บทที่ 3

อุปกรณ์และการทดลอง

3.1 คุณลักษณะน้ำกากส่าที่ใช้ในการทดลอง

น้ำกากส่าเป็นน้ำทิ้งที่ออกจากหอกลั่น (Distillation Column) ส่วนใหญ่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ต่าง ๆ ได้แก่ น้ำตาล สี คาราเมล และตะกอน ซึ่งเป็นพวก dead yeast cells น้ำกากส่านี้มีสีน้ำตาลเข้ม ขุ่น ทึบแสงและมีกลิ่นคล้ายกลิ่นน้ำตาล น้ำกากส่าที่ใช้ในการทดลอง นำมาจากโรงงานสุราแสงโสม จังหวัดนครปฐม ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของน้ำกากส่าจากทางโรงงาน แสดงในตารางที่ 3.1 (โรงงานสุราแสงโสม ฝ่ายเทคนิค, 2520)

ตารางที่ 3.1 คุณลักษณะของน้ำกากส่า

Temperature	95-100°C
BOD_5	35000 มก.ต่อลิตร
COD	100000 มก.ต่อลิตร
pH	4.5
Total Solids	10-11%
Suspended Solids	1.5%
Total Nitrogen	1000 มก.ต่อลิตร
K or K_2O	5000 มก.ต่อลิตร
Phosphate (P)	85 มก.ต่อลิตร
SO_4^{-2}	4435 มก.ต่อลิตร
Na^+	120 มก.ต่อลิตร
Ca^+	1682 มก.ต่อลิตร

สำหรับน้ำกากส่าที่นำมาใช้ในการทดลองนี้ มีคุณลักษณะดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 คุณลักษณะน้ำกากส่าที่ใช้ตลอดการทดลอง

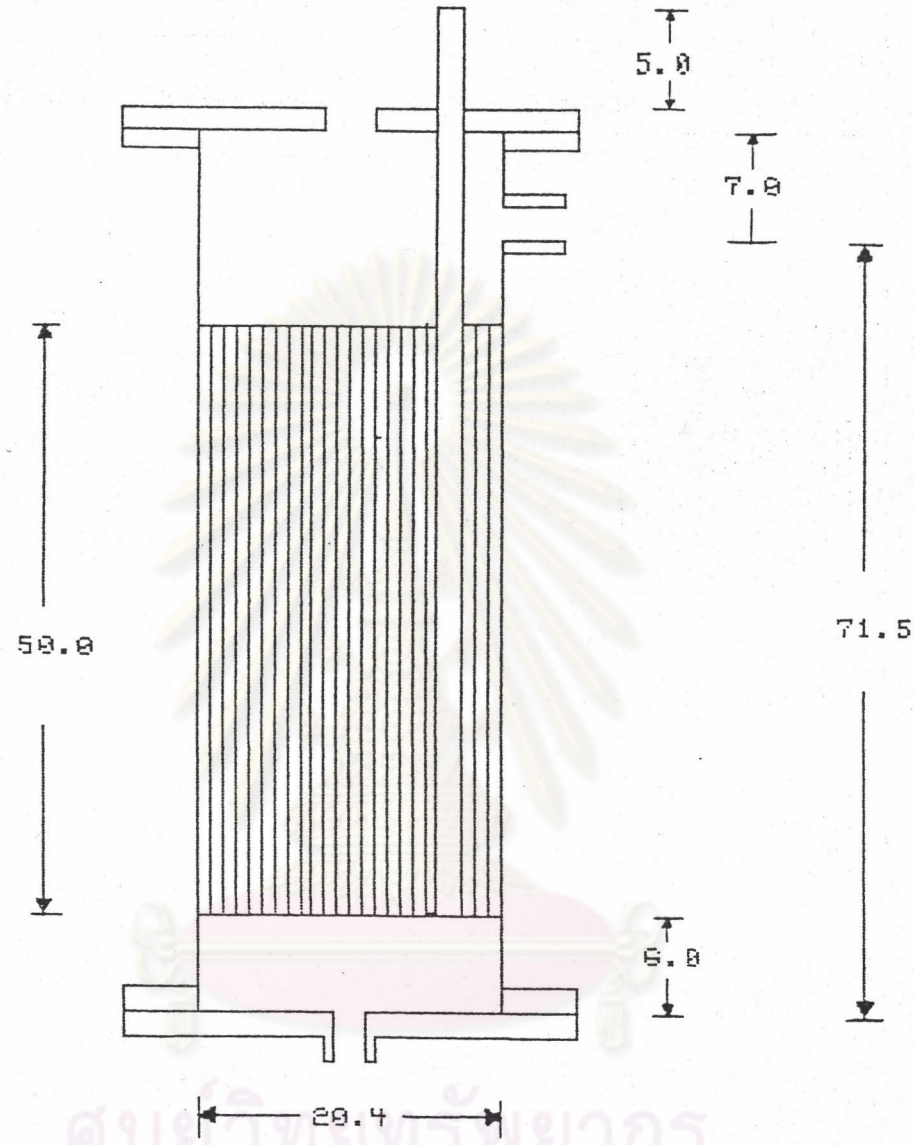
ตัวแปรที่ทำการวิเคราะห์ (หน่วย)	ค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุด
pH	4.1 - 5.1
COD (มก.ต่อลิตร)	71300 - 112000
Alk (มก.ต่อลิตร)	1910 - 2670
VFA (มก.ต่อลิตร)	620 - 1170
TS (มก.ต่อลิตร)	83120 - 113185
SS (มก.ต่อลิตร)	3330 - 7320
SO_4^{2-} (มก.ต่อลิตร)	4830 - 6220

