บทที่ 3

แผนการทดลองและการดำเนินงานวิจัย

สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1 ข้อมูลแผนการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงประสิทธิภาพของถังปฏิกิริยาอีจีเอสบีต่อการบำบัดน้ำเสีย โดยมุ่งศึกษาถึงประสิทธิภาพของระบบอีจีเอสบีในการบำบัดน้ำเสียที่ใช้ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (Organic Loading Rate) สูงมากกว่างานวิจัยที่ผ่านมาของพัชรินทร์ นันทิวาวัฒน์ (2546) คือค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงถึง 40 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน และเปลี่ยนแปลงความเร็วไหลขึ้น (Upflow Velocity) ที่ค่าต่าง ๆ โดยเลือกน้ำเสียอุตสาหกรรมโรงงานแป้งมันสำปะหลังมาใช้ในงานวิจัยนี้ เนื่องจากยังไม่มีผู้ใดศึกษา นอกจากนี้ยังศึกษาถึงการขยายตัวของชั้นสลัดจ์และอัตราผลิตก๊าซชีวภาพของระบบอีจีเอสบี

ตารางที่ 3.1 ความแตกต่างระหว่างงานวิจัยของผู้วิจัยและของพัชรินทร์ นันทิวาวัฒน์ (2546)

ข้อมูลของงานวิจัย	งานวิจัยนี้	พัชรินทร์ นันทิวาวัฒน์ (2546)
ความเร็วไหลขึ้น	3 5 และ 7 ม./ชม.	3 และ 5 ม./ชม.
ภาระบรรทุกสารอินทรีย์	10 20 และ 40 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน	5 10 15 และ 25 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน
น้ำเสียที่ใช้ทดลอง	โรงงานแป้งมันสำปะหลัง	โรงงานสุราแสงโสม

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง มีดังนี้

1) ถังพักน้ำเสีย

ใช้ถังพลาสติกที่มีปริมาตร 100 ลิตร 2 ชุด

ถังพักน้ำทิ้ง ใช้ถังพลาสติกขนาด 30 ลิตร 2 ชุด

2) เครื่องสูบน้ำเสียเข้าสู่ระบบและเครื่องสูบน้ำเสียหมุนเวียน

ถังปฏิกรณ์อีจีเอสบี 1 ชุด ประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำ 2 เครื่อง ได้แก่ เครื่องสูบน้ำเสียเข้าสู่ระบบ 1 ตัว และเครื่องสูบน้ำเสียเวียนกลับเข้าระบบอีก 1 ตัว น้ำเสียจะถูกสูบเข้าสู่ระบบอย่างต่อเนื่องจากถังพักน้ำเสียไปยังทางเข้าของถังปฏิกรณ์อีจีเอสบีที่อยู่ด้านล่างของถัง

