได้ว่า ความเร็วไหลขึ้นในระบบยูเอเอสบีและอีจีเอสบี มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ กล่าวคือ เมื่อเพิ่มความเร็วไหลขึ้นในระบบให้มีค่าสูงขึ้น จะทำให้สภาพทางชลศาสตร์ภายในระบบมีความปั่นป่วนมากขึ้น ทำให้เป็นการเพิ่มโอกาสให้เม็ดตะกอนจุลินทรีย์ที่อยู่ภายในระบบเกิดการกระทบกันได้มากขึ้น ส่งผลให้เม็ดตะกอนจุลินทรีย์ที่มีขนาดใหญ่บางส่วนเกิดการผุกร่อน และแตกออกเป็นเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ที่มีขนาดเล็ก

4.10 การกระจายตัวของจุลินทรีย์ตามความสูงของถังปฏิกรณ์

งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาการกระจายตัวของจุลินทรีย์ตามความสูงของถังปฏิกรณ์ โดยจะดูว่าความเข้มข้นของจุลินทรีย์มีค่ามากที่สุดที่ความสูงใดของถังปฏิกรณ์ ซึ่งอาจเป็นบริเวณที่มีการย่อยสลายอินทรีย์เกิดขึ้นมากที่สุด โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลองในช่วงที่ 2 ได้ทำการหาค่าความเข้มข้นของจุลินทรีย์ตามความลึกของถังปฏิกรณ์ในระบบยูเอเอสบีและอีจีเอสบี ซึ่งแสดงดังรูปที่

4.53



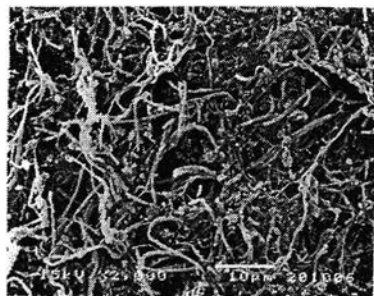
รูปที่ 4.53 ความเข้มข้นของจุลินทรีย์ตามความลึกของถังปฏิกรณ์ในระบบยูเอเอสบีและอีจีเอสบี

จากรูปที่ 4.53 พบว่า ความเข้มข้นของจุลินทรีย์ในระบบยูเอเอสบีจะมีค่ามากที่สุด ที่ความสูงประมาณ 0.60 ม. จากกันถึงปฏิกรณ์ ขณะที่ความเข้มข้นของจุลินทรีย์ในระบบอีจีเอสบีที่ความเร็วไหลขึ้น 6 และ 8 ม./ชม. จะมีค่ามากที่สุด ที่ความสูงประมาณ 0.90 และ 1.20 ม. จากกันถึงปฏิกรณ์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับความสูงของชั้นตะกอนจุลินทรีย์ที่ขยายตัว พบว่า ความเข้มข้นของจุลินทรีย์ในระบบยูเอเอสบีและอีจีเอสบี จะมีค่ามากที่สุดอยู่ในช่วงประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของความสูงของชั้นตะกอนจุลินทรีย์ที่ขยายตัว และการที่ระดับความสูงต่ำกว่าช่วงนี้จะมีค่าความเข้มข้นของจุลินทรีย์ต่ำกว่า เนื่องจากก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในระบบดันตัวสูงขึ้นสู่ด้านบน ประกอบกับความเร็วไหลขึ้นในระบบ ทำให้ตะกอนจุลินทรีย์จับตัวกันไม่แน่น ในขณะที่เมื่อระดับความสูงมากกว่าช่วงนี้ ค่าความเข้มข้นของจุลินทรีย์จะค่อยๆ ลดลงไปเรื่อยๆ จนกระทั่งใกล้เคียงกับคุณภาพน้ำที่ออกจากระบบ

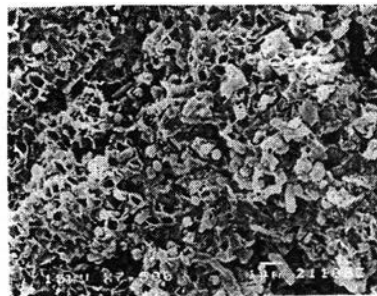
4.11 โครงสร้างของแบคทีเรียในเม็ดตะกอนจุลินทรีย์

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของกลุ่มแบคทีเรีย ในเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ โดยการนำตัวอย่างเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ในระบบยูเอเอสบีและอีจีเอสบีทั้งตอนก่อนเริ่มต้นเดินระบบ และหลังจากที่สิ้นสุดการทดลองภายหลังจากเดินระบบเป็นระยะเวลา 5 เดือน ไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscopy, SEM) โดยทำการเลือกตัวอย่างเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ ที่เป็นตัวแทนของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์หลายๆ เม็ดที่ส่องจากกล้องจุลทรรศน์ ซึ่งมีลักษณะแสดงดังรูปที่ 4.54

ซึ่งจากรูปที่ 4.54 จะเห็นได้ว่า เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างของกลุ่มแบคทีเรียที่บริเวณผิวนอกและภายในของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ระหว่างก่อนเริ่มต้นเดินระบบ กับหลังจากที่เดินไปประมาณ 5 เดือน พบว่า ไม่แตกต่างกันมากนัก จึงอาจกล่าวได้ว่า แม้ว่าความเร็วไหลขึ้นในระบบจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ แต่จะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของกลุ่มแบคทีเรีย กล่าวคือ ที่บริเวณผิวนอกจะเป็นกลุ่มของแบคทีเรียที่สร้างกรด ซึ่งเป็นการรวมตัวกันโดยอาศัยการเกาะยึดด้วยแบคทีเรียที่เป็นเส้นใยที่กระจายอยู่ทั่วไป ทำให้โครงสร้างของแบคทีเรียมีความทนทานต่อความเร็วไหลขึ้นในระบบ ซึ่งมีผลทำให้เกิดแรงเฉือนและความปั่นป่วนในระบบ ขณะที่บริเวณภายในจะเป็นกลุ่มของแบคทีเรียที่สร้างมีเทนชนิด Methanotrix และ Methanosarcina ซึ่งมีรูปร่างเป็นแท่งและทรงกลม ตามลำดับ ซึ่งจัดเป็นกลุ่มของแบคทีเรียผลิตมีเทนที่สามารถเจริญเติบโตในบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารอาหารต่ำ



(กำลังขยาย 2000 เท่า)

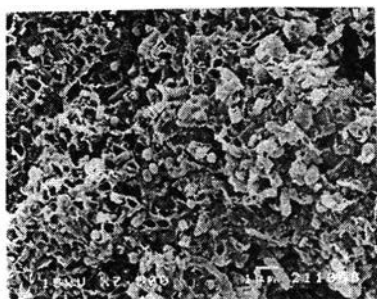


(กำลังขยาย 7500 เท่า)

ก่อนเริ่มต้นเดินระบบ

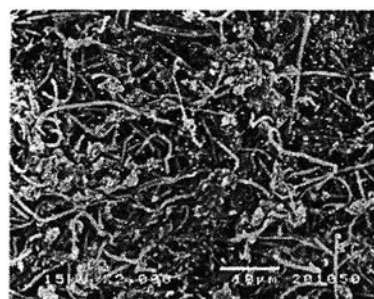


(กำลังขยาย 3500 เท่า)

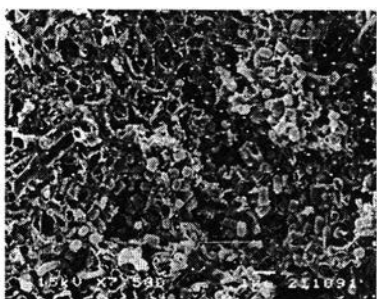


(กำลังขยาย 7500 เท่า)

ระบบยูเอเอสบี (หลังจากเดินระบบ 5 เดือน)

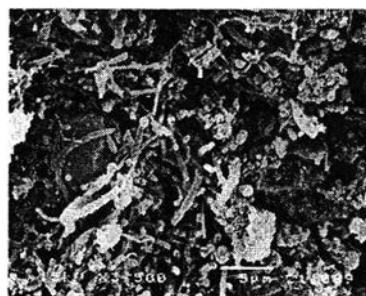


(กำลังขยาย 2000 เท่า)

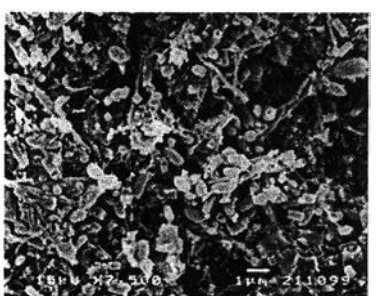


(กำลังขยาย 7500 เท่า)

ระบบอีจีเอสบีที่ความเร็วไหลขึ้นเปลี่ยนจาก 4 เป็น 6 ม./ชม. (หลังจากเดินระบบ 5 เดือน)



(กำลังขยาย 3500 เท่า)



(กำลังขยาย 7500 เท่า)

ระบบอีจีเอสบีที่ความเร็วไหลขึ้นเปลี่ยนจาก 4 เป็น 8 ม./ชม. (หลังจากเดินระบบ 5 เดือน)

รูปที่ 4.54 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscopy, SEM)

ของโครงสร้างแบคทีเรียบริเวณผิวนอกและภายในของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์

4.12 ความเป็นไปได้ในการใช้กระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีปริมาณของแข็งแขวนลอยค่อนข้างสูง

