บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 หาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำเสียกับอัตราการไหลของอากาศ

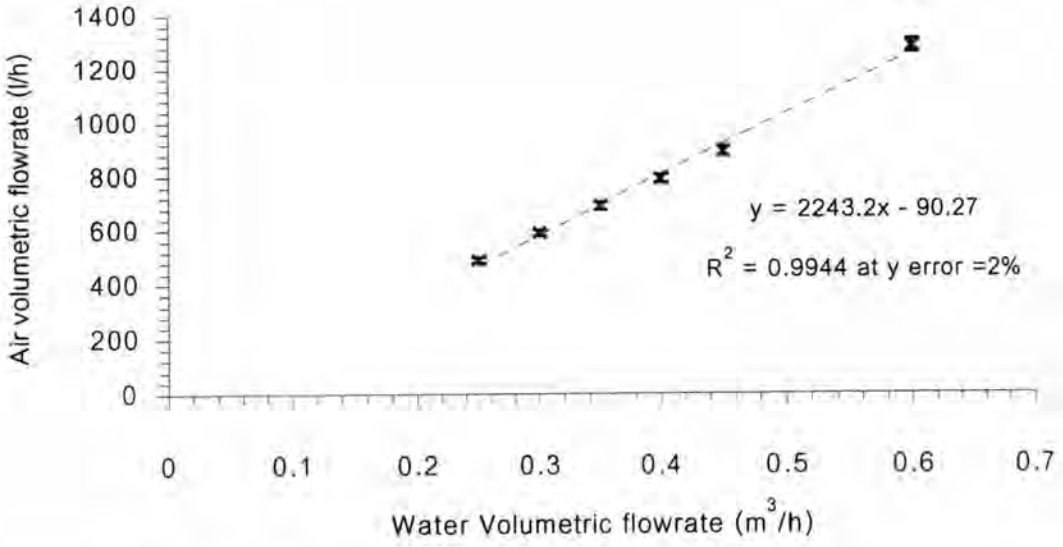
ผลการทดลองโดยทำการเปลี่ยนค่าปริมาณอัตราการไหลของอากาศ โดยให้อัตราการไหลของน้ำเสียคงที่

ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของอากาศกับอัตราการไหลของน้ำเสียที่ให้ค่าบีโอดีที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย

อัตราการไหลของน้ำเสีย (ลบ.ม.ต่อ ชั่วโมง)	อัตราการไหลของอากาศ (ลิตรต่อชั่วโมง)	ค่าเฉลี่ยบีโอดีของน้ำเข้า (มก.ต่อลิตร)	ค่าเฉลี่ยบีโอดีของน้ำออก (มก.ต่อลิตร)	ประสิทธิภาพในการบำบัด (เปอร์เซ็นต์)
0.25	390	429.8	102.0	79.99
	440	435.6	82.3	85.01
	490	432.9	58.4	90.70
	540	436.7	61.7	89.99
	590	435.8	61.6	90.00
0.30	490	436.5	145.0	69.99
	540	429.8	126.5	74.01
	590	428.4	76.8	86.09
	640	429.7	77.4	85.99
	690	430.4	77.5	85.99
0.35	590	431.2	163.9	65.00
	640	436.9	145.1	69.99
	690	435.7	94.2	82.15
	740	431.8	94.1	82.01

อัตราการไหลของน้ำเสีย (ลบ.ม.ต่อ ชั่วโมง)	อัตราการไหลของอากาศ (ลิตรต่อชั่วโมง)	ค่าเฉลี่ยบีโอดีของน้ำเข้า (มก.ต่อลิตร)	ค่าเฉลี่ยบีโอดีของน้ำออก (มก.ต่อลิตร)	ประสิทธิภาพในการบำบัด (เปอร์เซ็นต์)
0.35	790	435.6	94.8	82.00
0.40	690	436.7	207.5	55.00
	740	432.8	185.1	60.00
	790	433.2	114.3	77.18
	840	436.5	115.8	77.00
	890	434.8	127.8	74.01
0.45	790	433.2	226.6	50.00
	840	434.6	194.1	58.01
	890	429.8	136.8	71.50
	940	428.4	138.4	71.01
	990	429.7	142.9	70.00
0.6	1180	435.6	248.6	45.00
	1230	432.9	234.7	48.00
	1280	436.7	189.3	59.37
	1330	435.8	190.5	58.99
	1360	436.5	211.6	54.00

จากตารางที่ 4.1 ผลการทดลองปรับให้อัตราการไหลของน้ำเสียคงที่ค่าหนึ่งแล้วทำการเปลี่ยนอัตราการไหลของอากาศ หาปริมาณอากาศที่เหมาะสมโดยดูจากค่าเปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดี จากนั้นเลือกอัตราการไหลของอากาศที่มีค่าสูงสุดเปอร์เซ็นต์การบำบัดน้ำเสียสูงสุด นำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลของน้ำเสียกับอัตราการไหลของอากาศ ที่ตำแหน่งประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสูงสุด



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำเสียและอัตราการไหลของอากาศที่ให้ค่าการบำบัดบีโอดีสูงสุด

จากตารางนำมาเขียนกราฟได้โดยเลือกเอาตำแหน่งที่มีการบำบัดบีโอดีสูงสุด เมื่อกำหนดให้อัตราการไหลของน้ำเสียคงที่ค่าหนึ่งทำการเปลี่ยนอัตราการไหลของอากาศ และกราฟนี้สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำเสียและอัตราการไหลของอากาศได้ความสัมพันธ์ดังนี้ $Y = 2243.2X-90.27$ ที่ค่า $R^2 = 0.99$ จากข้อมูล 30 ค่า โดยที่ค่า Y คือ อัตราการไหลของอากาศ และค่า X คือ อัตราการไหลของน้ำเสีย โดยสมการนี้จะนำไปใช้ในการคำนวณหาปริมาณของอากาศที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียต่อไป

4.2 การหาค่าความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดซ์เบด

ความเร็วต่ำสุดในการทำให้เกิดฟลูอิไดซ์เบดคือความเร็วของของไหลที่ผ่านเข้าไปในเครื่องปฏิกรณ์ที่มีอนุภาคตัวกลาง บรรจุอยู่แล้วทำให้อนุภาคตัวกลางเริ่มขยับตัวเคลื่อนที่ ผิวบนของอนุภาคตัวกลางที่เคยไม่เรียบเสมอกันอยู่ในแนวระนาบ ซึ่งในการทดลองนี้ทำโดยการเพิ่มความเร็วของของไหลไปเรื่อย ๆ พร้อมกับการอ่านค่าความดันตกที่เกิดขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.2 จะพบว่าที่ความเร็วของน้ำเสียค่าหนึ่ง กลุ่มอนุภาคตัวกลางเริ่มขยับตัว ผิวบนสุดของอนุภาคตัวกลางเรียบเสมอกันอยู่ในแนวระนาบเดียวกัน ซึ่งค่าความเร็วของน้ำนี้จะทำให้ค่าความดันที่เกิดขึ้นมีการเปลี่ยนแปลงจากเดิมน้อยมาก กล่าวได้ว่ามีค่าเกือบคงที่ แม้จะมีการเพิ่มความเร็วของน้ำมากกว่านี้อีกหลายเท่า ค่าความดันตกที่เกิดขึ้นก็ยังมีค่าเท่าเดิม เช่นเดียวกับช่วงของความเร็วต่ำสุดในการทำให้เกิดฟลูอิไดซ์เบด

ตารางที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของน้ำกับความดันตกที่เกิดขึ้น ชนิดของตัวกลางอิฐขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 0.42 มม

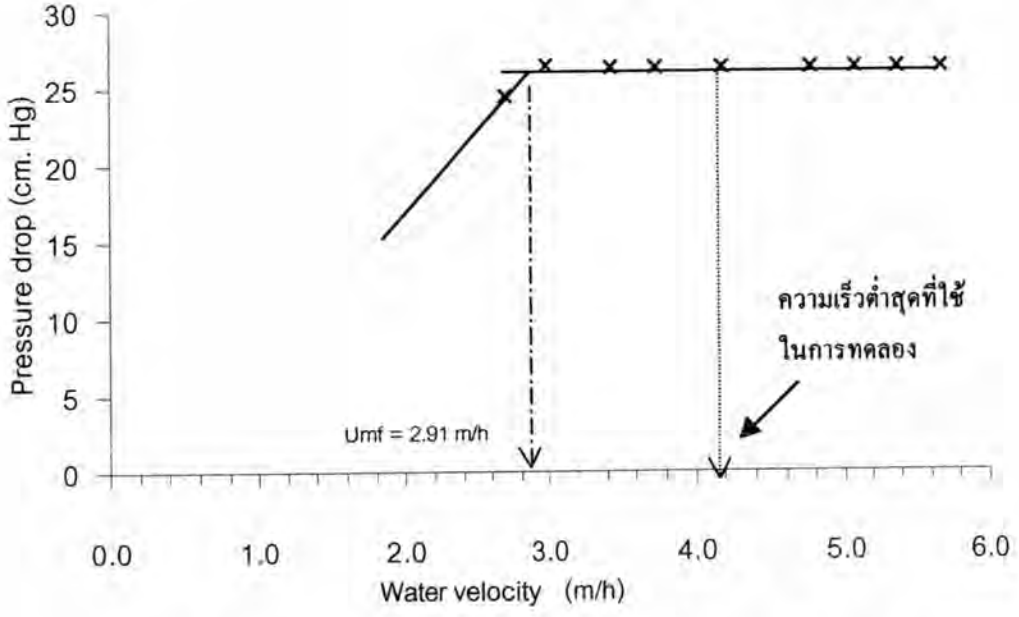
ครั้งที่	อัตราการไหลของน้ำเสีย (ลบ.ม.ต่อ ชั่วโมง)	ความเร็วของน้ำ (เมตรต่อชั่วโมง)	ความดันตก ,ΔP_{bed} (ซม. ของปรอท)
1	0.18	2.69	24.5
2	0.2	2.99	26.4
3	0.23	3.43	26.3
4	0.25	3.73	26.3
5	0.28	4.18	26.3
6	0.32	4.78	26.3
7	0.34	5.07	26.3
8	0.36	5.37	26.3
9	0.38	5.67	26.3

ตารางที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของน้ำกับความดันตกที่เกิดขึ้นของตัวกลางที่เป็น อิฐผสมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 0.42 มม.

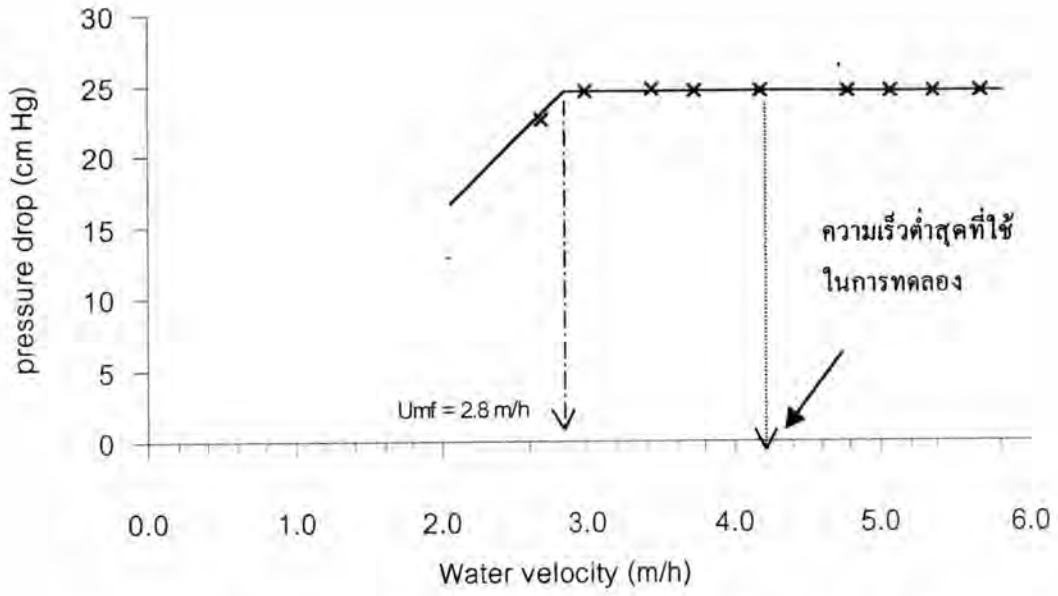
ครั้งที่	อัตราการไหลของน้ำเสีย (ลบ.ม.ต่อ ชั่วโมง)	ความเร็วของน้ำ (เมตร/ชั่วโมง)	ความดันตก ,ΔP_{bed} (ซม. ของปรอท)
1	0.18	2.69	22.6
2	0.2	2.99	24.5
3	0.23	3.43	24.7

ครั้งที่	อัตราการไหลของน้ำเสีย (ลบ.ม.ต่อ ชั่วโมง)	ความเร็วของน้ำ (เมตร/ชั่วโมง)	ความดันตก ,ΔP_{bed} (ซม. ของปรอท)
4	0.25	3.73	24.5
5	0.28	4.18	24.5
6	0.32	4.78	24.5
7	0.34	5.07	24.5
8	0.36	5.37	24.5
9	0.38	5.67	24.5