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.2.1 ตัวกรองแอนแอโรบิค (Anaerobic Filter) มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกแนวตั้ง ทำด้วยวัสดุ PVC มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 20.4 เซนติเมตร สูง 78.5 เซนติเมตร ปริมาตรใช้งาน 19 ลิตร ภายในบรรจุตัวกลาง(packing media) ซึ่งเป็นท่อ PVC ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 1.5เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 1.7 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร มีพื้นที่ผิวจำเพาะ (specific surface area) เท่ากับ 0.0018 ตารางเมตรต่อลูกบาศก์เมตร จำนวน 101 ท่อ บรรจุตามแนวตั้งของถังหมัก นอกจากนี้ยังประกอบด้วยท่อ PVC ขนาดใหญ่ กล่าวคือ มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 2.8 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 3.4 เซนติเมตร ภายในท่อบรรจุลวดเชื่อม PVC (ใช้สำหรับกรณีที่ต้องการดูการเกาะติดของเชื้อบนผิวตัวกลาง) ดังรูปที่ 3.1 และรูปที่ 3.2

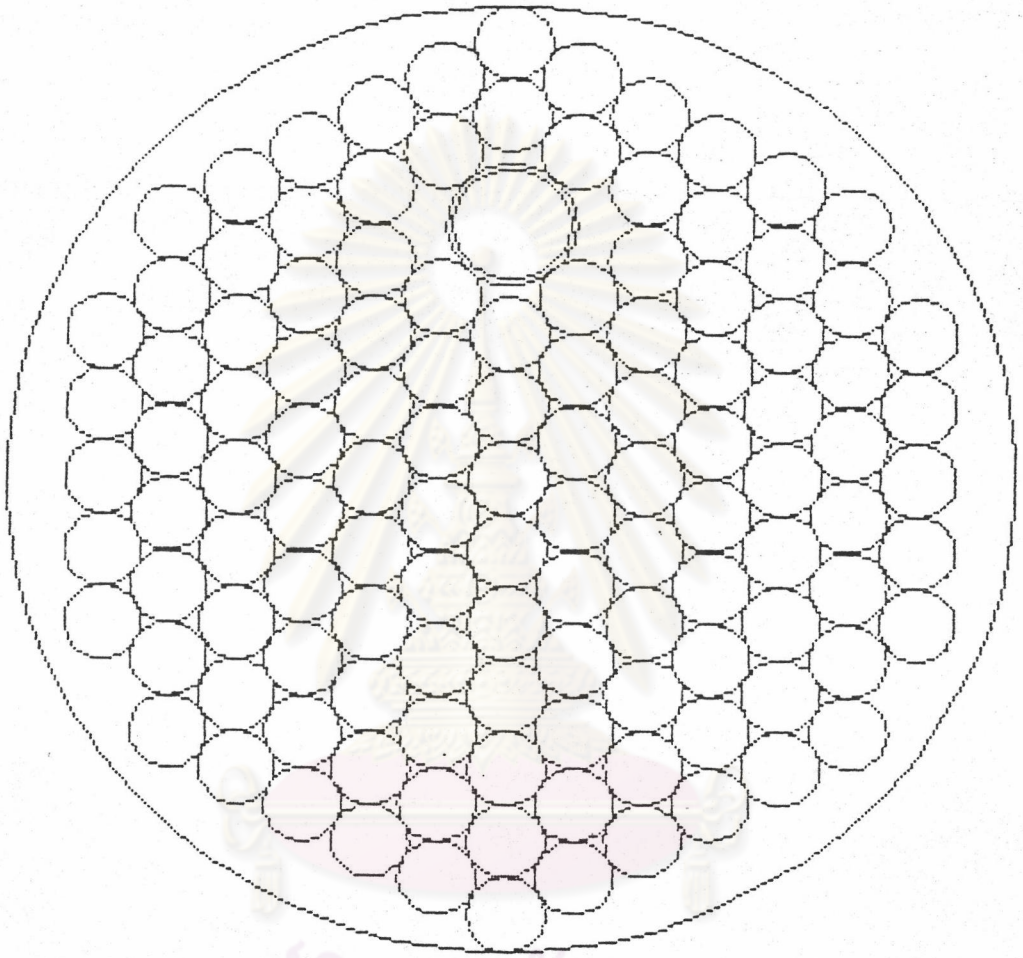
3.2.2 เครื่องสูบน้ำกากส่าเข้าระบบ (Pump) ประเภท diaphram pump ผลิตโดย Nikon Feeder Industrial Co,Ltd. Model : HP21