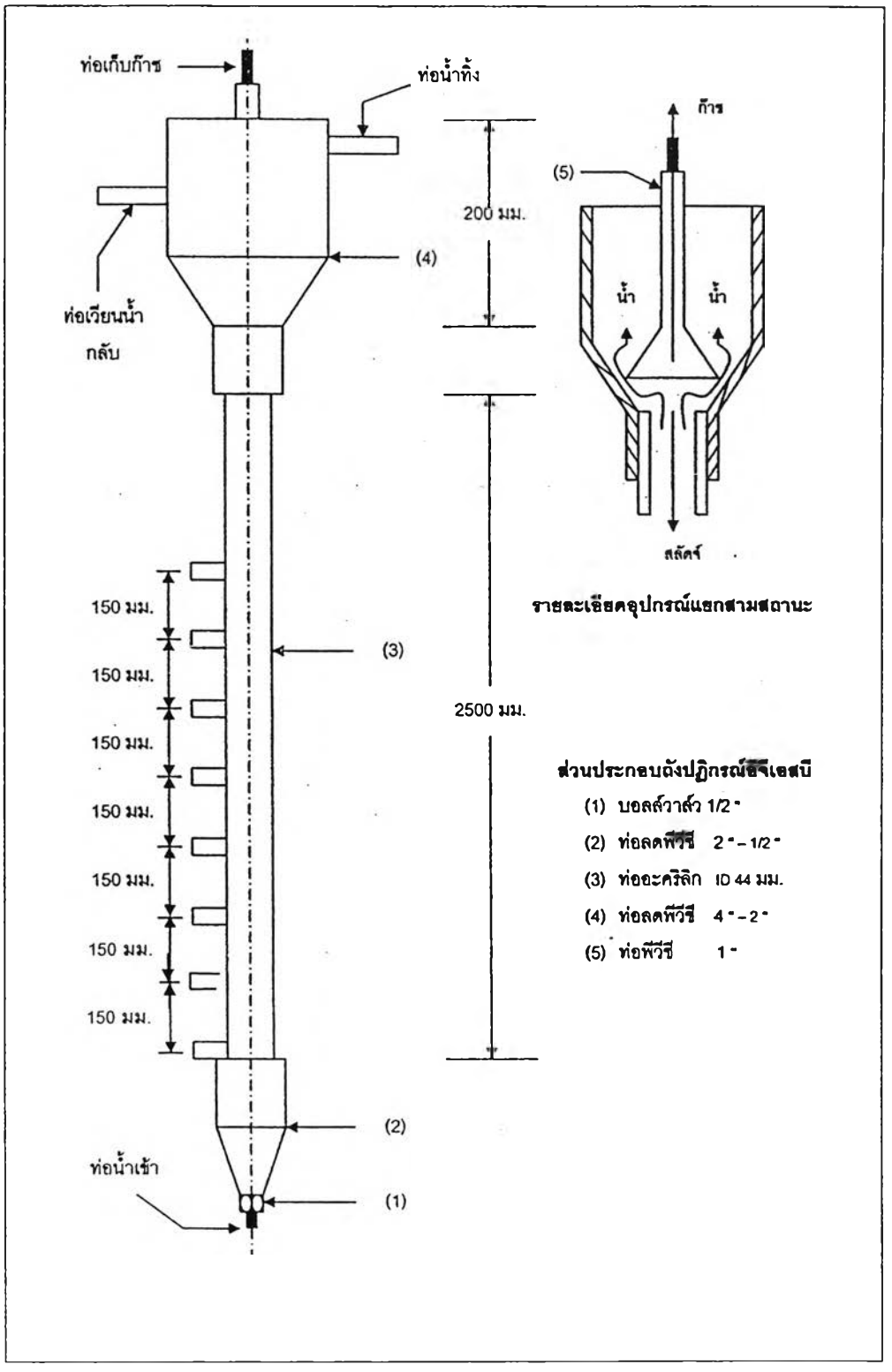
ปฏิกรณ์ ในขณะเดียวกันทางเข้านี้ก็มีน้ำเสียที่ถูกสูบโดยเครื่องสูบน้ำหมุนเวียนเพื่อนำน้ำเสียมาเข้าสู่ระบบอย่างต่อเนื่อง