จากตารางที่ 4.2 และ 4.3 เป็นตารางข้อมูลสำหรับหาความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดซ์เบด สำหรับตัวกลางเป็นอิฐ และอิฐผสมตามลำดับโดยทำการวัดความดันตกเปรียบเทียบกับความเร็วของน้ำเสียจากนั้นนำมาเขียนกราฟเพื่อหาความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดซ์เบด ในการทำการทดลองนี้เพื่อเป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบว่าระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ทำงานวิจัยอยู่ในภาวะเกิดฟลูอิไดซ์



รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของน้ำและความดันตกชนิดตัวกลางเป็น อิฐ



รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของน้ำและความดันตกชนิดตัวกลางเป็น อิฐผสม

ตารางที่ 4.4 ความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิไดซ์ เปรียบเทียบระหว่าง หาจากการทดลองความดันตก (ΔP) กับ หาจากสมการ

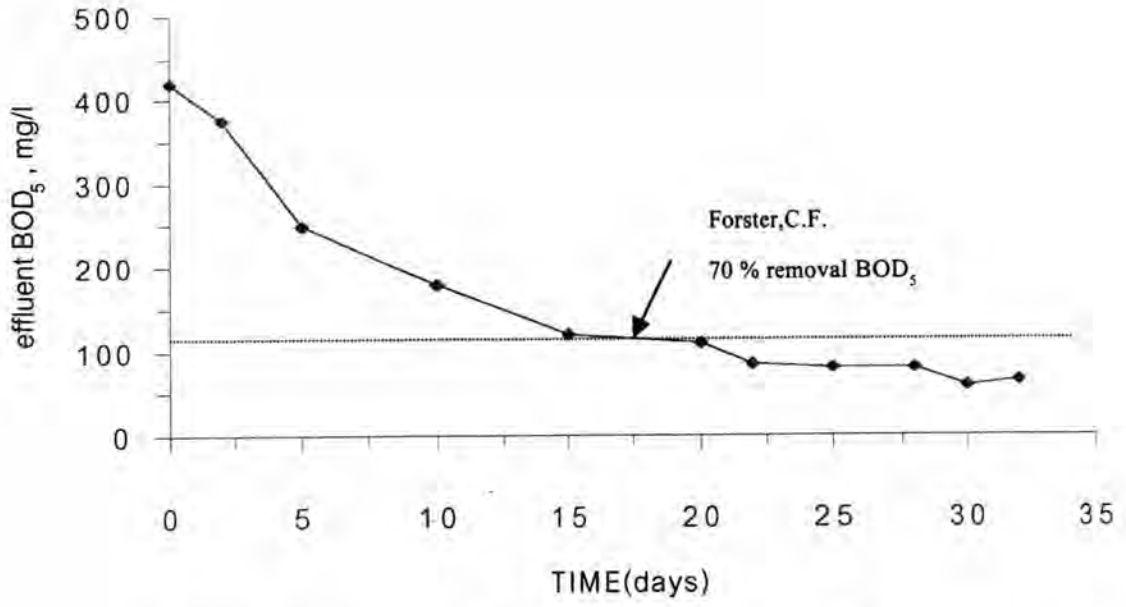
ชนิดตัวกลาง	ความดันตก	สมการ Koide et.at. (1984)	ความแตกต่าง (อ้างอิงสมการ)
	U_{mf} (m/h)	U_{mf} (m/h)	%
อิฐ 0.42 มม.	2.91	2.44	19.26
อิฐผสม 0.42 มม.	2.80	2.37	18.14

จากการเปรียบเทียบค่าความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดซ์เบดสามเฟส มีความแตกต่างกันไม่มากนักพบว่าค่าที่ได้จากการทดลองให้ค่าที่มากกว่าในการคำนวณเนื่องมาจาก ความคลาดเคลื่อนจากการวัดค่าต่าง ๆ เช่น การคำนวณจากสมการหาความเร็วต่ำสุดนั้นจะคิดที่ลักษณะของเม็ดตัวกลางที่เป็นทรงกลม และปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบในการทดลองอื่น ๆ เช่น อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวัดไม่ละเอียดเพียงพอ ในการทดลองจะใช้ความเร็วต่ำสุดในการทดลอง 4.06 เมตรต่อชั่วโมง ซึ่งมีค่าเกินจากความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิไดซ์เบดจึงเชื่อได้ว่าภายในเครื่องปฏิกรณ์จะเกิดฟลูอิไดซ์

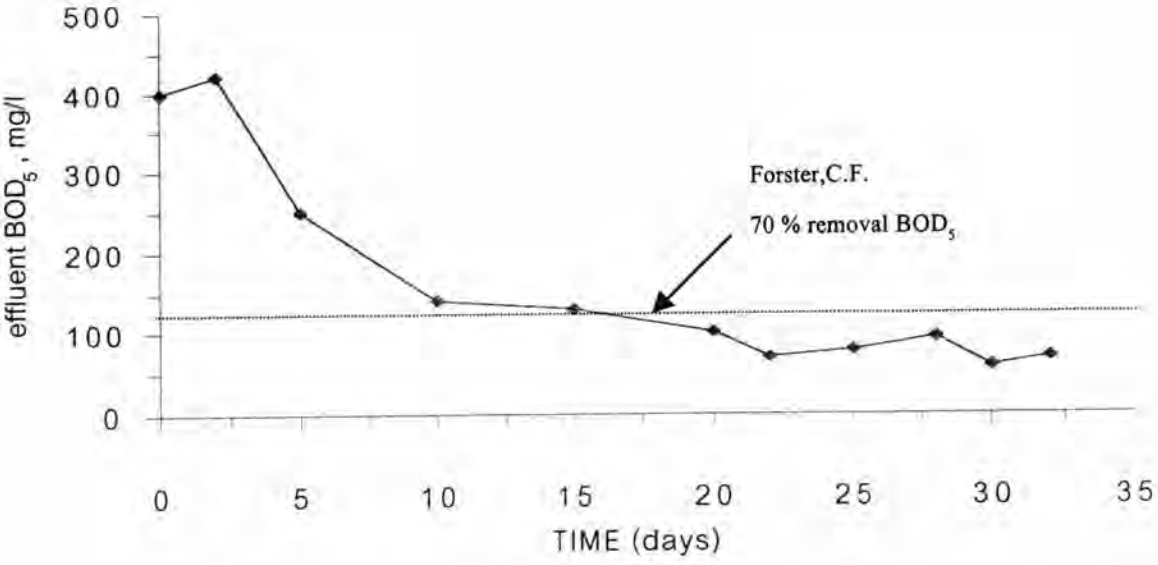
4.3 ผลการบำบัดน้ำเสียและวิเคราะห์ผล

4.3.1 ขั้นตอนการเริ่มเดินระบบครั้งแรก

เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมากที่สุดเนื่องจากต้องการให้จุลินทรีย์เกาะบนตัวกลางให้มีความหนาแน่นมากที่สุด ขั้นตอนนี้จะต้องมีการปรับความเร็วของน้ำเสีย และ อัตราการไหลของอากาศให้เหมาะสมถ้าปรับความเร็วของน้ำเสียสูงเกินไปการเกาะติดของจุลินทรีย์จะใช้เวลานาน ในการทดลองใช้อัตราการไหลของน้ำเสียเท่ากับ 0.2 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ทำการวิเคราะห์ปริมาณค่าบีโอดีของน้ำเสียที่ออกจากระบบมีการลดลง ต่อระยะเวลาที่ทำการทดลอง จะแสดงข้อมูลในเป็นกราฟต่อไปนี้



รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงบีโอดีของน้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัด ในช่วงระยะเวลาเดินระบบครั้งแรกของตัวกลางที่เป็น อิฐ



รูปที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงบีโอดีของน้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัด ในช่วงระยะเวลาเดินระบบครั้งแรกของตัวกลางที่เป็น อิฐผสม

จากกราฟที่ 4.4 – 4.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าบีโอดีของตัวกลางสองชนิดคือ อิฐและ อิฐผสม เมื่อเริ่มเดินระบบครั้งแรกโดยจะทำการทดลองประมาณ 30 วันหรือตรวจสอบดูว่ามีปริมาณบีโอดีลดลงประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ Forster,C.F.(1986) เริ่มทำการบำบัดน้ำเสียได้ ผลที่ได้บีโอดีช่วงแรกจะลดช่วงแรกเร็วมากเนื่องมาจากจุลินทรีย์เริ่มเกาะติดกับตัวกลางจะมีการสร้างเซลล์จุลินทรีย์ใหม่ต้องการสารอินทรีย์ที่ใช้ในการเติบโตสูงจะมีความชันของกราฟสูง ดังนั้นในช่วงนี้ถ้าทำการทดลองโดยทำการเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ในระบบให้สูงเช่น เติมน้ำสลัดก์ (Sludge) จากระบบเลี้ยงตะกอนเร่งที่มีความเข้มข้นของจุลินทรีย์สูงและให้ปริมาณสารอินทรีย์สูงทำให้ระยะเวลาช่วงนี้สั้นลงช่วงต่อไปเป็นช่วงที่จุลินทรีย์เกาะบนตัวกลางมีปริมาณมากขึ้นจะมีความต้องการสารอินทรีย์สูง แต่เป็นช่วงที่เกิดดุลระหว่างจุลินทรีย์กับสารอาหารนั่นคือถ้าเพิ่มจุลินทรีย์ให้มากขึ้นก็จะสามารถใช้กับน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น

4.3.2 ปริมาณอาหารเสริม (Nutrients)

ธาตุคาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และเหล็ก เป็นปริมาณอาหารเสริมที่สำคัญสำหรับจุลินทรีย์ที่ต้องนำไปสร้างเซลล์ใหม่ จึงจะต้องมีการตรวจสอบปริมาณสารอาหารเสริม ค่าที่เหมาะสม BOD : N : P = 100 : 5 : 1 ในน้ำเสียทั่วไป ๆ จะมีปริมาณธาตุคาร์บอนและ ธาตุเหล็ก อย่างเพียงพอในการทดลองนี้จะหาปริมาณ ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ผลที่ได้แสดงในตารางข้างล่าง

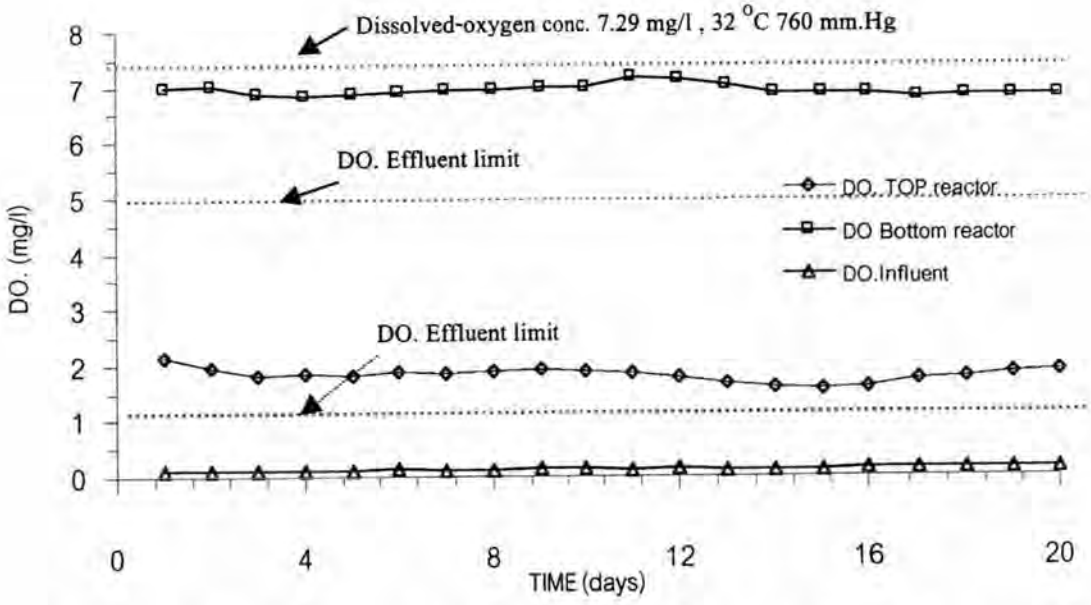
ตารางที่ 4.5 ปริมาณสารอาหารเสริม ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสเปรียบเทียบกับค่าบีโอดี ที่มีอยู่ในน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัด

วันที่	บีโอดี (mg/l)	ไนโตรเจน (TKN) (mg/l)	ฟอสฟอรัส (P) (mg/l)	BOD :N : P
24 พฤศจิกายน 2540	422.2	26.72	21.04	100:6.33:4.98
14 ตุลาคม 2540	418.4	28.53	19.40	100:6.81:4.64
2 ธันวาคม 2540	424.3	24.11	22.35	100:5.68:5.26
30 ธันวาคม 2540	423.6	26.51	21.50	100:6.26:5.07
23 มกราคม 2541	426.5	24.35	22.64	100:5.07:5.03
16 กุมภาพันธ์ 2541	428.6	24.43	18.23	100:5.41:4.05
23 มีนาคม 2541	430.3	26.41	16.45	100:6.09:3.83