จากผลการทดลอง พบว่า การบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีปริมาณของแข็งแขวนลอยค่อนข้างสูงด้วยกระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี จะมีประสิทธิภาพค่อนข้างสูง โดยกระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบีจะมีประสิทธิภาพสูงสุด เมื่อความเร็วไหลขึ้นในระบบยูเอเอสบีเท่ากับ 0.8 ม./ชม. และความเร็วไหลขึ้นในระบบอีจีเอสบีเท่ากับ 8 ม./ชม. ใช้เวลากักน้ำเสียทั้งหมด 5 ชม. (3 ชม. ในระบบยูเอเอสบี และ 2 ชม. ในระบบอีจีเอสบี) ซึ่งจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอดี บีไอดี และของแขวนลอย เท่ากับ 92.2 92.5 และ 89.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียจากศูนย์การค้าด้วยกระบวนการอีจีเอสบีอย่างเดียว ที่ได้จากงานวิจัยนี้ และด้วยกระบวนการยูเอเอสบีอย่างเดียว ที่ได้จากงานวิจัยของ ทศพร ทัพนวัชร และบวร ยาคุ้มภัย (2539) ซึ่งใช้น้ำเสียจากศูนย์การค้ากาดสวนแก้ว จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งลักษณะของน้ำเสียจะมีองค์ประกอบที่คล้ายกับน้ำเสียที่ใช้ในงานวิจัยนี้ โดยน้ำเสียมีค่าซีไอดีเฉลี่ย เท่ากับ 470 มก./ล. จะแสดงดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี กับกระบวนการอีจีเอสบี และกระบวนการยูเอเอสบี ในการบำบัดน้ำเสียจากศูนย์การค้า

กระบวนการบำบัด	เวลา กัก (ชม)	น้ำเสียที่เข้าระบบ (มก./ล.)			น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (มก./ล.)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)		
		COD	BOD	SS	COD	BOD	SS	COD	BOD	SS
กระบวนการยูเอเอสบี-อีจีเอสบี (ในงานวิจัยนี้)	5	582	334	233	45	25	24	92.2	92.5	89.7
กระบวนการยูเอเอสบี (ทศพร ทัพนวัชร และบวร ยาคุ้มภัย, 2539)	6	298	-	134	89	-	16	70.1	-	88.1
กระบวนการอีจีเอสบี (ในงานวิจัยนี้)	2	560	329	227	119	68	77	78.5	79.4	65.9

จากตารางที่ 4.19 จะเห็นได้ว่า ระบบยูเอเอสบีหรือระบบอีจีเอสบีเพียงอย่างเดียวอย่างหนึ่ง ไม่สามารถบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีปริมาณของแข็งแขวนลอยค่อนข้างสูง ให้มีประสิทธิภาพสูงได้ กล่าวคือ กระบวนการยูเอเอสบีอย่างเดียวไม่สามารถบำบัดน้ำเสียให้มีค่าบีไอดีที่ต่ำใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งได้ ขณะเดียวกันการใช้กระบวนการอีจีเอสบีอย่างเดียว จะทำให้เกิดการหลุดออก

ของของแข็งแขวนลอยในปริมาณมาก ดังนั้น การใช้กระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี มาทำการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีปริมาณของแข็งแขวนลอยค่อนข้างสูงจึงมีความเหมาะสมมากกว่า

เมื่อพิจารณาที่ประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอดี บีไอดี และของแข็งแขวนลอย ของกระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี ดังแสดงในตารางที่ 4.20 ซึ่งจะเห็นได้ว่า การบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีปริมาณของแข็งแขวนลอยค่อนข้างสูงด้วยกระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี มีประสิทธิภาพการกำจัดค่อนข้างสูง โดยที่ประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอดี บีไอดี และของแข็งแขวนลอยต่างก็สูงถึง 90 เปอร์เซ็นต์ และน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่าซีไอดี บีไอดี และของแข็งแขวนลอยค่อนข้างต่ำ และใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก. โดยเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก. พบว่าค่าบีไอดีจะสูงกว่าค่ามาตรฐานเพียงเล็กน้อย ขณะที่ค่าของแข็งแขวนลอยจะผ่านค่ามาตรฐาน

ตารางที่ 4.20 ประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอดี บีไอดี และของแข็งแขวนลอยกระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี

พารามิเตอร์	น้ำเสียเข้าระบบ (มก./ล.)	น้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (มก./ล.)	ค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง จาก อาคารประเภท ก. (มก./ล.)
ซีไอดี	582	45	-
บีไอดี	334	25	20
ของแข็งแขวนลอย	233	24	30

จึงอาจกล่าวได้ว่า กระบวนการยูเอเอสบี – อีจีเอสบี มีความเป็นไปได้ที่จะนำไปใช้เป็นระบบบำบัดขั้นต้นในการบำบัดน้ำเสียชุมชน ถึงแม้ว่าน้ำทิ้งที่ออกจากระบบจะมีค่าบีไอดีสูงกว่าค่ามาตรฐานแต่ก็เป็นปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งถ้านำน้ำทิ้งที่ออกจากระบบไปปรับปรุงคุณภาพอีกเล็กน้อย เช่น นำไปผ่านถังกรองชีวภาพ ก็จะทำให้คุณภาพน้ำทิ้งผ่านค่ามาตรฐาน