3.2.3 เครื่องควบคุมการทำงานของปั๊ม ใช้สำหรับควบคุมการปิด-เปิด ปั๊มให้ทำงานตามต้องการ โดยสามารถตั้งเวลาได้ เพื่อให้สามารถควบคุมอัตราสูบคงที่ตามต้องการ



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.1 ตัวกรองแอนแนโรบิค (Anaerobic Filter) ที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 3.2 ลักษณะของตัวกลาง (Packing Media) ภายในถังหมักเมื่อมองจากด้านบน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.4 เครื่องวัดแก๊ส (Gas Meter) ทำด้วยพลาสติกอะครีลิก (Acrylic) ใช้วัดปริมาตรแก๊สโดยการแทนที่น้ำ แก๊สที่เกิดขึ้นจะออกจากถังหมักมาตามสายยางเข้าสู่ทางด้านล่างของเครื่องวัด และเมื่อผ่านออกจากเครื่องวัดแล้วจะถูกระบายออกทางด้านบน ดังรูปที่ 3.3 เครื่องวัดนี้จะต่อเข้ากับเครื่องนับจำนวน (Counter) ซึ่งนับจำนวนครั้งของการพลิกของกล่องพลาสติก ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นในแต่ละวันสามารถคำนวณได้โดยการนับ 1 ครั้งจะได้ปริมาตรแก๊สเฉลี่ย 1.41×10^{-5} ลูกบาศก์เมตร (14.1 มิลลิลิตร)

3.2.5 ถังเตรียมน้ำกากส่าเพื่อป้อนเข้าสู่ระบบและถังใส่น้ำทิ้งออกจากระบบ ลักษณะเป็นถังพลาสติก ความจุ 15 ลิตร