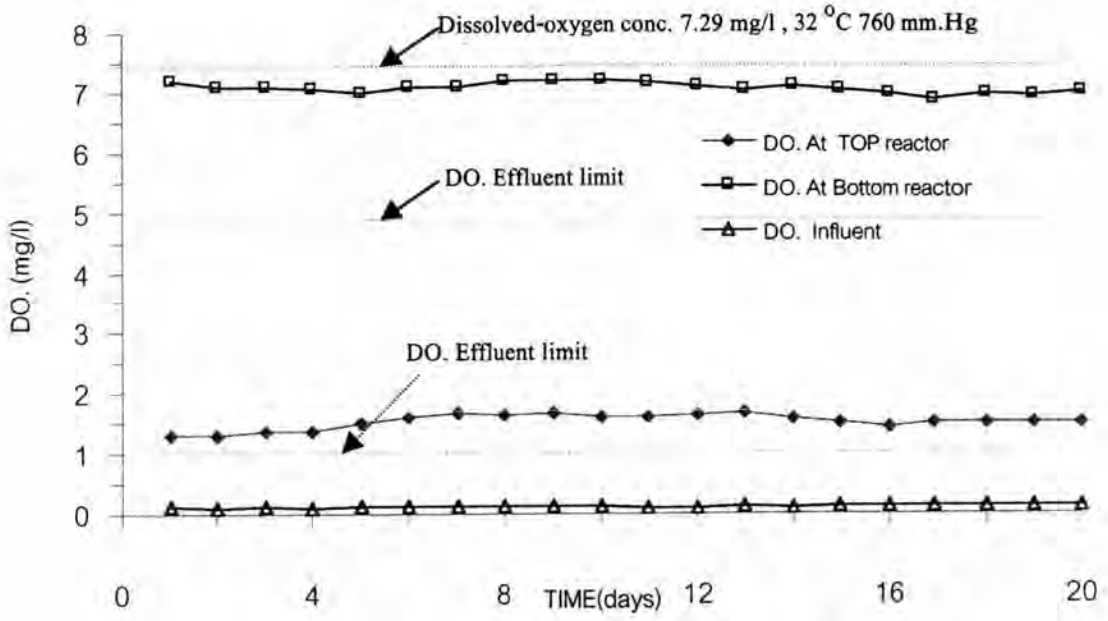
จากตารางที่ 4.5 จะทำการวัดหาปริมาณธาตุไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ระยะเวลาประมาณทุก 30 วันที่ทำการทดลองอยู่นำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบค่า BOD_5 : N : P มีอัตราส่วนอยู่ในช่วงที่เหมาะสมจึงไม่จำเป็นต้องเติมอาหารเสริมลงไปในน้ำเสียก่อนเข้าเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบด ผลจากการวิเคราะห์นี้จะเป็นตัวที่บ่งบอกปริมาณสารอาหารเสริมที่มีมากพอนำไปสร้างเซลล์จุลินทรีย์ใหม่จึงไม่มีผลต่อปฏิกิริยารวมของการบำบัดน้ำเสียในระบบบำบัดฟลูอิไดซ์เบด

4.3.3 ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen)

การทดลองนี้ได้มีการเติมอากาศให้กับระบบบำบัดน้ำเสียนี้โดยเติมอากาศเข้าทางด้านล่างของเครื่องปฏิกรณ์ การเติมอากาศให้มีปริมาณมากเกินพอ (Excess Air) เพื่อที่ให้ปริมาณสารอาหารเป็นตัวกำหนดปฏิกิริยาแทนอากาศ (Limiting Substrate) ในระบบบำบัดน้ำเสีย ถ้าปล่อยอากาศให้น้อยเกินจะเกิดการแย่งออกซิเจนระหว่างจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ พวกที่สามารถที่จะแย่งออกซิเจนได้ก็จะเจริญเติบโตอยู่ในระบบ ส่วนที่จุลินทรีย์ที่ไม่ได้รับออกซิเจนก็จะตายไป บางส่วนจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน (Oligate Aerobes Bacteria) จะเปลี่ยนเป็นไม่ใช้ออกซิเจนแทน (Facultative Aerobes Bacteria) ผลที่เกิดขึ้นจากการขาดแคลนออกซิเจน จะทำให้ทำนายการย่อยสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียไม่ได้ ดังนั้นต้องมีการวัดวิเคราะห์ค่าออกซิเจนละลายน้ำที่อยู่ในเครื่องฟลูอิไดซ์เบด



<u>รูปที่ 4.6</u> ค่าออกซิเจนละลายน้ำ ก่อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย ด้านบนและด้านล่างของเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบด ที่มีตัวกลางเป็นอิฐขนาด 0.42 มม.



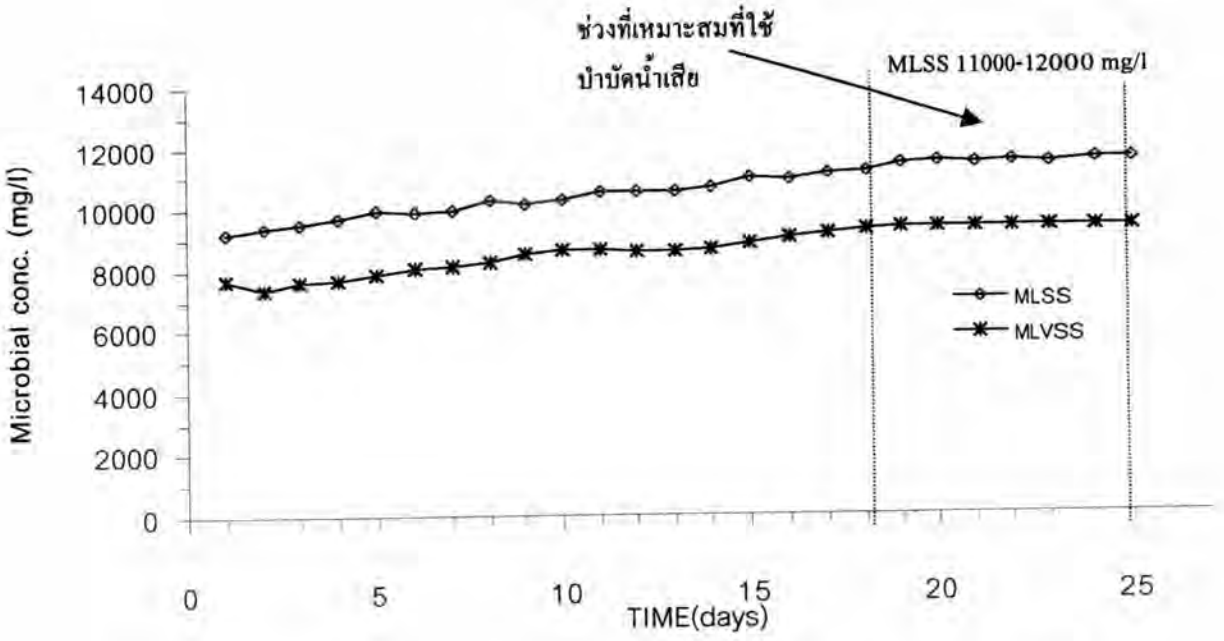
รูปที่ 4.7 ค่าออกซิเจนละลายน้ำ ก่อนเข้าเครื่องบำบัดน้ำเสีย ด้านบนและด้านล่างของเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบด ที่มีตัวกลางเป็นอิฐผสมขนาด 0.42 มม.

จากรูปที่ 4.6 – 4.7 ผลการทดลองค่าออกซิเจนละลายน้ำในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบด สำหรับตัวกลางอิฐ และ อิฐผสมตามลำดับ ออกซิเจนในส่วนด้านบนและด้านล่างของเครื่องและออกซิเจนน้ำเสียก่อนเข้าระบบ ออกซิเจนที่ละลายน้ำในส่วนของน้ำเสียก่อนเข้าระบบมีปริมาณอยู่ที่ 0.1 – 0.15 มิลลิกรัมต่อลิตร กราฟที่ 4.6 และ 4.7 ข้อมูลมีลักษณะแนวโน้มของเส้นกราฟเหมือน ๆ กัน น้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัดมีปริมาณออกซิเจนน้อยมาก มีลักษณะกลิ่นเหม็นจึงต้องทำการเติมออกซิเจนโดยในส่วนน้ำเข้าเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบดเติมอากาศเข้าไปโดยเครื่องเติมอากาศ ออกซิเจนละลายน้ำในส่วนด้านล่างของเครื่องปฏิกรณ์มีค่าเฉลี่ย 7.2 มิลลิกรัมต่อลิตร Cott, J.(1984) ออกซิเจนละลายน้ำปกติมีค่า 7.29 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียสและ 0 มิลลิกรัมต่อลิตร ของความเค็มน้ำ Nguyen,T.Q.(1986) น้ำเสียที่ออกจากเครื่องฟลูอิไดซ์เบดควรมีค่า 1-5 มิลลิกรัมต่อลิตร จากผลการทดลองนี้น้ำเสียที่ออกจากเครื่องฟลูอิไดซ์มีค่าออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ย 1.75 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งถือได้ว่าอยู่ในช่วงที่กำหนดนั่นคือระบบนี้จะมีออกซิเจนที่มากเกินพอให้จุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ผลในการคำนวณทางด้านจลนพลศาสตร์ของจุลินทรีย์ย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนถือว่าน้อยมากไม่นำมาคิด สุเมธ (2535) น้ำเสียที่ออกระบบควรมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำไม่เกิน 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งถือ

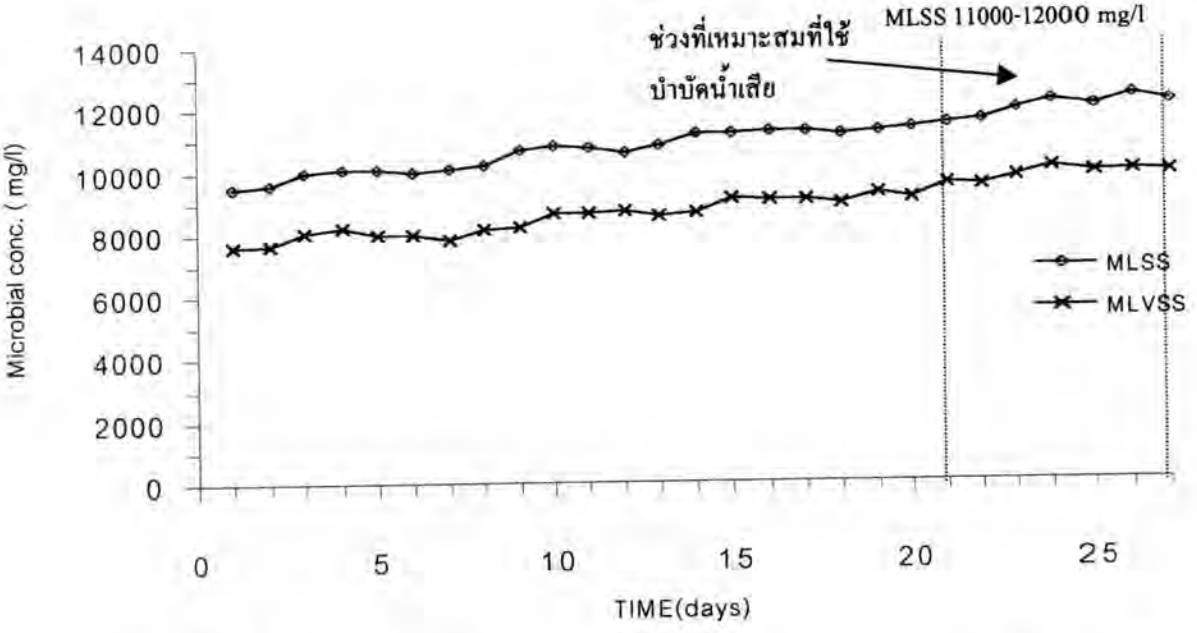
ว่าเป็นปริมาณอากาศที่ให้อย่างเหมาะสมถ้าสูงกว่านี้จะเป็นการสิ้นเปลืองพลังงาน เครื่องอัดอากาศต้องทำงานมากขึ้น

4.3.4 ปริมาณความเข้มข้นของตะกอนที่อยู่ในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบด

ความเข้มข้นของตะกอนที่อยู่ในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบดในทางวิศวกรรมการบำบัดน้ำเสียถือว่าเป็นตัวที่สามารถบ่งบอกถึงความเข้มข้นของจุลินทรีย์ในระบบได้ นั่นคือความเข้มข้นของตะกอนสูงจะมีความเข้มข้นของจุลินทรีย์สูงตามไปด้วยในการทดลองนี้ได้ศึกษาความเข้มข้นตะกอนแขวนลอยในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบด (MLSS) และตะกอนจุลินทรีย์ในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบด (MLVSS) ทั้งสองนี้จะเป็นดรรชนีในการบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของระบบ Jeris, J.S. and Owen,R.W.(1975) ในขณะที่ทำการทดลองนั้น ซึ่งถือว่าเป็นส่วนสำคัญของระบบการบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน ผลการทดลองจะแสดงในรูปที่ 4.8 และ รูปที่ 4.9



รูปที่ 4.8 ปริมาณความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย และตะกอนจุลินทรีย์ ที่อยู่ในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบด ตลอดการทดลอง ชนิดตัวกลางที่เป็น อิฐ



รูปที่ 4.9 ปริมาณความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย และตะกอนจุลินทรีย์ที่อยู่ในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบดตลอดการทดลอง ชนิดตัวกลางที่เป็น อิฐผสม

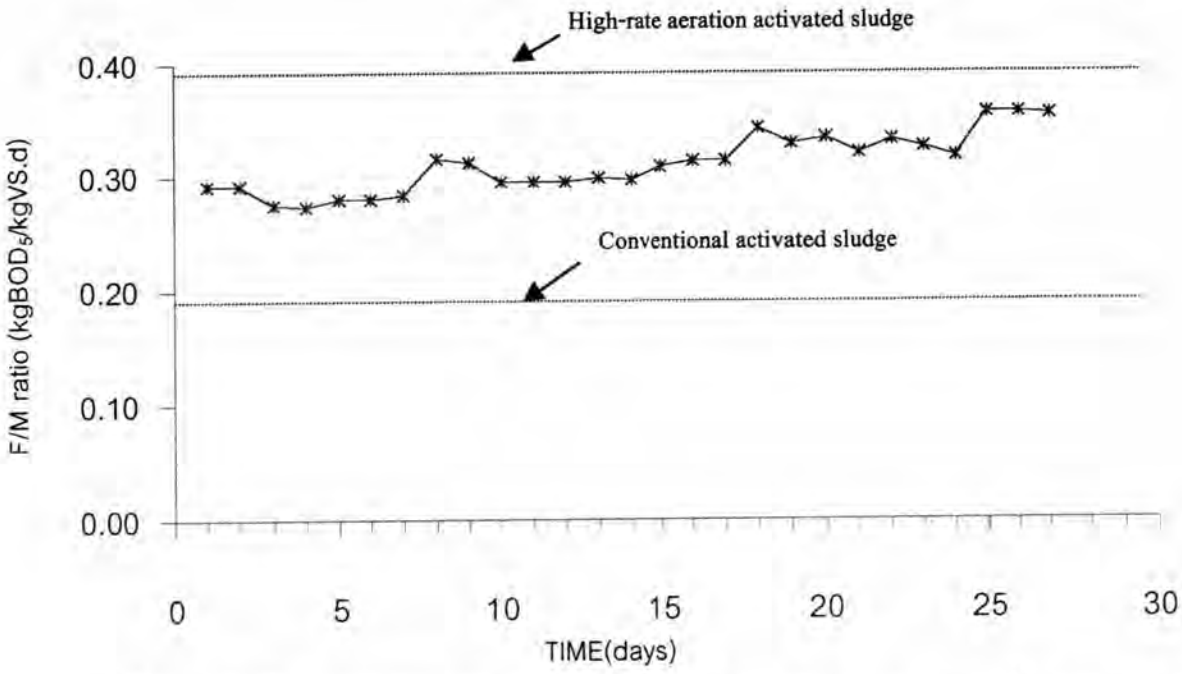
จากรูปที่ 4.8 ตัวกลางที่ใช้บำบัดน้ำเสียเป็นอิฐ มีค่าความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยในเครื่องปฏิกรณ์ (MLSS) 9000-12000 มก.ต่อลิตร และ ค่าความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ในเครื่องปฏิกรณ์ (MLVSS) 7500-8400 มก.ต่อลิตร

ในรูปที่ 4.9 ตัวกลางที่ใช้บำบัดน้ำเสียเป็นอิฐผสม จะมีค่าความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยในเครื่องปฏิกรณ์ 9000-12000 มก.ต่อลิตร และความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ในเครื่องปฏิกรณ์ 7500 – 9000 มก.ต่อลิตร

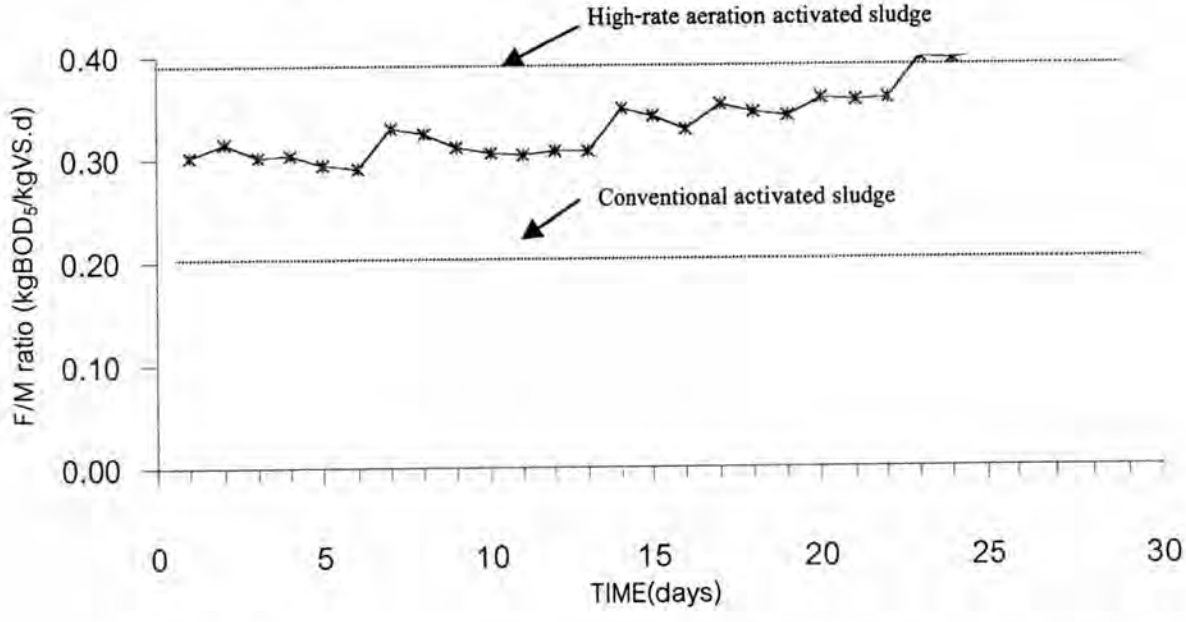
ลักษณะกราฟของความเข้มข้นจุลินทรีย์ในระบบมีการเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากเมื่อเริ่มเดินระบบยังมีตะกอนจุลินทรีย์น้อย เมื่อทำการทดลองนานมากขึ้นจุลินทรีย์เกาะที่ตัวกลางหนาแน่นขึ้นในการทดลองนี้จะเพิ่มตะกอนให้มีค่าอยู่ที่ประมาณ 10000 มิลลิกรัมต่อลิตร ในช่วงเริ่มทำการทดลองยังไม่มีการนำตะกอนในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์ออก เพื่อให้มีการสะสมของตะกอนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น ในการเปรียบเทียบระบบบำบัดน้ำเสียที่ทำงานวิจัยนี้กับระบบเลี้ยงตะกอนเร่งจะเป็นระบบบำบัดขั้นสูง (High-rateAeration) มีค่าตะกอนแขวนลอยในถังเติมอากาศ4000-10000 มิลลิกรัมต่อลิตร สุเมธ (2535) หรือเป็นแบบ Contact Stabilization มีค่าอยู่ในช่วง 4000 – 10000 มิลลิกรัมต่อลิตร สุเมธ (2535) ซึ่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในส่วนของระบบเลี้ยงตะกอนเร่ง และถ้านำไปเปรียบเทียบกับระบบฟลูอิไดซ์เบดของงานวิจัยในอดีตค่าตะกอนแขวนลอยในเครื่องปฏิกรณ์ 15000 – 30000 มิลลิกรัมต่อลิตร Forster,C.F.(1986) ในการทดลองนี้ที่ให้ค่าตะกอนแขวนลอยต่ำกว่าระบบฟลูอิไดซ์เบดของงานวิจัยอื่น ๆ เนื่องจากมีความแตกต่างกันทางสมบัติของน้ำเสีย เช่น ความเข้มข้นสารอินทรีย์และขั้นตอนบำบัดน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย ในการทำการทดลองนี้ระบบบำบัดน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัดฟลูอิไดซ์เบดมีประสิทธิภาพไม่ดีพอ เนื่องมาจากมีตะกอนไขมันเข้ามาในระบบบำบัดน้ำเสียเป็นผลทำให้การเกาะของจุลินทรีย์บนตัวกลางไม่ดี

4.3.5 อัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์ (Food to Microbe Ratio , F/M ratio)

ค่า F/M ratio เป็นการแสดงว่าระบบบำบัดน้ำเสียฟลูอิไดซ์เบดอยู่ในภาวะมีจุลินทรีย์ที่จะย่อยสารอินทรีย์ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด คำนวณมาจาก F/M = ปริมาณสารอาหารที่ถูกกำจัด / ปริมาณจุลินทรีย์ที่อยู่ในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบด ทำวิเคราะห์น้ำเสียตลอดในช่วงการทดลอง เสนอเป็นกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงในแต่ละวัน และชนิดของตัวกลางที่ใช้บำบัดน้ำเสีย



รูปที่ 4.10 ค่าปริมาณสารอาหารต่อปริมาณจุลินทรีย์ (F/M ratio) ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง โดยชนิดตัวกลางอิฐ 0.42 มม.



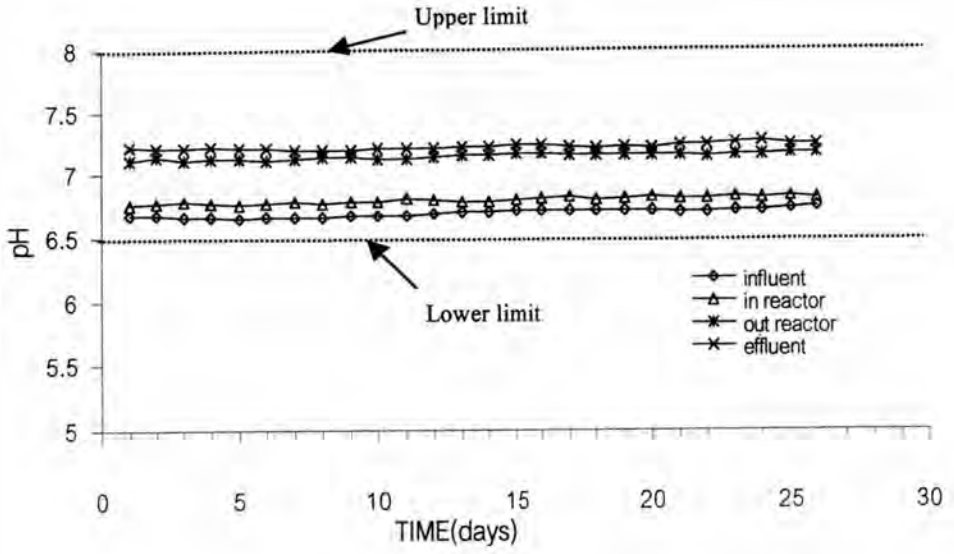
รูปที่ 4.11 ค่าปริมาณสารอาหารต่อปริมาณจุลินทรีย์ (F/M ratio) ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง โดยชนิดตัวกลาง อิฐผสม 0.42 มม

จากกราฟแสดงค่า F/M ratio ในการทดลองนี้ตัวกลางที่เป็นอิฐมีค่าเฉลี่ย 0.33 kg BOD_5 / kg VSS . d และ ตัวกลางที่เป็นอิฐผสมมีค่าเฉลี่ย 0.31 kg BOD_5 / kg VSS . d นำไปเปรียบเทียบกับระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้จุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ได้แก่ ระบบเลี้ยงตะกอนเร่ง (Activated sludge) Sawyer, C.N. (1978) การบำบัดแบบธรรมดา ค่า F/M ratio อยู่ในช่วง 0.2-0.4 kg BOD_5 / kg VSS . d และ บำบัดแบบขั้นสูง 0.4-1.5 kg BOD_5 / kg VSS . d นั่นคือระบบบำบัดน้ำเสียฟลูอิไดซ์เบดที่ทำการทดลองอยู่นี้จะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนเร่งขั้นสูงกับการบำบัดน้ำเสียแบบขั้นธรรมดา

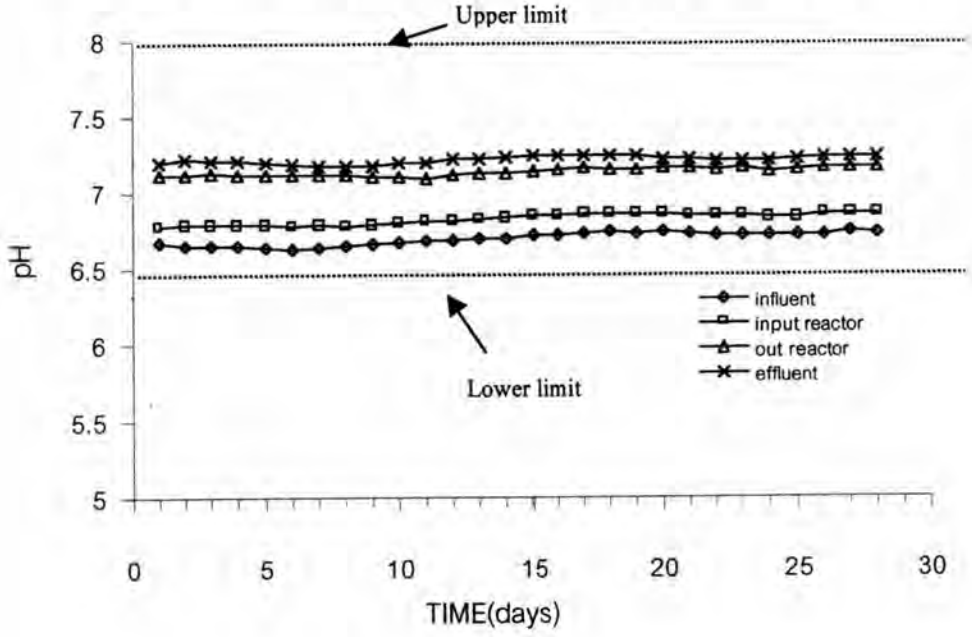
ค่า F/M ratio นี้จะเป็นตัวที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของระบบอีกอย่างหนึ่งคือ ถ้ามีค่าสูงเช่นในระบบเลี้ยงตะกอนเร่งแบบบำบัดขั้นสูง ระบบฟลูอิไดซ์เบดสามารถที่จะทำให้ค่า F/M Ratio มีค่าสูงขึ้นได้โดยเพิ่มปริมาณสารอินทรีย์ในระบบมากขึ้น แต่ผลการทดลองนี้จะไม่สามารถเพิ่มสารอินทรีย์ของระบบได้เนื่องจากเป็นน้ำเสียจริง สำหรับตัวกลางที่ใช้เป็นอิฐ ค่าบีโอดีมีเฉลี่ย 433.6 มิลลิกรัมต่อลิตร และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.874 ส่วนที่สามารถเพิ่มแล้วค่า F/M ratio เปลี่ยนแปลงไปได้ในระบบบำบัดน้ำเสียนี้ คือความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ในระบบ ถ้าเพิ่มมากขึ้นทำให้ ค่า F/M ratio ลดลง จึงไม่สามารถที่บอกได้ว่าระบบนี้จะมีประสิทธิภาพต่ำเมื่อใช้ F/M ratio เป็นตัวกำหนดได้ต้องนำไปเปรียบเทียบกับค่าอื่น ๆ อีก

4.3.6 ความเป็นกรด-เบส (pH)

ในการทดลองนี้ ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำเสีย มีค่าที่แตกต่างกันตามช่วงเวลา เนื่องจากมีการปรุงอาหารเป็นช่วงเวลา และลักษณะอาหารที่แตกต่างกัน แต่เมื่อนำมาทำทางด้านสถิติแล้วพบว่าน้ำเสียมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนักสามารถนำข้อมูลมาใช้ได้ ซึ่งค่าความเป็นกรด-เบสที่ใช้อยู่นี้จะไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ในการทดลองนี้นำเสนอในรูปกราฟที่จะแสดงค่าความเป็นกรด-เบสในแต่ละวันที่ทำการทดลอง



รูปที่ 4.12 ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำเสียที่ เข้าระบบ เข้าเครื่อง และ ออกจากเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบด และน้ำเสียที่ออกจากระบบ ตัวกลาง อิฐ 0.42 มม.



รูปที่ 4.13 ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำเสียที่ เข้าระบบ เข้าเครื่อง และ ออกจากเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบด และน้ำเสียที่ออกจากระบบ ตัวกลาง อิฐผสม 0.42 มม.

จากรูปที่ 4.12 และ 4.13 ค่าความเป็นกรด-เบสที่ได้จากการวิเคราะห์น้ำเสีย ตัวกลางที่เป็น อิฐ และอิฐผสม ทุกช่วงเวลาที่ทำการทดลองค่าความเป็นกรด-เบสอยู่ในช่วง 6.6-7.3 ซึ่งช่วงนี้จะเป็นช่วงที่จุลินทรีย์ทำงานได้ดี สุเมธ (2535) ค่าความเป็นกรด-เบสน้ำเสียมีค่าสูงสุดไม่เกิน 8 และต่ำสุดไม่เกิน 6.5 จึงจะไม่มีผลต่อจุลินทรีย์ในน้ำเสียนั้น ๆ น้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าความเป็นกรด-เบสอยู่ในช่วง 6.6 และน้ำเสียที่ออกค่าความเป็นกรด-เบสอยู่ในช่วง 7.3 จากการทดลองนี้ ทำการทดลองเมื่อเปลี่ยนตัวกลางทั้งสองชนิด ค่าความเป็นกรด-เบสมีแนวโน้มลักษณะเช่นเดียวกัน ผลที่เกิดขึ้นมาจากปฏิกิริยาชีวเคมีภายในระบบการบำบัดน้ำเสียที่มีจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์จะมีการเจริญเติบโต การย่อยสลายสารอินทรีย์ และการสร้างเซลล์จุลินทรีย์ขึ้นใหม่ ผลผลิตที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์จะได้ น้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นส่วนประกอบหลักมีบางส่วนที่ได้แอมโมเนีย

ผลของค่าความเป็นกรด-เบสเพิ่มสูงขึ้น เมื่อมีการบำบัดน้ำเสียอธิบายจาก สมการการย่อยสลายสารอินทรีย์ และ สร้างเซลล์ใหม่โดยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน

$$\text{Organic matter} + \text{Nutrients} + O_2 + \text{Bacteria} \dashrightarrow CO_2 + H_2O + \text{energy} + \text{new cell}$$

เซลล์แบคทีเรียที่ตายเป็นอาหารของแบคทีเรียตัวอื่นๆ

$$\text{Protoplasm} + O_2 + \text{Bacteria} \dashrightarrow CO_2 + H_2O + \text{Energy} + NH_3$$

ในส่วนที่เป็นรูพรุนภายในเม็ดตัวกลางถ้าออกซิเจนเข้าไปไม่ถึง

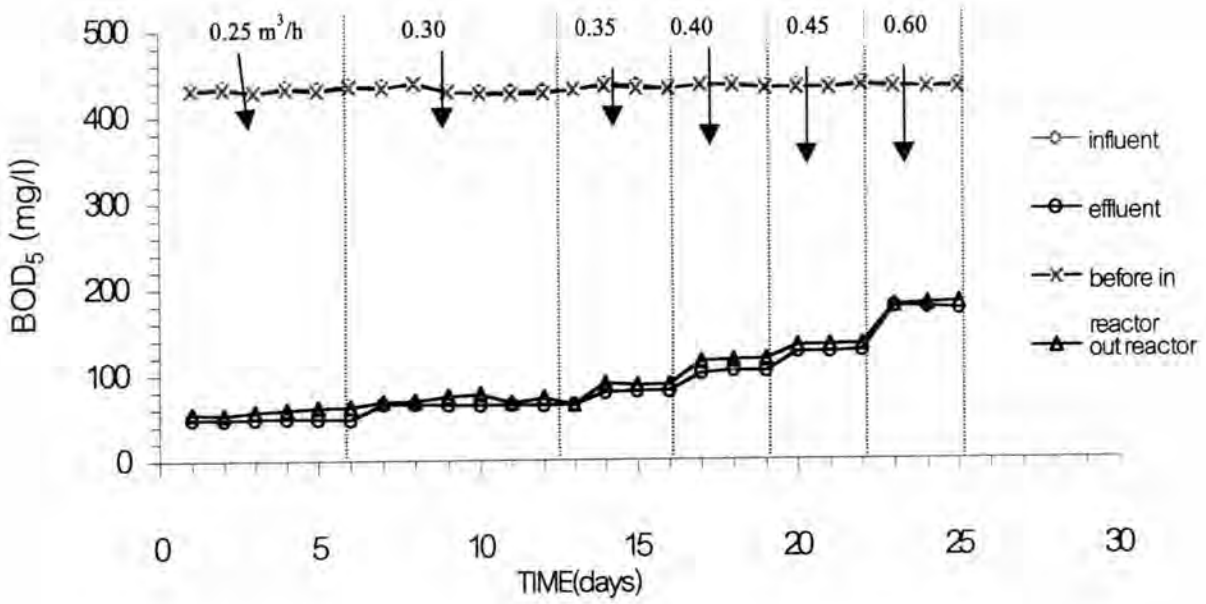
$$\text{Organic matter} + \text{Bacteria} \dashrightarrow CH_4 + CO_2 + NH_3 + H_2O$$

$$NH_3 + CO_2 + H_2O \dashrightarrow NH_4HCO_3 \uparrow \text{pH}$$

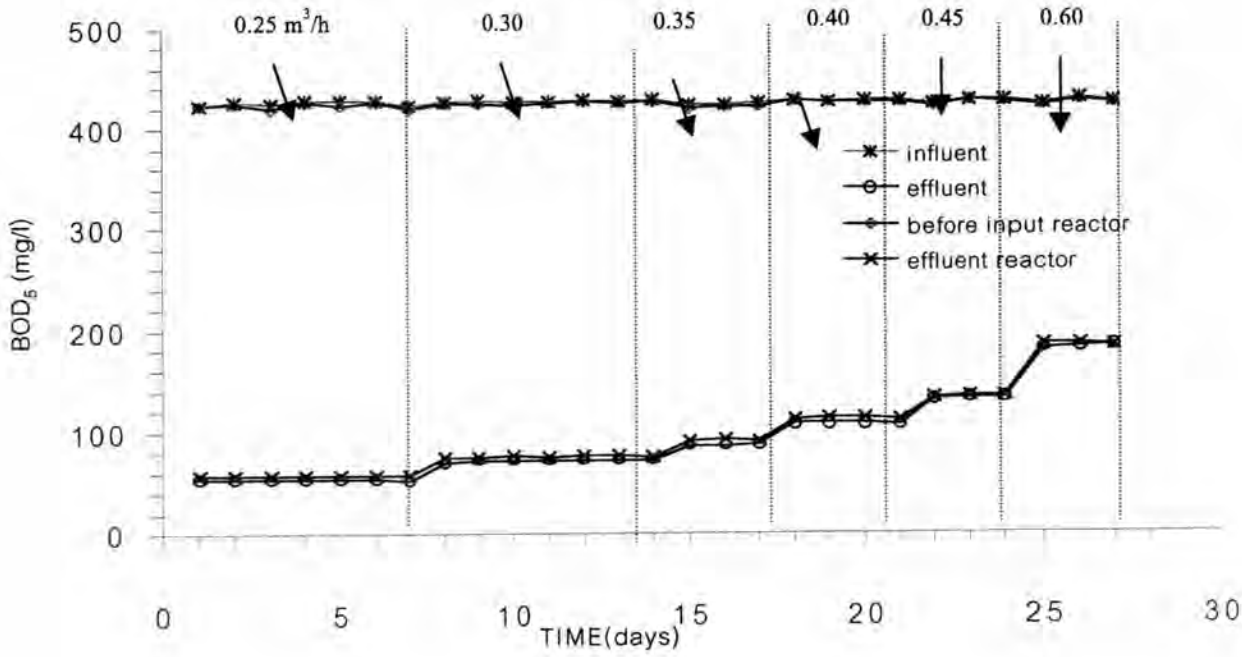
ในสมการสุดท้ายได้ แอมโมเนียไฮโดรเจนคาร์บอนเนต มีสมบัติเป็นเบส น้ำเสียที่ผ่านระบบการบำบัดแล้วจึงมีค่าความเป็นกรด-เบสสูงขึ้น แต่ค่าความเป็นกรด-เบสนี้ไม่สูงเกินกว่าค่าที่จุลินทรีย์จะสามารถดำรงชีวิตได้ จึงไม่เป็นผลเสียต่อระบบบำบัดเสียฟลูอิไดซ์เบดในการทดลองนี้

4.3.5 ค่าบีโอดีน้ำเสียก่อนเข้าระบบและน้ำเสียออกจากระบบบำบัด

ค่าบีโอดีของน้ำเสียที่ในส่วนน้ำเข้าระบบและออกจากระบบบำบัดน้ำเสีย และในส่วนของน้ำเสียที่เข้าเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบด และออกเครื่องฟลูอิไดซ์เบด โดยทำการวิเคราะห์น้ำเสียในช่วงที่ทำการทดลองได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.14 ค่าบีโอดีในแต่ละวันของการทดลอง ชนิดตัวกลางที่เป็น อิฐ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.42 มม.