3) ถังปฏิกรณ์อีจีเอสบี

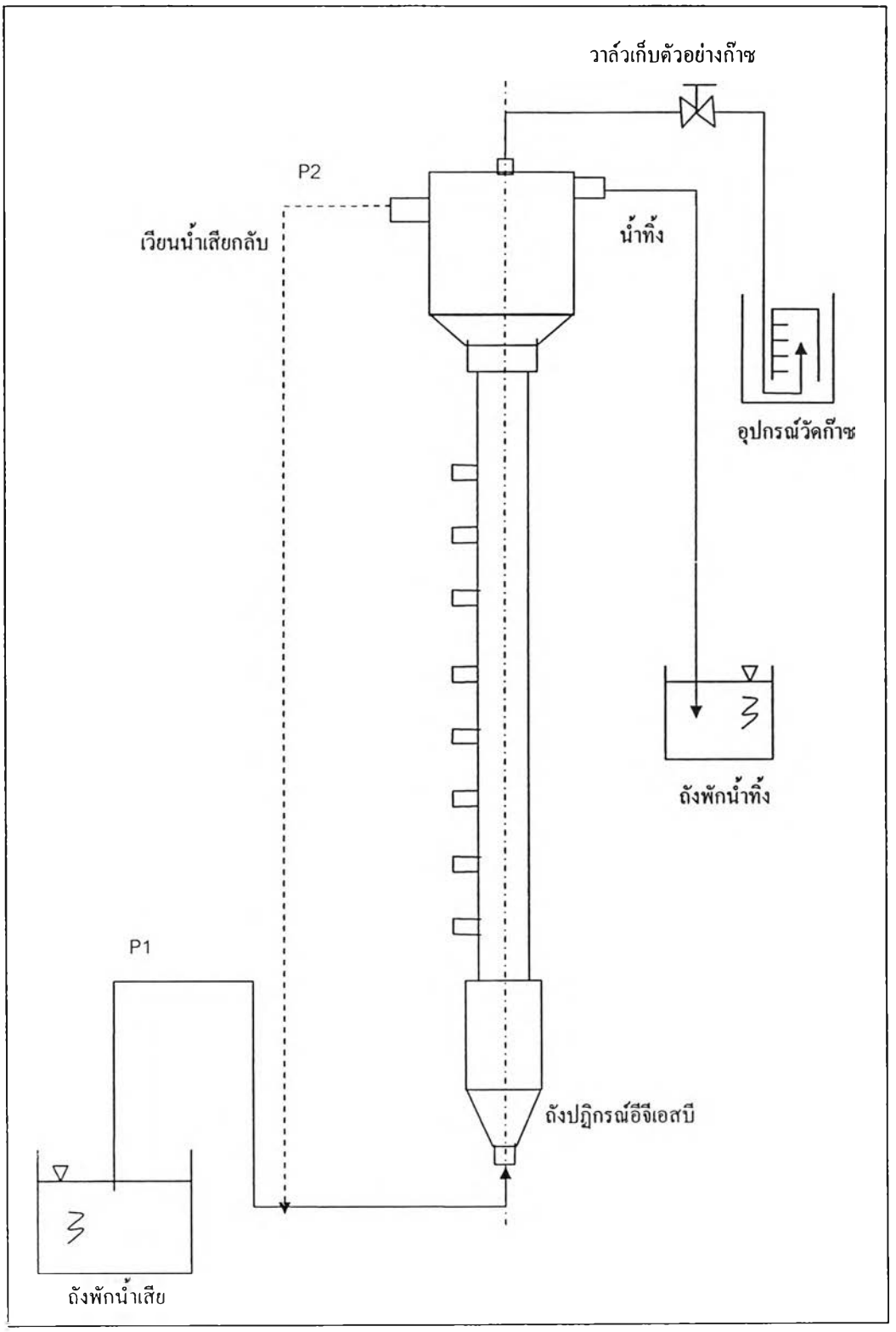
แบบจำลองถังปฏิกรณ์อีจีเอสบี ใช้แบบจำลองระดับห้องปฏิบัติการเป็นท่ออะคริลิกใสมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 4.4 ซม. จำนวน 2 ชุด ประกอบด้วย ส่วนย่อยสลายสูง 2.5 ม. และส่วนตกตะกอนซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำด้วยท่อพีวีซี สูง 0.20 ม. เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ซม. ส่วนตกตะกอนและส่วนย่อยสลายถูกแยกด้วยอุปกรณ์แยกสามสถานะ (Gas-Solid Separator: GSS) ซึ่งทำจากกรวยพลาสติกดัดปลาย และทำการติดตั้งส่วนดักตะกอน และติดตั้งวาล์วเก็บตัวอย่างน้ำและตะกอนข้างถังปฏิกรณ์ ดังรูปที่ 3.1

4) เครื่องวัดปริมาณก๊าซ

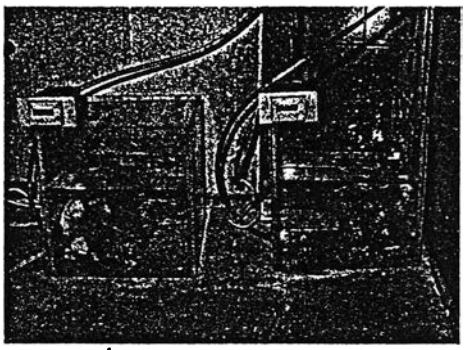
อุปกรณ์วัดปริมาณก๊าซมีจำนวน 2 ชุด ท่อนำก๊าซจากระบบอีจีเอสบีจะต่อเข้ากับอุปกรณ์วัดปริมาณก๊าซที่ทำงานโดยใช้หลักการแทนที่น้ำ และทำการปรับพีเอชน้ำให้ต่ำกว่า 3 เพื่อป้องกันการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณก๊าซที่วัดได้คือก๊าซทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากระบบ (มีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจน) ทำการวัดอย่างต่อเนื่องตลอดการทดลอง



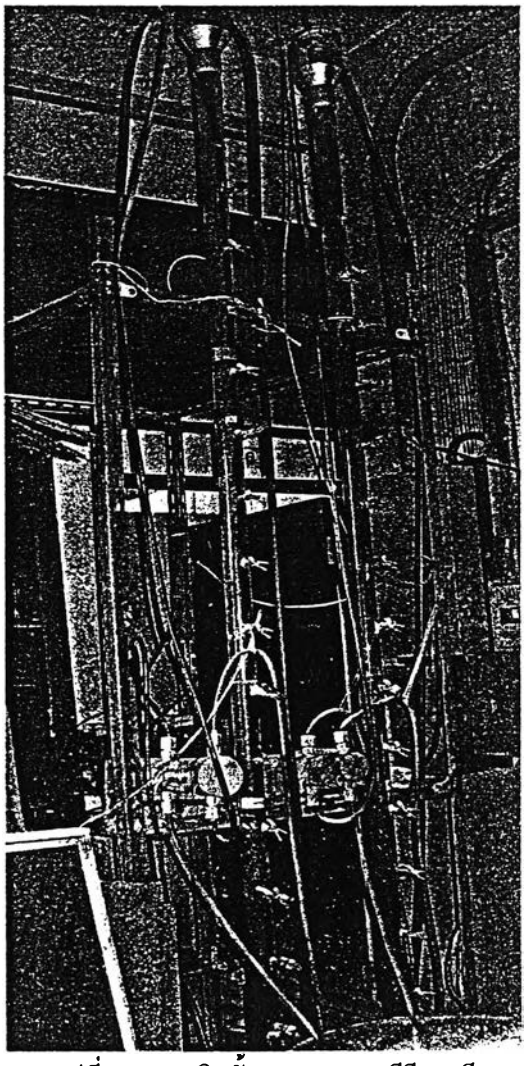
รูปที่ 3.1 แบบจำลองถังปฏิกรณ์อีจีเอสบี



รูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานของกระบวนการอีจีเอสบี



รูปที่ 3.3 อุปกรณ์วัดก๊าซชีวภาพ



รูปที่ 3.4 การติดตั้งกระบวนการอีจีเอสบี

3.2.2 การติดตั้งเครื่องมือและหลักการทำงานของระบบ

การติดตั้งเครื่องมือและหลักการทำงานของระบบอีจีเอสบี โดยทำการเริ่มต้นและการดำเนินระบบของถังปฏิกรณ์ทั้ง 2 ชุดพร้อมกัน โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1) เครื่องสูบน้ำเสียเข้าระบบ P1 สูบน้ำเสียจากถังเก็บน้ำเสียส่งเข้าไปยังทางเข้าของถังปฏิกรณ์อีจีเอสบี และเครื่องสูบน้ำหมุนเวียน P2 สูบน้ำเสียเวียนกลับมายังทางเข้าซึ่งเป็นจุดเดียวกัน

2) น้ำทิ้งที่ออกจากถังปฏิกรณ์อีจีเอสบีนี้จะไหลล้นต่อไปยังถังเก็บน้ำทิ้ง ก๊าซในระบบจะไหลผ่านอุปกรณ์แยกสามสถานะ (GSS) ไปยังอุปกรณ์วัดก๊าซ

3.3 แผนทดลองงานวิจัย

การเริ่มต้นระบบในการวิจัยนี้โดยการเติมหัวเชื้อ (Seed) ที่นำมาจากระบบยูเอเอสบีของโรงงานแป้งหมี่ ลงในถังปฏิกรณ์ทั้ง 2 ชุด ในปริมาณ 20 ก.วีเอสเอส/ล. จากนั้นทำการป้อนน้ำเสียเจือจางความเข้มข้นซีโอดีประมาณ 500 มก./ล. เข้าระบบปรับพีเอชด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) เพื่อให้พีเอชเท่ากับ 7 สูบน้ำเสียเข้าระบบสู่ถังปฏิกรณ์ทั้ง 2 ชุด โดยให้ใช้ความเร็วไหลขึ้นเริ่มต้นระบบที่ประมาณ 0.5 ม./ชม. เมื่อเชื้อจุลินทรีย์มีการปรับตัวโดยดูจากประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีของระบบไม่ต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ จึงเริ่มเพิ่มความเข้มข้นซีโอดีจนถึง 3,000 มก/ล. จากนั้นทำการปรับค่าความเร็วไหลขึ้นในถังปฏิกรณ์ชุดที่ 1 ไปตามแผนการทดลอง ถังปฏิกรณ์ชุดที่ 2 ก็กระทำเช่นเดียวกับถังปฏิกรณ์ชุดที่ 1 เพื่อเพิ่มความปั่นป่วนในชั้นสลัดจ์และเกิดการสัมผัสที่ดีระหว่างเม็ดสลัดจ์กับสารอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยปรับอัตราการสูบน้ำหมุนเวียนตามแผนการทดลอง

- ถังปฏิกรณ์ชุดที่ 1 ก่อนที่จะเดินระบบตามแผนการทดลองจะทำการทดลองให้รับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ เท่ากับ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ที่ความเร็วไหลขึ้นเท่ากับ 3 ม./ชม. เพื่อที่จะทำการเปรียบเทียบกับการทดลองที่รับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่ 20 และ 40 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ในความเร็วไหลขึ้น 3 ม./ชม. เช่นกัน จากนั้นจึงปรับให้รับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่ใช้ในงานวิจัยเท่ากับ 20 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน โดยทำการทดลองเปลี่ยนแปลงค่าความเร็วไหลขึ้น 3 ค่า คือ 3 5 และ7 ม./ชม. ตามแผนการทดลอง

- ถังปฏิกรณ์ชุดที่ 2 ให้มีภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่ใช้ในงานวิจัย เท่ากับ 40 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน โดยทำการทดลอง เปลี่ยนแปลงค่าความเร็วไหลขึ้น 3 ค่า เช่นเดียวกันกับถังปฏิกรณ์ชุดที่ 1 คือ 3 5 และ 7 ม./ชม. ตามแผนการทดลอง

Start up OLR = 10 kg.COD/m^3-d v = 3 m./hr. (60 วัน)	OLR = 20 kg.COD/m^3-d v = 3 m./hr. (45 วัน)	OLR = 20 kg.COD/m^3-d v = 5 m./hr (45 วัน)	OLR = 20 kg.COD/m^3-d v = 7 m./hr (45 วัน)

รูปที่ 3.5 แผนการทดลองงานวิจัยถังปฏิกรณ์ที่ 1

Start up OLR = 10 kg.COD/m^3-d v = 3 m./hr. (60 วัน)	OLR = 40 kg.COD/m^3-d v = 3 m./hr. (45 วัน)	OLR = 40 kg.COD/m^3-d v = 5 m./hr (45 วัน)	OLR = 40 kg.COD/m^3-d v = 7 m./hr (45 วัน)

รูปที่ 3.6 แผนการทดลองงานวิจัยถังปฏิกรณ์ที่ 2

แผนการดำเนินงานในการทำงานวิจัยนี้กำหนดให้ใช้ระยะเวลาดังรูปที่ 3.5 และ3.6 โดยในช่วงเริ่มต้นเดินระบบให้ใช้ความเร็วไหลขึ้นเท่ากับ 0.5 ม./ชม. ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ใช้เวลาประมาณ 60 วันระบบจึงจะเข้าสู่สภาวะสมดุล ในการทดลองจะแบ่งออกเป็นการทดลอง 2 ช่วง การทดลองที่ 1 จะเป็นการศึกษาผลของการใช้ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่ต่างกัน ความเร็วไหลขึ้นเท่ากัน ในการบำบัดน้ำเสียแป้งมันสำปะหลัง การทดลองที่ 2 เป็นการศึกษาผลของความเร็วไหลขึ้นต่าง ๆ ในการบำบัดน้ำเสียแป้งมันสำปะหลังที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูง แต่ละการทดลองใช้เวลาทำการทดลองจนระบบเข้าสู่สภาวะสมดุลคาดว่าประมาณ 45 วัน รวมระยะเวลาในการทดลองทั้งสิ้นประมาณ 6.5 เดือน โดยทำการเดินระบบทั้งสองการทดลองพร้อมกัน

การปรับอัตราสูบน้ำเข้าระบบของการทดลอง ในการทดลองที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 10 20 และ 40 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ที่ความเร็วไหลขึ้น3 5 และ 7 ม./ชม. ทำการป้อนน้ำเสียเข้าระบบและให้อัตราการหมุนเวียนน้ำกลับเข้าสู่ระบบโดยใช้ข้อมูลดังตารางที่ 3.2 และ 3.3

ตารางที่ 3.2 แผนการทดลองที่ใช้ในงานวิจัยช่วงที่ 1

ถัง ปฏิกรณ์	ภาระบรรทุก สารอินทรีย์ : OLR (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	ความเร็ว ไหลขึ้น (ม./ชม.)	HRT (ชม.)	อัตราการสูบ น้ำเสีย : Qin (ล./วัน)	อัตราการสูบน้ำ หมุนเวียน : Qr (ล./วัน)	อัตราสูบน้ำเสีย เข้าทั้งระบบ (ล./วัน)
1	10	3	7.2	12.7	97.3	110
2	20	3	3.6	25	85	110
3	40	3	1.8	50	60	110

ตารางที่ 3.3 แผนการทดลองที่ใช้ในงานวิจัยช่วงที่ 2

ถัง ปฏิกรณ์	ภาระบรรทุก สารอินทรีย์ : OLR (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)	ความเร็ว ไหลขึ้น (ม./ชม.)	HRT (ชม.)	อัตราการสูบ น้ำเสีย : Qin (ล./วัน)	อัตราการสูบน้ำ หมุนเวียน : Qr (ล./วัน)	อัตราสูบน้ำเสีย เข้าทั้งระบบ (ล./วัน)
1	20	3	3.6	25	85	110
		5	3.6	25	157	182
		7	3.6	25	230	255
2	40	3	1.8	50	60	110
		5	1.8	50	132	182
		7	1.8	50	205	255

3.4 การเตรียมน้ำเสีย

3.4.1 ส่วนประกอบน้ำเสีย

น้ำเสียนำมาจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง โดยมีข้อมูลเบื้องต้นของน้ำเสียนี้ ดังที่แสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ข้อมูลเบื้องต้นของน้ำเสียจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังที่ใช้ในการทดลอง

พารามิเตอร์	ช่วงค่าของข้อมูล
พีเอช	5.08-5.82
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	28.3-30.2
ซีโอดี (มก./ล.)	15,540-19,428
ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	4,650-7,139
ทีเคเอ็น (มก./ล.ไนโตรเจน)	219-328
ฟอสฟอรัส (มก./ล.ฟอสเฟต)	32-57

3.4.2 วิธีการเตรียมน้ำเสีย

นำน้ำเสียจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังที่ มีค่าซีโอดีประมาณ 18,400 มก./ล. มาเจือจางให้น้ำเสียมีค่าซีโอดีเหลือ 3,000 มก./ล. โดยนำน้ำเสียจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังมาผสมกับน้ำประปาในอัตราส่วน 1 : 6 เพื่อให้ได้ค่าซีโอดีประมาณ 3,000 มก./ล. จากนั้นนำน้ำเสียที่เจือจางแล้วทำการปรับค่าพีเอชให้มีค่าประมาณ 7 เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

3.5 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์

การใช้ระบบอีจีเอสบีในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง มีพารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์และความถี่ในการเก็บตัวอย่าง แสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ตัวอย่างและพารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์

พารามิเตอร์	ทางน้ำเข้า	ทางน้ำออก	ความถี่ในการวิเคราะห์
พีเอช	x	x	A
อุณหภูมิ	x	x	A
กรดไขมันระเหย	x	x	B
ซีโอดี	x	x	B
โออาร์พี	-	x	B
บีโอดี	x	x	C
ทีเคเอ็น	x	x	C
เอสเอส และ วีเอสเอส	x	x	D
สภาพด่างทั้งหมด	x	x	B
ปริมาณก๊าซชีวภาพ	จุดระบายก๊าซ		A
เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทน	จุดระบายก๊าซ		F
ความสามารถจำเพาะในการสร้างมีเทน	ระดับ 0.45 / 1.05 /1.5 ม.จากก้นถัง		E
โครงสร้างเม็ดสลัดจ์	ถังปฏิกรณ์		E
การกระจายตัวของจุลินทรีย์ : (SS/VSS)	ท่อเก็บตัวอย่างตะกอนในถัง		E
ความเร็วการตกตะกอน	ระดับ 0.45 / 1.05 /1.5 ม.จากก้นถัง		E
ขนาดเม็ดตะกอน	ระดับ 0.45 / 1.05 /1.5 ม.จากก้นถัง		E

หมายเหตุ A หมายถึง วันจันทร์ ถึง วันศุกร์ B หมายถึง 3 ครั้ง / สัปดาห์
C หมายถึง 1 ครั้ง / สัปดาห์ D หมายถึง 2 ครั้ง / สัปดาห์
E หมายถึง เริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง F หมายถึง สิ้นสุดการทดลอง

ตารางที่ 3.6 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์และวิธีวิเคราะห์

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
พีเอช	เครื่องวัดพีเอช
อุณหภูมิ	เทอร์โมมิเตอร์
กรดไขมันระเหย	Close Reflux
ซีโอดี	Dilution Method
โออาร์พี	เครื่องวัดโออาร์พี
บีโอดี	Direct Titration
ทีเคเอ็น	วิธี Total Kjedahl Nitrogen
เอสเอส และ วีเอสเอส	GF/C Filter
สภาพด่างทั้งหมดปริมาณ	วิธี Direct Titration ของDilallo & Albertson
ก๊าซชีวภาพ	เครื่องเก็บก๊าซแทนที่น้ำ
เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทน	เครื่อง GC (Gas Chromatography)
โครงสร้างเม็ดสลัดจ์	SEM(Scanning Electron Microscope)
การกระจายตัวของจุลินทรีย์ : (SS/VSS)	GF/C Filter
ความเร็วการตกตะกอน	Batch-Settling Test (Schroeder, 1977)
ขนาดเม็ดตะกอน	Particle Size Analyser
ความสามารถจำเพาะในการสร้างมีเทน	Methanogenic Activity Test (Koster และคณะ, 1986)