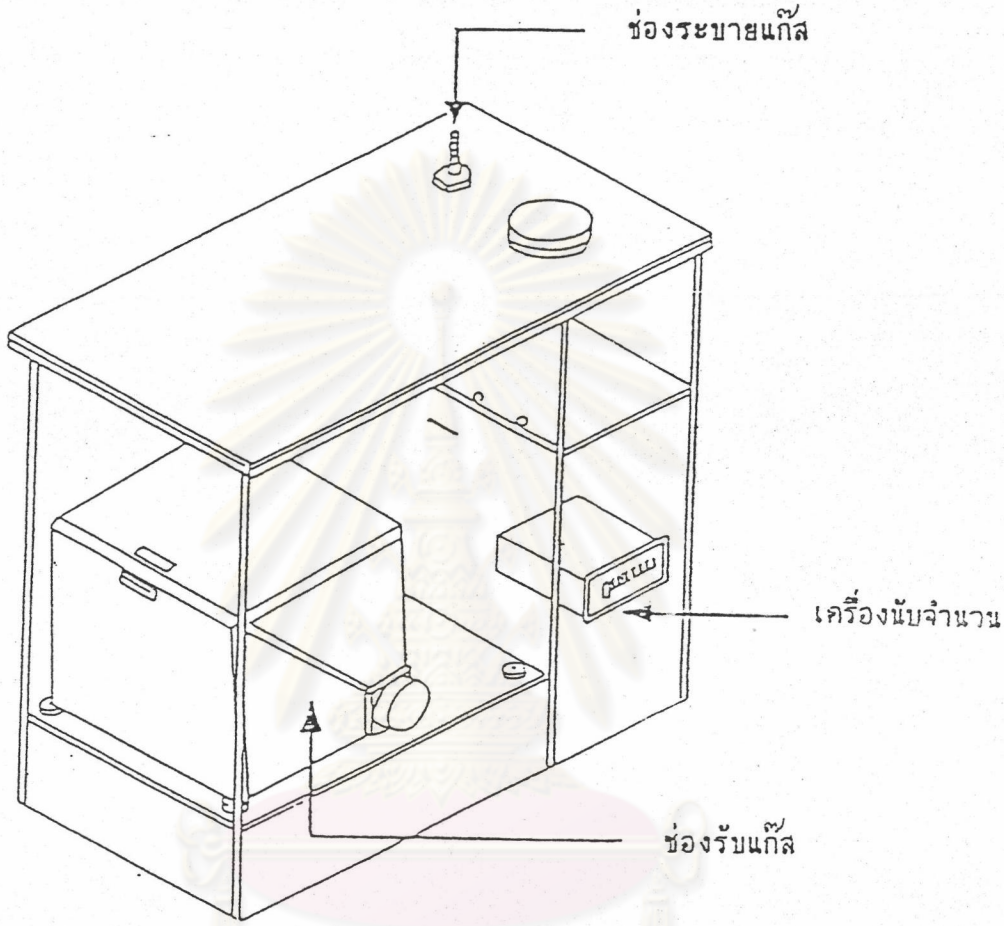
3.2.6 ถังตกตะกอน ทำด้วยพลาสติกอะครีลิก (Acrylic) ลักษณะเป็นทรงกระบอกมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 เซนติเมตร ด้านล่างมีลักษณะเป็นกรวยมีส่วนระบายตะกอนทิ้งทางด้านล่าง ความสูงจากปากกรวยถึงทางออกด้านบน เท่ากับ 25 เซนติเมตร น้ำทิ้งที่ออกจากระบบจะไหลเข้าทางด้านข้างและไหลล้นออกทางด้านบน

3.3 การทำงานของระบบ

ได้ดำเนินการจัดสร้างและติดตั้งระบบการทดลองดังแสดงในรูปที่ 3.4 การทำงานของระบบมีลักษณะคือ ทำการป้อนน้ำกากส่าที่มีความเข้มข้น (ค่า COD) ที่ต้องการด้วยอัตราการไหลคงที่ และอย่างต่อเนื่อง เข้าทางด้านล่างของถังหมัก น้ำที่ผ่านการบ่าบัดแล้วจะไหลล้นออกทางด้านบนเข้าสู่ถังตกตะกอน แล้วจึงไหลล้นสู่ถังรองรับสุดท้ายส่วนแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นจะออกจากถังหมักทางด้านบนเข้าสู่เครื่องวัดแก๊ส เพื่อวัดปริมาตรทั้งหมด ทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง

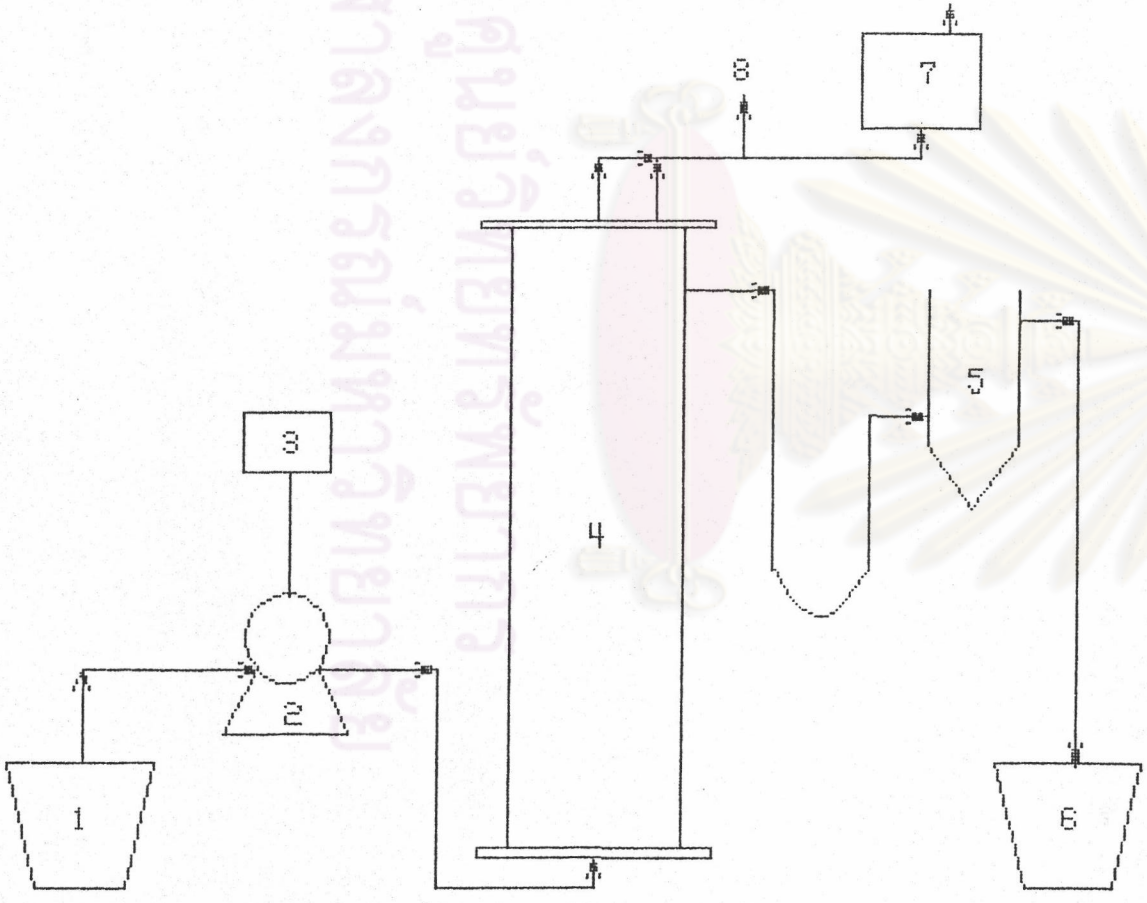
3.4 แผนการทดลอง

ทำการทดลองเพื่อหาอัตราการรับสารอินทรีย์ที่เหมาะสม โดยทดลองเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์ตามแผนการทดลองในตารางที่ 3.3 โดยการเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์จะกระทำเมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว (Steady State) โดยดูจากค่าประสิทธิภาพการกำจัด COD คงที่



รูปที่ 3.3 แก๊สมิเตอร์ (Gas Meter)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



1. ถังเตรียมน้ำกากส่าเพื่อป้อนเข้าสู่ระบบ
2. เครื่องสูบน้ำกากส่าเข้าสู่ระบบ
3. เครื่องควบคุมการทำงานของปั๊ม
4. ตัวกรองแอนแนโรบิค
5. ถังตกตะกอน
6. ถังใส่น้ำทิ้งออกจากระบบ
7. เครื่องวัดแก๊ส
8. ตำแหน่งที่นำแก๊สไปวิเคราะห์

รูปที่ 3.4 แผนผังการทำงานของระบบที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 3.3 แผนการทดลอง

อัตราการรับสารอินทรีย์ (กก.COD ต่อ ลบ.ม.วัน)	ระยะเวลาการเก็บกักน้ำทิ้ง(วัน)	ค่า COD ที่เข้าสู่ระบบ (มก.ต่อลิตร)
1	7.33	8000
3	7.33	22000
5	7.33	36000
7	7.33	51000
9	7.33	66000
11	5.99	66000
15	4.40	66000
18	4.44	80000
21	3.81	80000
26	3.08	80000
33	2.42	80000

3.5 การเก็บตัวอย่าง

3.5.1 น้ำกากส่าจากโรงงาน เก็บแบบ Grab Sampling จากโรงงานสุราแสงโสม จังหวัดนครปฐม นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เพื่อป้องกันปฏิกิริยาชีวเคมีที่จะเกิดขึ้น น้ำกากส่าที่เก็บทุกครั้งจะทำการวิเคราะห์คุณลักษณะต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาแล้วน้ำกากส่าส่วนนี้จะนำมาเจือจางด้วยน้ำประปาให้ได้ค่า COD ตามที่ต้องการก่อนป้อนเข้าสู่ระบบ