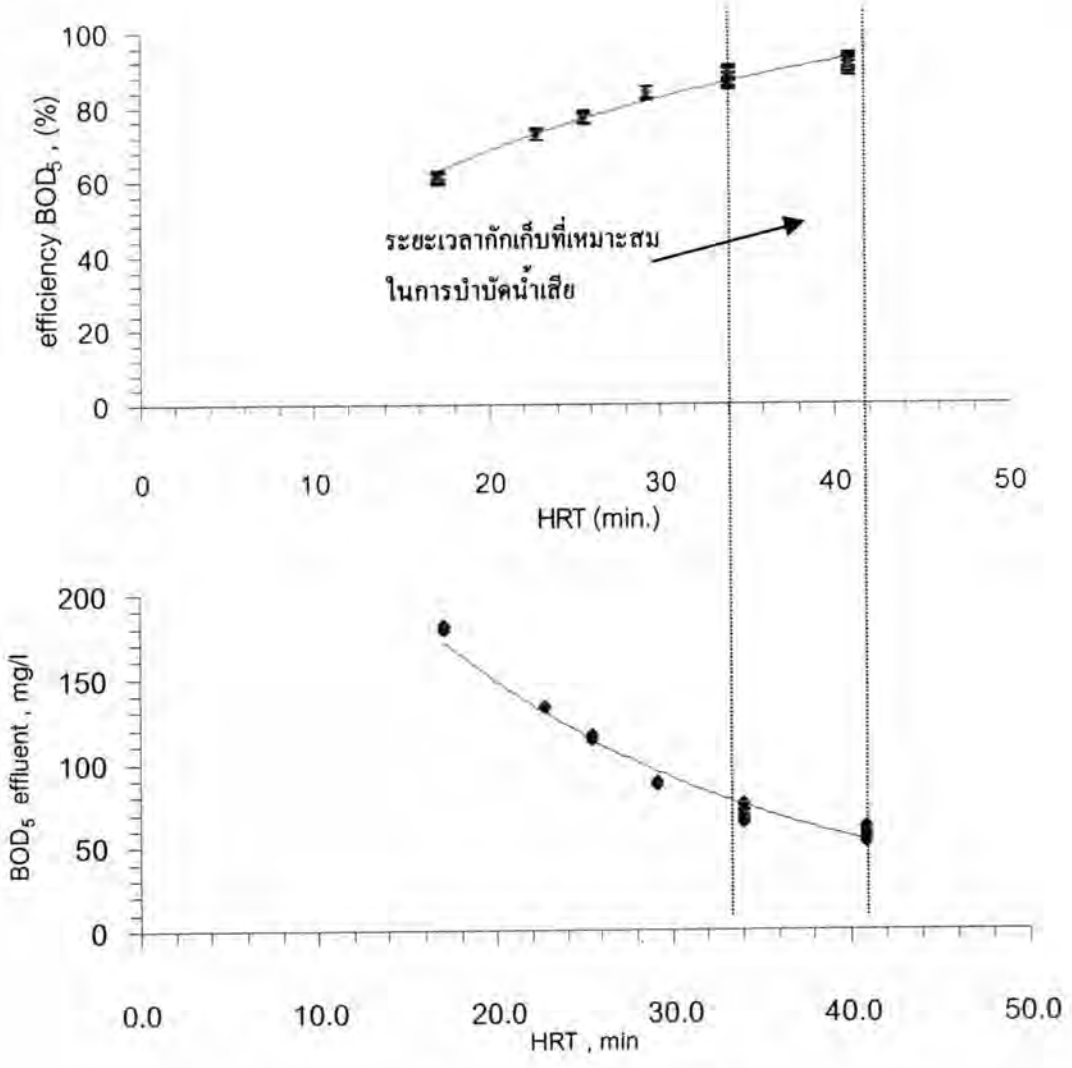
<u>รูปที่ 4.15</u> ค่าบีโอดีในแต่ละวันของการทดลอง ชนิดตัวกลางที่เป็น อิฐผสม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.42 มม.

จากรูปที่ 4.14 และ 4.15 เป็นการวัดค่าบีโอดีของน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย ก่อนเข้าเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบด ออกจากเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบด และออกจากระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับตัวกลางอิฐ และอิฐผสม ในการทดลองที่ใช้น้ำเสียจากแหล่งน้ำเสียจริง จึงจำเป็นที่ต้องทำการวิเคราะห์หาปริมาณบีโอดีที่แน่นอนของน้ำเสียที่เข้า

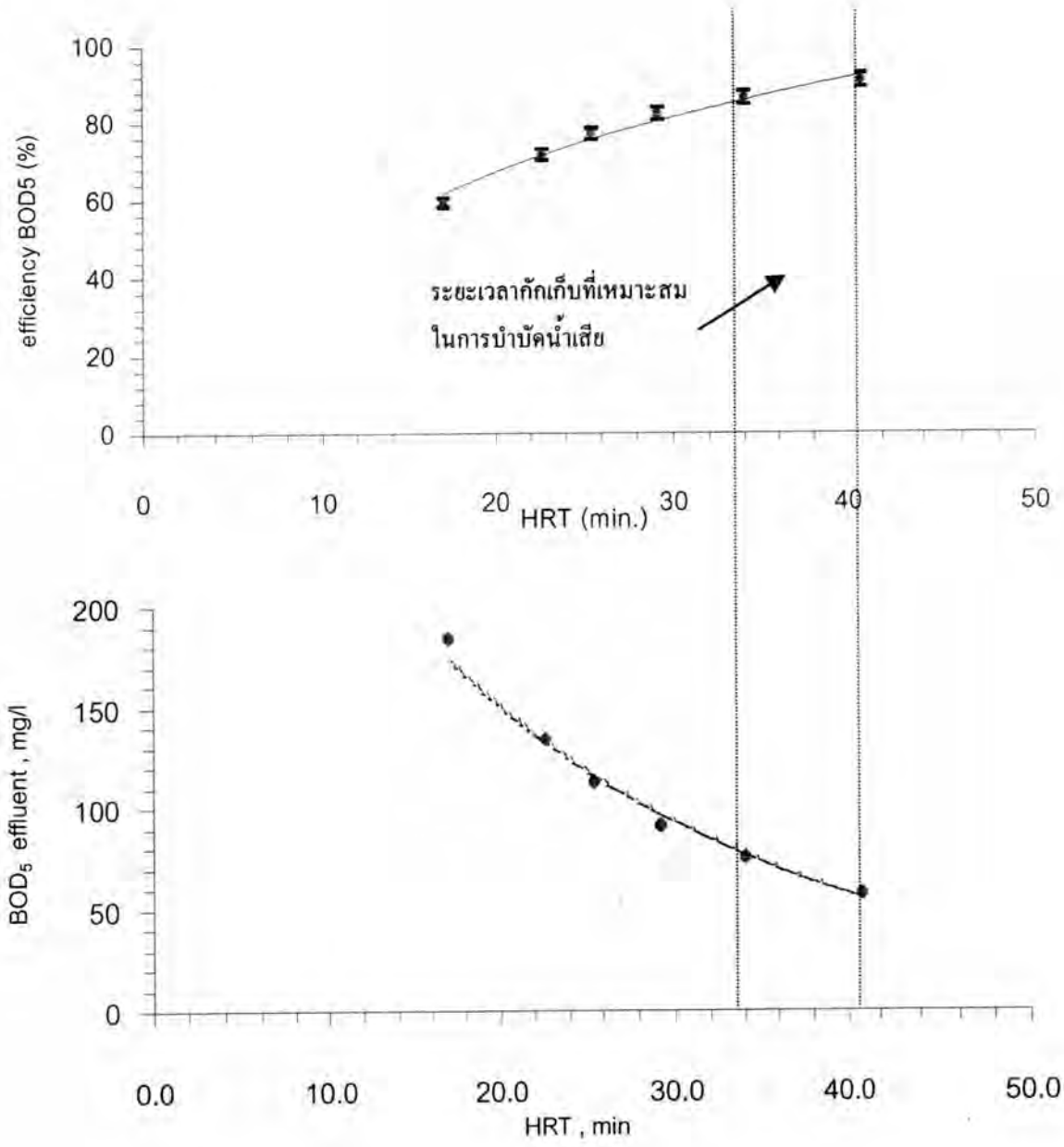
รูปที่ 4.14 และ 4.15 ปริมาณบีโอดีของน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสียค่าเฉลี่ย 425.98 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.874 สำหรับตัวกลางที่เป็นอิฐ และ 433.60 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.890 สำหรับตัวกลางที่เป็นอิฐผสม น้ำเสียก่อนเข้าเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบดมีค่าบีโอดีเฉลี่ย 423.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ตัวกลางที่เป็นอิฐ และ 431.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ตัวกลางที่เป็นอิฐผสม น้ำเสียที่อยู่ในถังปรับสภาพน้ำเสียและถังพัก มีค่าบีโอดีลดลงเนื่องจากมีการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยการย่อยจะเป็นแบบผสมระหว่างจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน เมื่อเพิ่มอัตราการไหลของน้ำเสีย ค่าบีโอดีที่ออกจากระบบบำบัดมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากระยะเวลากักเก็บน้อยลง การเปลี่ยนอัตราการไหลของน้ำเสียนี้เพื่อศึกษาอัตราการไหลของน้ำเสียที่เหมาะสมในการบำบัด จากการทดลองนี้อัตราการไหลของน้ำเสียที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 0.25 –0.30 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงจึงให้ประสิทธิภาพสูงที่สามารถนำไปบำบัดน้ำเสียได้

4.3.6 ระยะเวลากักเก็บ (Hydraulic Retention time)

ในการทดลองทำการเปลี่ยนอัตราการไหลของน้ำเสียทำให้ระยะเวลากักเก็บเปลี่ยนไปด้วย เนื่องจากระยะเวลากักเก็บเป็นอัตราส่วนระหว่าง ปริมาตรเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบดต่ออัตราการไหลของน้ำเสีย สำหรับตัวกลางที่ดีควรให้ระยะเวลากักเก็บต่ำ ทำการเปรียบเทียบระหว่างระยะเวลากักเก็บกับเปอร์เซ็นต์การกำจัดบีโอดี และเปรียบเทียบกับค่าบีโอดีที่ออกที่เท่ากัน ผลการทดลองนำมาเสนอเป็นกราฟดังนี้



รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากักเก็บกับเปอร์เซ็นต์การกำจัดบีโอดี และบีโอดีที่ออกจากระบบ ของตัวกลางที่เป็น อิฐ

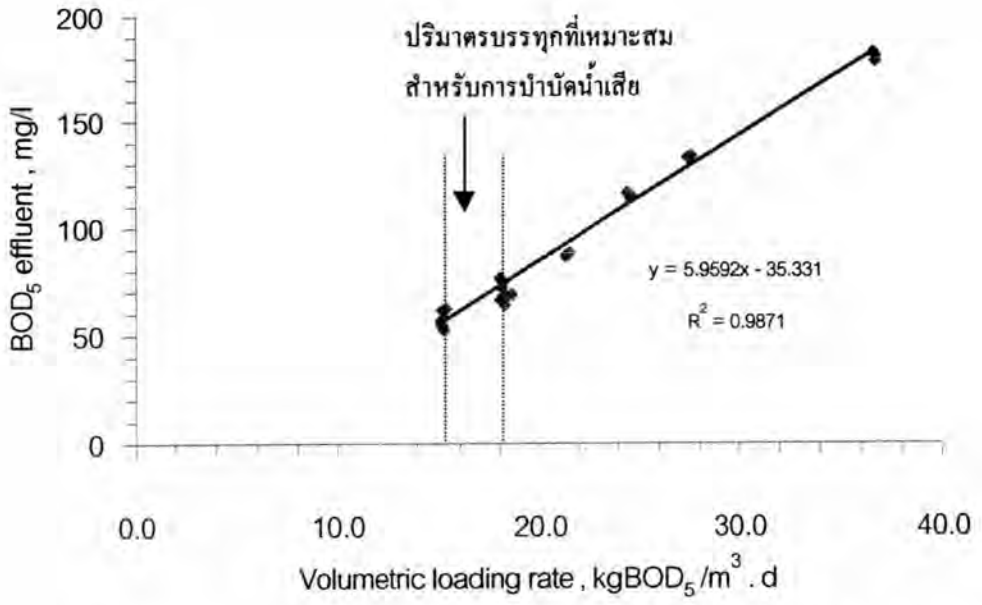


รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากักเก็บกับเปอร์เซ็นต์การกำจัดบีโอดี และบีโอดีของน้ำเสียที่ออกจากระบบ ของตัวกลางที่เป็น อิฐผสม

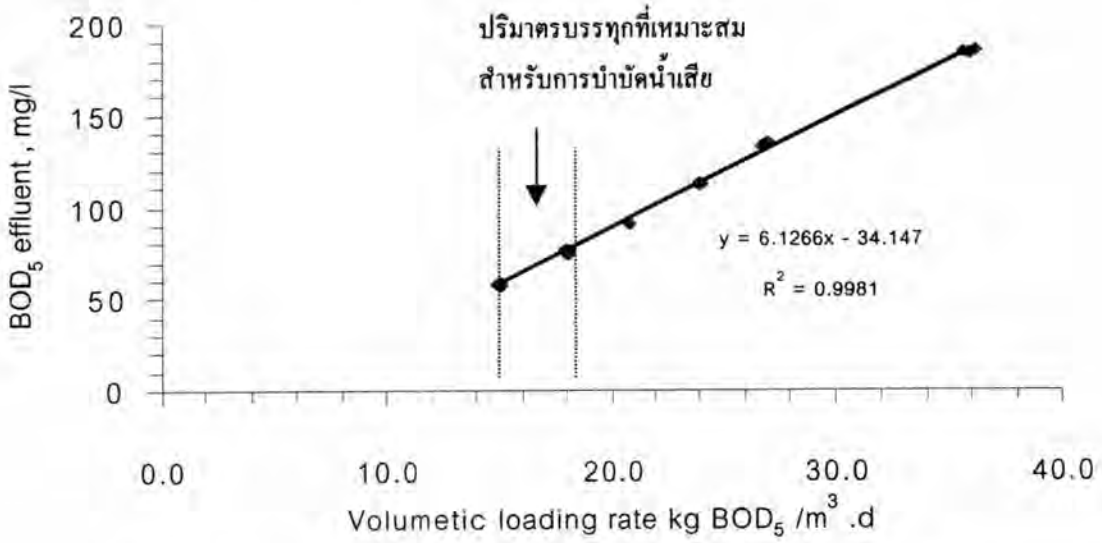
จากกราฟ 4.16 และ 4.17 เป็นผลที่ได้จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากักเก็บกับประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดี ของตัวกลางสองชนิด อิฐ และ อิฐผสม กราฟมีลักษณะแนวโน้มเหมือนกันคือ ระยะเวลากักเก็บเพิ่มมากขึ้นประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีสูงขึ้น และความสัมพันธ์ระหว่างค่าบีโอดีที่ออกจากเครื่องฟลูอิไดซ์เบด กับระยะเวลากักเก็บ จากกราฟ 4.16 และ 4.17 ระยะเวลากักเก็บเพิ่มขึ้นปริมาณบีโอดีที่ออกจากระบบลดลง อธิบายได้ว่าถ้าสารอินทรีย์อยู่ในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบดนานการย่อยสลายสารอินทรีย์จะมีประสิทธิภาพสูง จากข้อมูลที่ได้นี้สามารถบอกได้ว่าระบบบำบัดน้ำเสียฟลูอิไดซ์เบดจะได้ดีในระยะเวลากักเก็บที่ 40 นาที โดยประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสีย 93.07 เปอร์เซ็นต์ ตัวกลางที่เป็นอิฐ และตัวกลางที่เป็นอิฐผสมประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย 91.38 เปอร์เซ็นต์ นั่นคือตัวกลางของอิฐจะให้ค่าบำบัดน้ำเสียได้ดีกว่าตัวกลางที่เป็นอิฐผสมเนื่องมาจากความพรุนของตัวกลาง ระบบบำบัดน้ำเสียถ้านำไปเปรียบเทียบกับระบบเลี้ยงตะกอนเร่ง สุเมธ (2535) ที่เป็นแบบประสิทธิภาพการบำบัดดีที่สุด ได้แก่ High rate activated sludge หรือ Contact stabilization activated sludge พบว่าประสิทธิภาพ 92-97 เปอร์เซ็นต์ใช้ระยะเวลากักเก็บ 2-6 ชั่วโมง นั่นคือระบบบำบัดน้ำเสียฟลูอิไดซ์เบดที่ทำการทดลองอยู่นี้จะให้ระยะเวลากักเก็บน้อยกว่าประมาณ 1.5 – 9 เท่าโดยประมาณ ระยะเวลากักเก็บนี้เป็นสัดส่วนระหว่าง ถ้ากำหนดอัตราการไหลของน้ำเสียคงที่เท่ากัน นำสองระบบมาเปรียบเทียบปริมาตรของเครื่องบำบัดน้ำเสียพบว่าปริมาตรเครื่องปฏิกรณ์ของระบบบำบัดน้ำเสียฟลูอิไดซ์เบดมีขนาดประมาณ 0.1 – 0.6 เท่าของปริมาตรถังเติมอากาศระบบเลี้ยงตะกอนเร่ง Forster, C.F. (1986) ถ้าระบบบำบัดน้ำเสียติดตั้งแทนระบบบำบัดเลี้ยงตะกอนเร่งจะมีพื้นที่เพิ่มขึ้น 5 – 10 เท่าของปริมาตรถังเติมอากาศ

4.3.7 ปริมาตรบรรทุก (Volumetric loading rate)

ค่าที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของเครื่องบำบัดน้ำเสีย ในกรณีของน้ำเสียมีค่าบีโอดีแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลามาก แต่อัตราการไหลของน้ำเสียคงที่ (Pseudo-steady State) จะนิยมใช้ปริมาตรบรรทุกในการบอกถึงคุณภาพน้ำเสียแทนอัตราการไหลของน้ำเสีย เนื่องจากปริมาตรบรรทุกมีค่าเท่ากับอัตราการไหลของน้ำเสีย X บีโอดีน้ำเสียที่เข้าเครื่อง / ปริมาตรเครื่องปฏิกรณ์ จากการทดลองนี้นำข้อมูลมาเขียนกราฟระหว่าง ปริมาตรบรรทุกกับบีโอดีของน้ำที่ออกจากระบบ



<u>รูปที่ 4.18</u> ความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาตรบรรทุกกับบีโอดีของน้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัดตัวกลางชนิดที่เป็น อิฐ



<u>รูปที่ 4.19</u> ความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาตรบรรทุกกับบีโอดีของน้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัดตัวกลางชนิดอิฐผสม

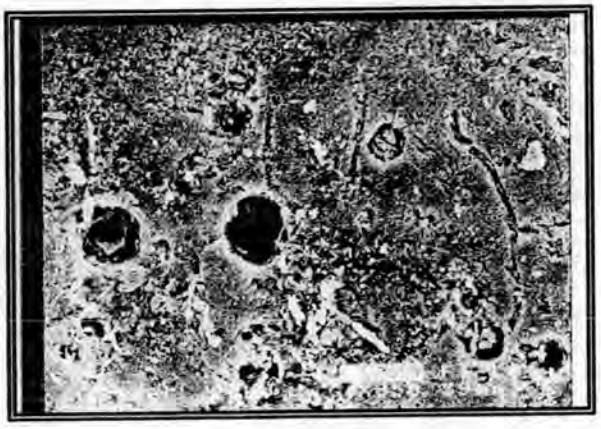
จากกราฟที่ 4.18 และ 4.19 ปริมาตรบรรทุกเปรียบเทียบกับบีโอดีที่ออกจากเครื่องฟลูอิไดซ์เบดของตัวกลางที่เป็น อิฐและอิฐผสม สำหรับอิฐจะมีความสัมพันธ์ เป็น Y = 5.9592x – 35.331 และอิฐผสมมีค่า Y = 6.1266 X –34.147 เมื่อค่า Y เป็นบีโอดีที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสีย และ X เป็นปริมาตรบรรทุก จากความสัมพันธ์นี้จะบอกได้ว่าถ้าปรับอัตราการไหลของน้ำเสียสูงขึ้น ปริมาตรบรรทุกเพิ่มขึ้นด้วย ค่าบีโอดีของน้ำที่ออกจากระบบบำบัดมีค่าเพิ่มขึ้นตามดังนั้นในการบำบัดน้ำเสียจริง จึงจะเป็นที่ต้องกำหนดช่วงปริมาตรบรรทุกให้เหมาะสม ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

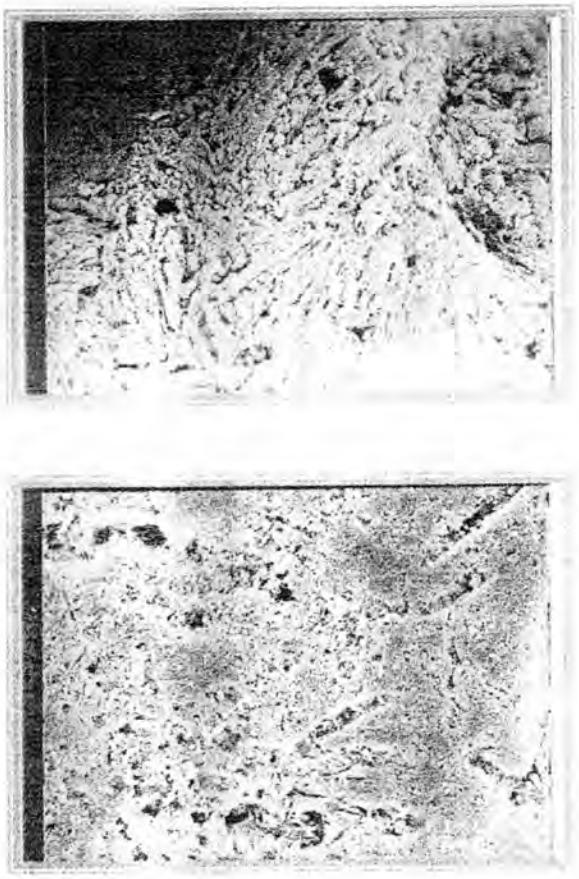
4.4 การศึกษาพื้นที่ผิวของตัวกลาง

4.4.1 การศึกษาพื้นผิวหน้าของตัวกลางชนิดที่เป็น อิฐผสม และ อิฐ

เนื่องจากมีการใช้ตัวกลางที่แตกต่างกันในการบำบัดน้ำเสียและมีผลการบำบัดน้ำเสียที่แตกต่างกัน จึงต้องทำการวัดด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope คุลักษณะของผิวชั้นนอกของตัวกลาง

รูปที่ได้จาก SEM





รูปที่ 4.20 SEM 10 μm . ดูผิวหน้าของตัวกลางที่เป็น อิฐผสม 4.2 มม. ใช้ในฟลูอิไดซ์เบดในการบำบัดน้ำเสีย

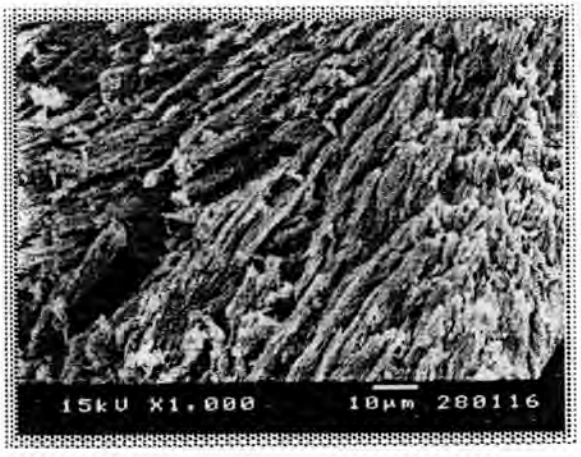
จากภาพที่ได้นี้ผิวหน้าของตัวกลางที่เป็นอิฐผสมพบว่ามีบางเม็ดที่มีผิวค่อนข้างเรียบแล้วมีรูพรุนน้อยโดยเฉลี่ยแล้วรูที่เห็นบนผิวตัวกลางมีขนาดประมาณ 10 ไมครอนซึ่งจุลินทรีย์จะสามารถยึดเกาะได้เป็นอย่างดีเนื่องจากจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ที่ใช้สำหรับบำบัดน้ำเสียเป็นแบคทีเรียจะมีขนาดประมาณ 100 อังตรอม (^{o}A) แต่พื้นที่ส่วนใหญ่ของเม็ดตัวกลางมีความพรุนน้อยจึงมีส่วนที่จุลินทรีย์เกาะได้น้อย

<u>รูปที่ 4.21</u> SEM 10 μm . ดูผิวหน้าของตัวกลางที่เป็น อิฐ 4.2 มม. ใช้ในฟลูอิไดซ์เบด ในการบำบัดน้ำเสีย

จากรูป 4.21 พื้นผิวหน้าตัวกลางอิฐ มีความพรุนโดยเฉลี่ยประมาณ 10 ไมครอนความพรุนนี้มีทั่วทั้งบริเวณผิวหน้าตัวกลาง มีความแตกต่างอย่างชัดเจนจากตัวกลางที่เป็นอิฐผสม จากลักษณะความพรุนสูงนี้จึงเป็นส่วนที่ให้จุลินทรีย์ยึดเกาะได้ดี และเมื่อนำไปบำบัดน้ำเสียดูประสิทธิภาพการบำบัดแล้วพบว่าอิฐจะให้ประสิทธิภาพการบำบัดได้ดีกว่า

4.4.2 การเติบโตของชั้นฟิล์มจุลินทรีย์

ทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM โดยดูชั้นฟิล์มที่มาเกาะบนตัวกลาง เป็นลักษณะของมวลจุลินทรีย์ที่เกาะอยู่บนตัวกลางตั้งแต่เริ่มทำการทดลอง เป็นช่วงที่เม็ดตัวกลางไม่มีจุลินทรีย์เกาะจนถึงจุลินทรีย์เกาะได้สมบูรณ์บนเม็ดตัวกลางชนิดนั้น ๆ



รูปที่ 4.22 SEM ดูหลังจากทำการทดลอง 8 วัน ในเครื่องฟลูอิไดซ์เบด ตัวกลางที่เป็นอิฐ

รูปที่ 4.23 SEM ดูหลังจากทำการทดลอง 17 วัน ในเครื่องฟลูอิไดซ์เบด ตัวกลางที่เป็นอิฐ

รูปที่ 4.24 SEM ดูหลังจากทำการทดลอง 28 วัน ในเครื่องฟลูอิไดซ์เบด ตัวกลางที่เป็นอิฐ

จากรูปที่ 4.22-4.24 เป็นศึกษาการเกาะของจุลินทรีย์ในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบด จากรูปที่ 4.22 หลังจากการเริ่มเดินระบบครั้งแรกจุลินทรีย์จะเกาะเป็นเมือกหนาแน่น และรูปที่ 4.23 หลังจาก 17 วันจุลินทรีย์เกาะบนตัวกลางจะมีการผสมกันระหว่าง Filamentous , nonfilamentous และ short rod microorganisms โดยจะเกาะบนตัวกลางมีความหนาแน่นมาก รูปที่ 4.24 หลังจากเริ่มเดินเครื่อง 28 วัน จุลินทรีย์ที่เกาะจะเป็น filamentous เป็นส่วนใหญ่ และมี short rod microorganisms บ้างเล็กน้อย นั่นคือเป็นช่วงที่จุลินทรีย์เริ่มโตเต็มที่ขนาดจะมีความยาวมากขึ้นและเป็นช่วงที่นำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งในการบำบัดน้ำเสียจะมีจุลินทรีย์ที่เป็น long filamentous microorganisms เป็นส่วนใหญ่

จากลักษณะจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในระบบเป็นจุลินทรีย์ที่มักพบกันเสมอในระบบที่ใช้กระบวนการบำบัดทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน เช่น ในระบบเลี้ยงตะกอนเร่ง ระบบโปรยกรองจุลินทรีย์ ระบบจานหมุนชีวภาพ และ อื่น ๆ ทั้งนี้จุลินทรีย์ที่อยู่ในระบบฟลูอิไดซ์เบดนี้ส่วนมากจะประกอบไปด้วยจุลินทรีย์ที่มีลักษณะแขวนลอย และจุลินทรีย์ที่เกาะติดกับเม็ดตัวกลาง ในส่วนของจุลินทรีย์ที่เคลื่อนที่อิสระ (Free Swimming Ciliates) ได้แก่ Arcella , Astasia จุลินทรีย์ที่มีก้ิงก้าน (Stalked Ciliates) ได้แก่ Epistles Sp. Opercularia Sp. จุลินทรีย์ที่เป็นเมือก (Slime Bacterias) จุลินทรีย์อื่นอีกมาก เช่นพวก Zoogloea ramigera ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่จับตัวเป็นกันเป็นกลุ่มหนาแน่น ในระบบที่เข้าสู่ภาวะคงตัวอาจจะพบจุลินทรีย์พวกชั้นสูงในน้ำเสีย ได้แก่ Plulodina roscola , Squatinella motica จุลินทรีย์พวกนี้จะอยู่ในน้ำเสียเป็นส่วนมากซึ่งจะไม่เกาะบนเม็ดตัวกลาง แต่มีส่วนในการบำบัดน้ำเสียด้วยเช่นเดียวกันกับจุลินทรีย์ที่เกาะบนเม็ดตัวกลาง

4.5 การเปรียบเทียบกับระบบบำบัดน้ำเสียอื่น ๆ

- ระบบฟลูอิไดซ์เบดแบบจุลินทรีย์ใช้ออกซิเจน (Aerobic Fluidized-bed)
- ระบบเลี้ยงตะกอนเร่ง (Activated Sludge)

4.5.1 ระบบบำบัดน้ำเสียฟลูอิไดซ์เบดของงานวิจัยในอดีต

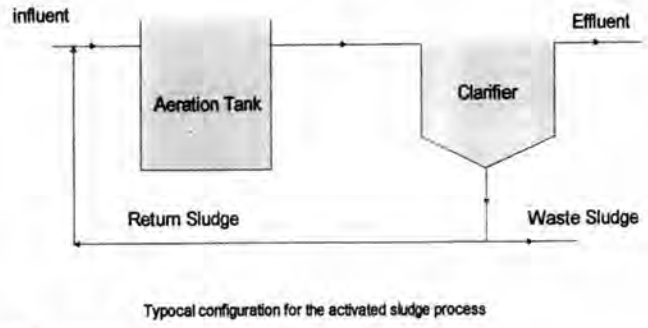
ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบระบบบำบัดน้ำเสียฟลูอิไดซ์เบด

ตัวแปร	John,M (Two reactor , O_2)	Nutt, S.G. and et.	งานวิจัยที่ศึกษา
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง(cm.)	25.4 , 25.4	30.5	28
ความสูงเครื่องปฏิกรณ์ (m.)	3.66, 3.66	4.27	2.6
ความสูงของเม็ดตัวกลางที่อยู่ในเบด	1.83 , 1.83 m. (50% height bed)	2.9 m. (68 % height bed)	0.40 m. (15 % height bed)
อากาศ	Pure O_2	Pure O_2	อากาศ
ชนิดของตัวกลาง	Sand, 0.5 mm.	Sand, 0.48 mm.	Brick, 0.42 mm.
ระยะเวลากักเก็บ (min.)	46.6 98.4 % BOD_5	24 90.2 % BOD_5	40.8 93.1 %BOD_5

ตัวแปร	John,M (Two reactor , O_2)	Nutt, S.G. and et.	งานวิจัยที่ศึกษา
อัตราส่วนการเวียนน้ำเสียกลับ (R:Q)	-	3:1	-
ชนิดของน้ำเสีย	Carbohydrate	Domestic water	Domestic water
อุณหภูมิ (°C)	12.1	16	33.6
ตะกอนแขวนลอยในเครื่องปฏิกรณ์ (MLSS), mg/l	30000	24000	12500

จากตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบการบำบัดน้ำเสียพบว่าของ John,M. และ Nutt, S.G. เป็นระบบฟลูอิไดซ์เบดที่ใช้ออกซิเจนโดยตรง ส่วนในงานวิจัยที่ทำเป็นแบบใช้อากาศ ซึ่งประสิทธิภาพการถ่ายโอนมวลออกซิเจนของระบบที่เป็นแบบใช้ออกซิเจนเพียงอย่างเดียวจะดีกว่าที่ใช้อากาศ แต่ข้อเสียต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงกว่าเมื่อใช้แบบอากาศเติม สิ่งที่สำคัญคือความเข้มข้นจุลินทรีย์ในระบบพบว่า John,M. มีค่า 30000 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Nutt, S.G. มีค่า 24000 มิลลิกรัมต่อลิตร ในงานวิจัยที่ทำมีค่า 12500 มิลลิกรัมต่อลิตร นั่นคือ ระบบที่ทำอยู่นี้มีจุลินทรีย์ภายในเครื่องต่ำกว่าทั้งสองงานวิจัยจึงเป็นเหตุให้การบำบัดน้ำเสียต้องใช้เวลานานกว่า โดยดูจากระยะเวลากักเก็บของเครื่องพบว่า John,M. มีระยะเวลากักเก็บ 46.6 นาที ที่ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี 98.4 เปอร์เซ็นต์ และ Nutt, S.G.มีระยะเวลากักเก็บ 24 นาที ที่ประสิทธิภาพของการบำบัดบีโอดี 90.2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในงานวิจัยมีค่า 40.08 นาที ที่ 93.1 เปอร์เซ็นต์

4.5.2 ระบบเลี้ยงตะกอนเร่ง (Activated Sludge)



รูปที่ 4.25 ระบบเลี้ยงตะกอนเร่ง สุเมธ (2535)

ระบบเลี้ยงตะกอนเร่งหลักการทำงานทั่วไป น้ำเสียจะเข้าถังเติมอากาศที่มีจุลินทรีย์ภายใน การย่อยสลายสารอินทรีย์จะเกิดขึ้นในถังเติมอากาศนี้ จากนั้นน้ำจะไหลออกเข้าถังตกตะกอน ถังนี้จะแยกเอาส่วนน้ำเสียที่ใสออกด้านบนและตะกอนจุลินทรีย์บางส่วนจะนำกลับลงในถังเติมอากาศเพื่อเพิ่มตะกอนจุลินทรีย์ และรักษาความเข้มข้นของจุลินทรีย์ภายในถังเติมอากาศ

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบระบบเลี้ยงตะกอนเร่ง สุเมธ, (2535) กับระบบฟลูอิไดซ์เบด Forster,C.F.(1986)

Process Modification	Volumetric loading (kg BOD_5/ m^3.d)	Qc (d)	F/M ratio (kg BOD_5applied/ kg MLVSS.d)	MLSS (mg/l)	HRT (h)
Conventional A.S	0.32 - 0.64	5-15	0.2-0.4	1500 - 3000	4 - 8
Extended A.S	0.16 - 0.40	20-30	0.05-0.15	3000 - 6000	18 - 36
High-rate A.S.	1.6 – 16	5-10	0.4-1.5	4000 - 10000	2 - 4
Aerobic Fluidized-bed	2.0-18	3-10	0.3-0.65	15000 - 30000	18 - 40 min
งานวิจัย	14-18	8	0.3-0.4	9000-12000	40.08 min.

จากตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบระบบฟลูอิไดซ์เบดกับระบบเลี้ยงตะกอนเร่ง ส่วนที่สำคัญคือตะกอนจุลินทรีย์ของระบบฟลูอิไดซ์เบดมีค่าสูงกว่าระบบเลี้ยงตะกอนเร่งนั่นคือเป็นเหตุที่ทำให้ระยะเวลากักเก็บ (HRT) ของระบบฟลูอิไดซ์เบดต่ำ (18-40 นาที) ถ้าอัตราการไหลของน้ำเสียเท่ากับปริมาตรเครื่องปฏิกรณ์ของระบบฟลูอิไดซ์เบดจะเป็น 1/5 – 1/10 เท่าถังเติมอากาศของระบบเลี้ยงตะกอนเร่ง สิ่งที่ตามมาคือพื้นที่ในการติดตั้งเครื่องฟลูอิไดซ์เบดจะใช้น้อยกว่าของระบบเลี้ยงตะกอนเร่งในระบบฟลูอิไดซ์เบดมีตะกอนจุลินทรีย์อยู่ในช่วง 15000-30000 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นระบบนี้จะสามารถรับ Shock Load ได้ดี

4.5.2.1 เปรียบเทียบค่าไฟฟ้าและสารเคมีที่เติม ของระบบเลี้ยงตะกอนเร่งกับฟลูอิไดซ์เบด

เลี้ยงตะกอนเร่ง(Activated Sludge) ของการบำบัดน้ำเสียโรงงานเบียร์ บริษัทบุญรอดบริวเวอรี่ จำกัด (ข้อมูลปี 2537) อัตราการไหลของน้ำเสีย 5000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ค่าบีโอดีน้ำเสียขาเข้า 1500 มิลลิกรัมต่อลิตร บำบัดแล้วค่าบีโอดีต่ำกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

รวมค่าไฟฟ้า 400 kw-h X24 h = 9600 kw-h/d

คิดเป็น 9600/5000 = 1.92 kw-h / m^3

คิดค่าไฟฟ้า 1.62 บาทต่อหน่วย รวมค่าไฟฟ้าและสารเคมี 30502 บาท/วัน

ค่าใช้จ่ายสารเคมีและค่าไฟฟ้า

= 6.10 บาทต่อลูกบาศก์เมตรของน้ำเสีย

ระบบบำบัดน้ำเสียฟลูอิไดซ์เบดของงานวิจัย

อัตราการไหลของน้ำเสีย 6 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ค่าบีโอดีน้ำเสียขาเข้า 433.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการบำบัด 93.08 เปอร์เซ็นต์

ค่าสารเคมี(Urea & Phosphoric acid) = 1.47 บาท / วัน

ค่าไฟฟ้า 8.42 kw-h/d คิดเป็น 8.42 / 6 = 1.403 kw-h/m^3

คิดค่าไฟฟ้า 1.62 บาทต่อหน่วย (เท่ากับระบบเลี้ยงตะกอนเร่ง)

= 13.64 บาท / วัน

ค่าใช้จ่ายสารเคมีและค่าไฟฟ้า

= 2.52 บาทต่อลูกบาศก์เมตรของน้ำเสีย