3.5.2 น้ำทิ้งในการทดลอง น้ำกากส่าก่อนป้อนเข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบเมื่อเก็บตัวอย่างแล้ว จะนำมาวิเคราะห์ค่าตัวแปรต่าง ๆ ตามตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ตัวแปรที่ทำการวิเคราะห์และความถี่ในการวิเคราะห์

ตัวแปรที่วิเคราะห์	ความถี่ในการวิเคราะห์
pH	ทุกวัน
COD	ทุกวัน
Sulphate	ทุกวัน
Volatile Fatty Acids	ทุกวัน
Alkalinity	ทุกวัน
Total Solids	วันเว้นวัน
Suspended Solids	วันเว้นวัน
Soluble Sulphide	ทุกวัน
Biogas Production	ทุกวัน
% CH_4	ทุกวัน
% CO_2	ทุกวัน
% H_2S	ทุกวัน

3.6 วิธีวิเคราะห์

รายละเอียดวิธีวิเคราะห์ค่าตัวแปรต่าง ๆ รวมทั้งวิธีคำนวณแสดงไว้ในภาคผนวก ก. (กรรณิการ์ สิริสิงห์, 2522; ชงชัย พรรณสวัสดิ์, 2525 ; สุเมธ ชวเดช, 2529: APHA, 1989; Foust, et.al.,1980)

3.7 การทดลองเริ่มต้น (Start-Up)

เริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์โดยใช้จุลินทรีย์เริ่มต้น (Seed) เป็นสลัดจ์ (Sludge) จากบ่อเก็บกักที่ 5 จากจำนวนทั้งหมด 20 บ่อ ของโรงงานสุราแสงโสม ซึ่งใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ

Anaerobic pond นำมาปรับค่าปริมาณสารแขวนลอยให้ได้ประมาณ 20,000 มก.ต่อลิตร แล้วใส่ให้เต็มถังหมัก

จากนั้นเริ่มป้อนน้ำกากส่า โดยเจือจางน้ำกากส่าให้มีค่า COD ประมาณ 1200 มก.ต่อลิตร ที่อัตรรการรับสารอินทรีย์ 0.1 กก. COD ต่อ ลบ.ม.-วัน อัตราการไหล 4.2 มล.ต่อนาที (อัตราการไหลค่อนข้างสูง เนื่องจากระยะแรกมีปัญหาเรื่องการปรับอัตราการไหลของปั๊ม) ทำการทดลองที่สภาวะดังกล่าวประมาณ 45 วัน ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวได้ทำการแก้ไขซ่อมแซมและปรับปรุงเครื่องมือในบางส่วน รวมทั้งจัดเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีเพื่อใช้วิเคราะห์ค่าตัวแปรต่าง ๆ ตามที่ต้องการ ดังนั้น ผลการทดลองในช่วงนี้จึงมีแต่เพียงปริมาตรแก๊สชีวภาพทั้งหมดที่เกิดขึ้นโดยบันทึกค่าได้ในช่วงท้ายของการทดลอง ซึ่งพบว่ามีค่าคงที่อยู่ประมาณ 1 สัปดาห์ จึงทำการเพิ่มอัตราการรับสารอินทรีย์ตามแผนการทดลอง

เมื่อเริ่มการทดลองที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 1 กก. COD ต่อ ลบ.ม.-วัน และต่อด้วยอัตรรการรับสารอินทรีย์ 3 กก. COD ต่อ ลบ.ม.-วัน นั้น เนื่องจากการดำเนินการทดลองมีปัญหาในด้านการวิเคราะห์ค่าตัวแปรบางค่า จึงได้มีการปรับปรุงวิธีการทดลองทั้งทางด้านเทคนิคและวิธีวิเคราะห์ เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องและเหมาะสมที่สุดกับน้ำกากส่า ทำให้ผลการทดลองในช่วงนี้มีความไม่สมบูรณ์ จึงไม่ได้รายงานผลการทดลองไว้ และเริ่มรายงานผลการทดลองที่สมบูรณ์ครบทุกค่าตัวแปรที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 5 กก. COD ต่อ ลบ.ม.-วัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย