บทที่ 3

แผนงานและการดำเนินงานวิจัย

3.1 แผนการทดลอง

การทดลองกระทำที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย งานวิจัยนี้ประกอบด้วยถังยูเอเอสบี 3 ชุด ทำการทดสอบเปรียบเทียบกัน ถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 ไม่มีถังสร้างกรดแต่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ ถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 มีถังสร้างกรดและมีการหมุนเวียนน้ำกลับ ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 มีถังสร้างกรดแต่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ โดยถังสร้างกรดมีระยะเวลากักน้ำนาน 12 ชั่วโมง และอัตราส่วนการเวียนกลับเท่ากับ 5:1 เพื่อให้ความเร็วของการไหลขึ้นในถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 และ 2 เท่ากับ 0.5 ม./ชม. ขณะที่ความเร็วของการไหลขึ้นในถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 ซึ่งไม่มีการหมุนเวียนน้ำกลับมีค่าเท่ากับ 0.08 ม./ชม. การทดลองกระทำที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน โดยเตรียมแป้งมันสำปะหลังละลายในน้ำร้อนให้มีความเข้มข้นซีโอดีเท่ากับ 2500 และ 5000 มก./ล.ตามลำดับ อัตราสูบน้ำเข้าระบบเท่ากับ 4 ลิตร/วัน คงที่ตลอดการทดลอง รายละเอียดแผนการทดลองแสดงในตาราง 3.1

พารามิเตอร์ที่เป็นตัวแปรตามที่ทำการศึกษา ได้แก่

- พีเอชและโออาร์พี
- สภาพด่างรวม
- กรดไขมันระเหย
- ตะกอนแขวนลอย
- ปริมาณก๊าซทั้งหมด
- เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทน
- ซีโอดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 3.1 แผนการทดลอง

ชุดการทดลองที่	ถังยูเอเอสบีลำดับที่	ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน	ซีโอดี มก./ล.	เวลาหมักกรด ชั่วโมง	อัตราส่วนการเวียนกลับ	ความเร็วน้ำที่เข้าสู่ถังยูเอเอสบี ม./ชม.
1	1	5	2500	-	5:1	0.50
2	2	5	2500	12	5:1	0.50
3	3	5	2500	12	-	0.08
4	1	10	5000	-	5:1	0.50
5	2	10	5000	12	5:1	0.50
6	3	10	5000	12	-	0.08

3.2 การเตรียมน้ำเสีย

น้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลองนี้มีการเตรียมใหม่ทุกวัน โดยนำแป้งมันสำปะหลังมาละลายในน้ำร้อน ให้มีค่าความเข้มข้นของซีโอดีเท่ากับ 2500 และ 5000 มก./ล. ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 5 และ 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ มีการเติมสภาพด่างโดยใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต และ ส่วนประกอบของสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ดังแสดงในตาราง 3.2

ตาราง 3.2 สารเคมีที่ใช้ในการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์

สารประกอบ	5 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน (มก./ล.)	10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน (มก./ล.)	หมายเหตุ
แป้งมัน	2109	4220	แป้งมัน : COD = 1 : 1.185
$NaHCO_3$	1250	2500	$NaHCO_3$: COD = 0.5 : 1
ยูเรีย	334	668	COD : N : P = 100 : 3 : 1
K_2HPO_4	278	556	

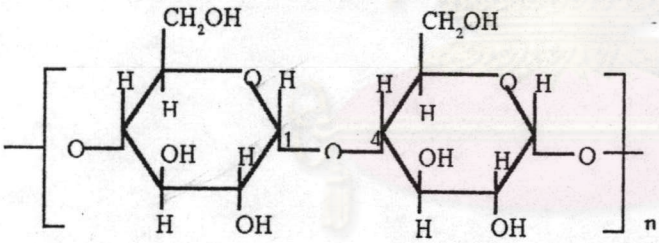
จากสมการ

$$(C_6H_{10}O_5)_x + 6x\,O_2 \longrightarrow 6x\,CO_2 + 5x\,H_2O$$

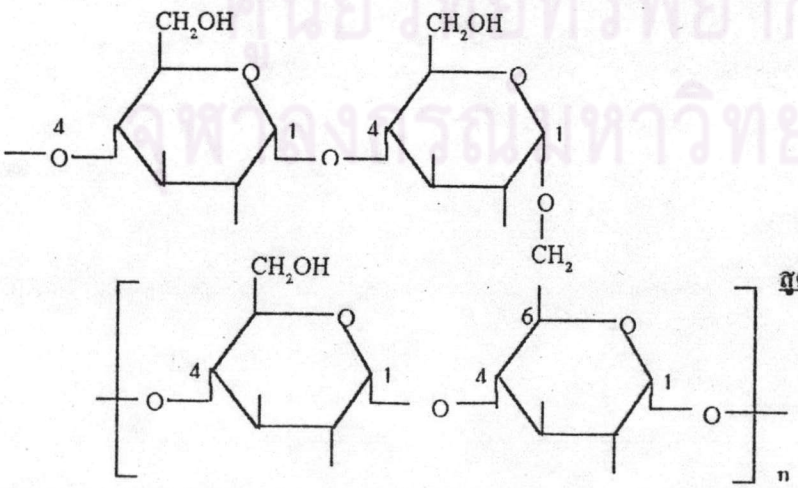
$$\frac{6x\,O_2}{x\,(C_6H_{10}O_5)} = \frac{1.185 \text{ กรัม ออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายแป้ง}}{\text{กรัม แป้ง}}$$

ดังนั้น 1 กรัม แป้ง = 1.185 กรัม ซีโอดี

โมเลกุลแป้งเกิดจากกลูโคสหลายโมเลกุลต่อกันด้วยพันธะเคมี 2 แบบ ดังแสดงในรูป 3.1 คือ ∝-1, 4-glycosidic bond ทำให้โครงสร้างมีลักษณะเป็นห่วงโซ่ยาวตรง เรียกว่า อะไมโลส กับพันธะ ∝-1, 6-glycosidic bond ทำให้โครงสร้างมีลักษณะเป็นกิ่งแยก เรียกว่า อะไมโลเพคติน สัดส่วนของปริมาณอะไมเลส และ ปริมาณอะไมโลเพคตินในแป้งแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน แป้งมันสำปะหลังประกอบด้วยอะไมเลสประมาณ 18% และอะไมโลเพคตินประมาณ 82%



<u>สูตรโครงสร้างของอะไมเลส</u>



<u>สูตรโครงสร้างของอะไมโลเพคติน</u>

รูป 3.1 โครงสร้างโมเลกุลแป้ง (มุกดา และ นิ่มนวล,2527)

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทดลองแสดงไว้ในตาราง 3.3

ตาราง 3.3 อุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทดลอง

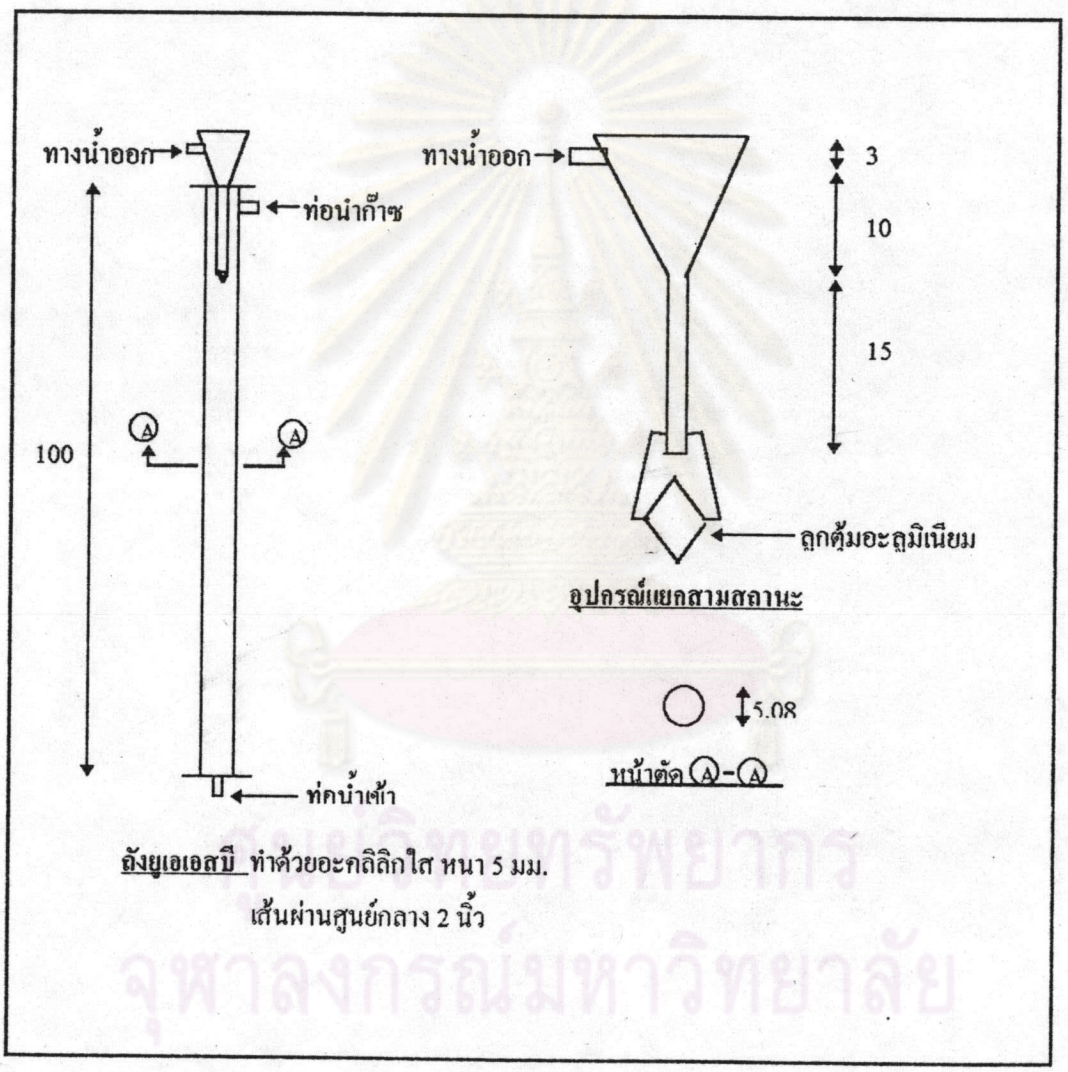
อุปกรณ์	วัสดุ/ชนิด	ปริมาตร /จำนวน	รายละเอียด
ถังยูเอเอสบี	พลาสติกอะคลิลิกใส	2 ลิตร 3 ถัง	• สูง = 1 เมตร • เส้นผ่านศูนย์กลาง = 2 นิ้ว • หน้าตัดเป็นวงกลมมีพื้นที่= 0.002 ตร.ม. • รายละเอียดดังแสดงในรูป 3.2
อุปกรณ์แยกสามสถานะของระบบยูเอเอสบี	ขวดน้ำอัดลมพลาสติกและลูกตุ้มอะลูมิเนียม	3 ขวด 3 ลูก	• ใช้สำหรับถังยูเอเอสบีทั้ง 3 ถัง • ตัดช่วงปากขวดมาเป็นส่วนตกตะกอน ใช้ลูกตุ้มเป็นตัวขวางไม่ให้ก๊าซพาตะกอนจุลินทรีย์ลอยออกไปได้
ถังสร้างกรด I	พลาสติกอะคลิลิกใส	2 ลิตร 2 ถัง	• สำหรับถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 และ 3 • ใช้ช่วงแรกของการทดลอง ต่อมาเปลี่ยนมาใช้ถังกรด II ร่วมกัน • รายละเอียดดังแสดงในรูป 3.3
ถังสร้างกรด II	พลาสติกอะคลิลิกใส	4 ลิตร 1 ถัง	• เป็นถังสร้างกรดร่วมที่ใช้กับถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 และ 3 • รายละเอียดดังแสดงในรูป 3.4
ถังพักน้ำสูง	ขวดน้ำอัดลมพลาสติก	0.25 ลิตร 1 ใบ	• สำหรับถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 • รายละเอียดดังแสดงในรูป 3.5
เครื่องสูบน้ำเสีย	ชนิดไดอะแฟรม	4 ลิตร/วัน 1 ตัว	• สำหรับถังยูเอเอสบีชุดที่ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 3.3 อุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทดลอง (ต่อ)

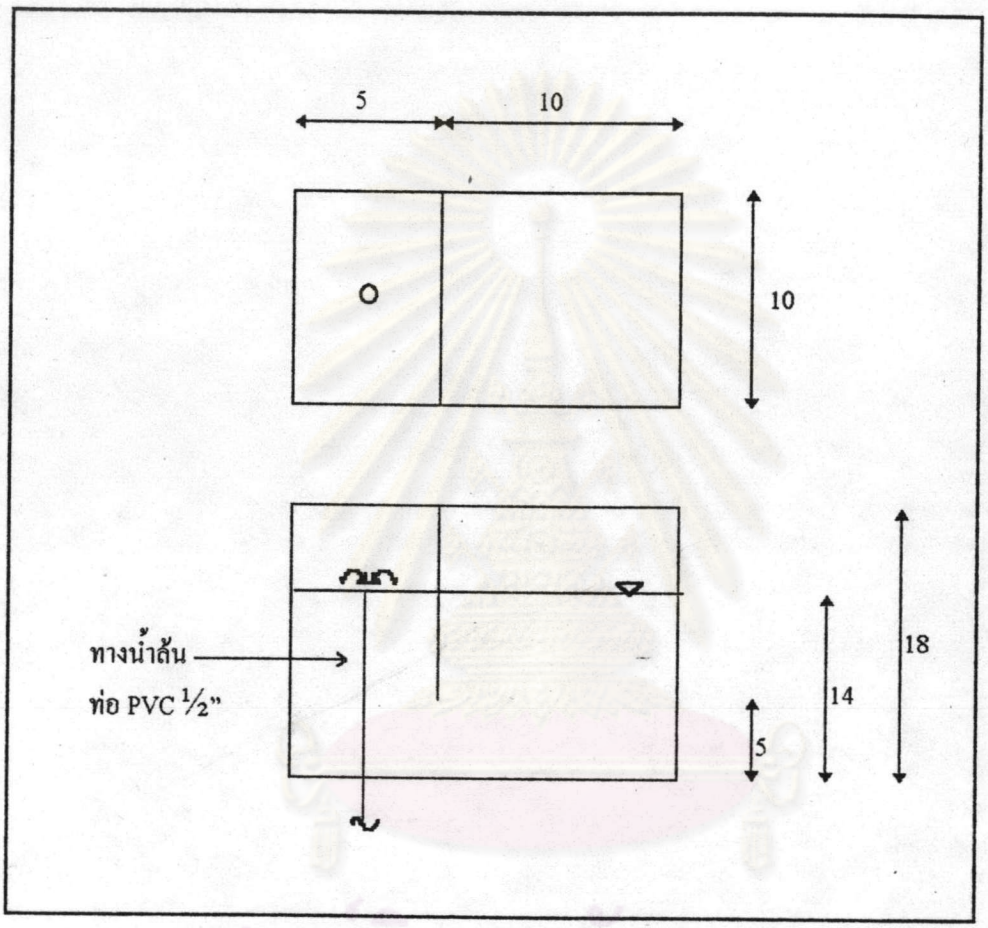
อุปกรณ์	วัสดุ/ชนิด	ปริมาตร /จำนวน	รายละเอียด
เครื่องสูบน้ำเสีย	ชนิดสายรีด	8 ลิตร/วัน 1 ตัว	• ใช้ร่วมกันสำหรับถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 และ 3
เครื่องสูบน้ำหมุนเวียน	ชนิดไดอะแฟรม	20 ลิตร/วัน 2 ตัว	• ใช้สูบน้ำที่ออกจากถังยูเอเอสบีกลับเข้าถังยูเอเอสบีใหม่ • สำหรับถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 และ 3
เครื่องวัดปริมาณก๊าซ	ตามแบบของ ศักดิ์ชัย โอภาสวัตชัย (2527)	3 ตัว	• รายละเอียดดังแสดงในรูป 3.7
ถังพักน้ำเสีย	ถังน้ำพลาสติก	20 ลิตร 1 ถัง	• ใช้ร่วมกันสำหรับถังยูเอเอสบีทั้ง 3 ชุด
ถังพักน้ำออก	ขวดน้ำดื่มพลาสติก	5 ลิตร 3 ขวด	• สำหรับถังยูเอเอสบีแต่ละชุด • รายละเอียดดังแสดงในรูป 3.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



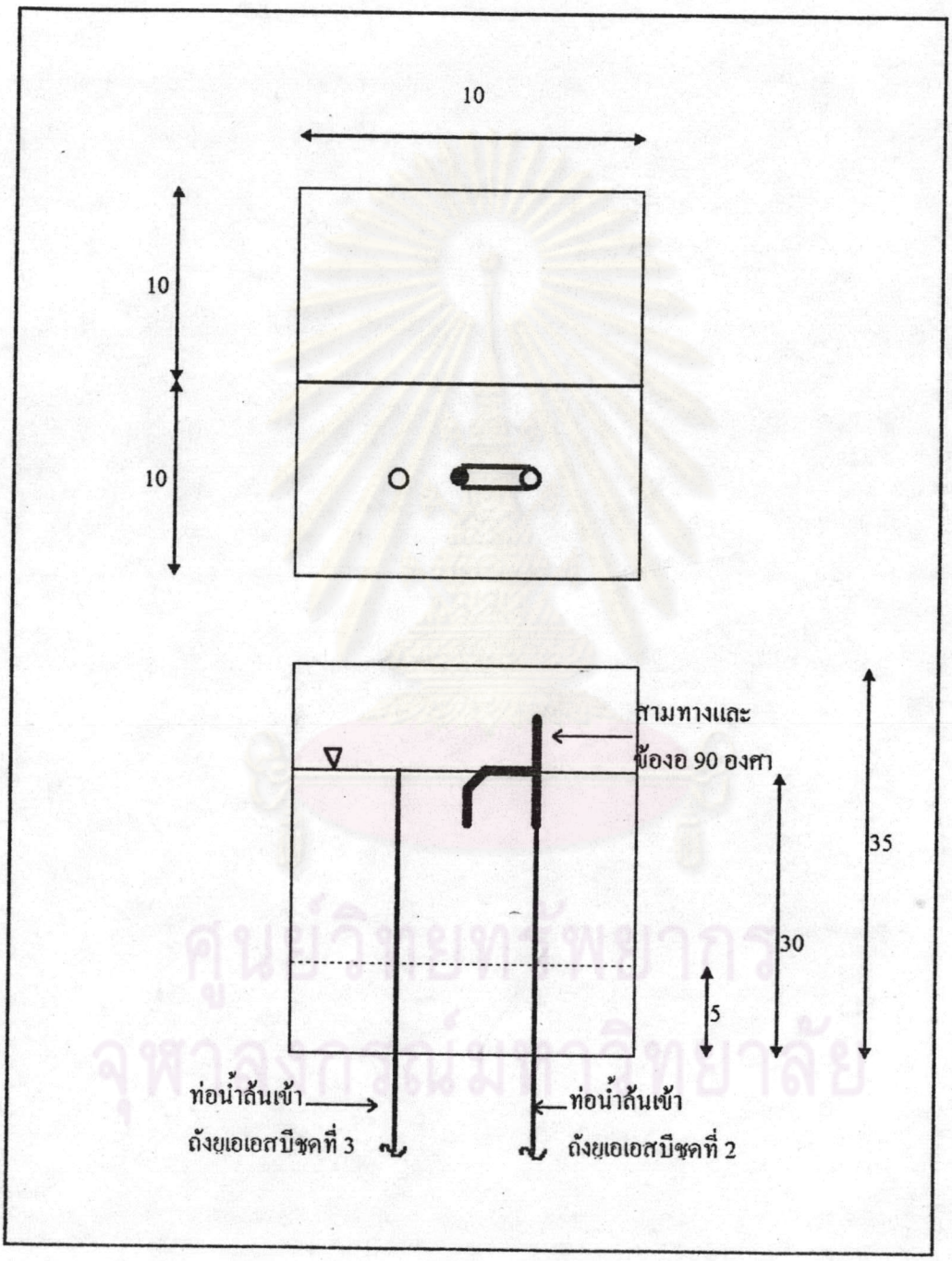
รูป 3.2 ถังยูเอเอสบีและอุปกรณ์แยกสามสถานะที่ใช้ในการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

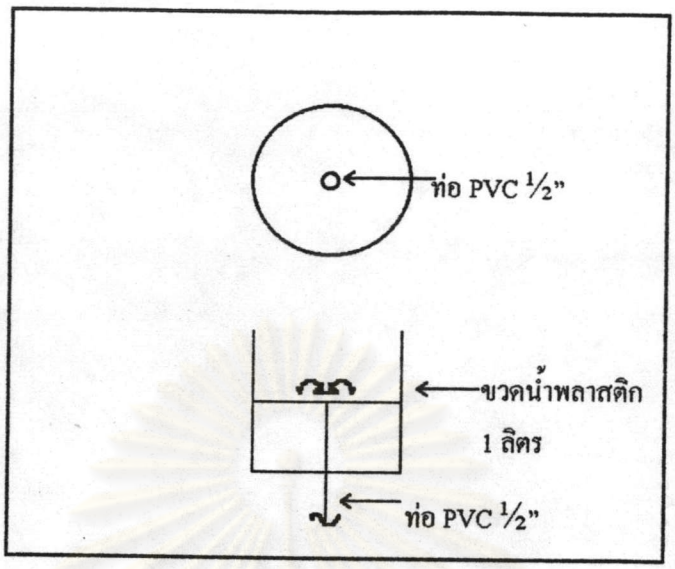


รูป 3.3 ถังสร้างกรด I ที่ใช้ในการทดลอง

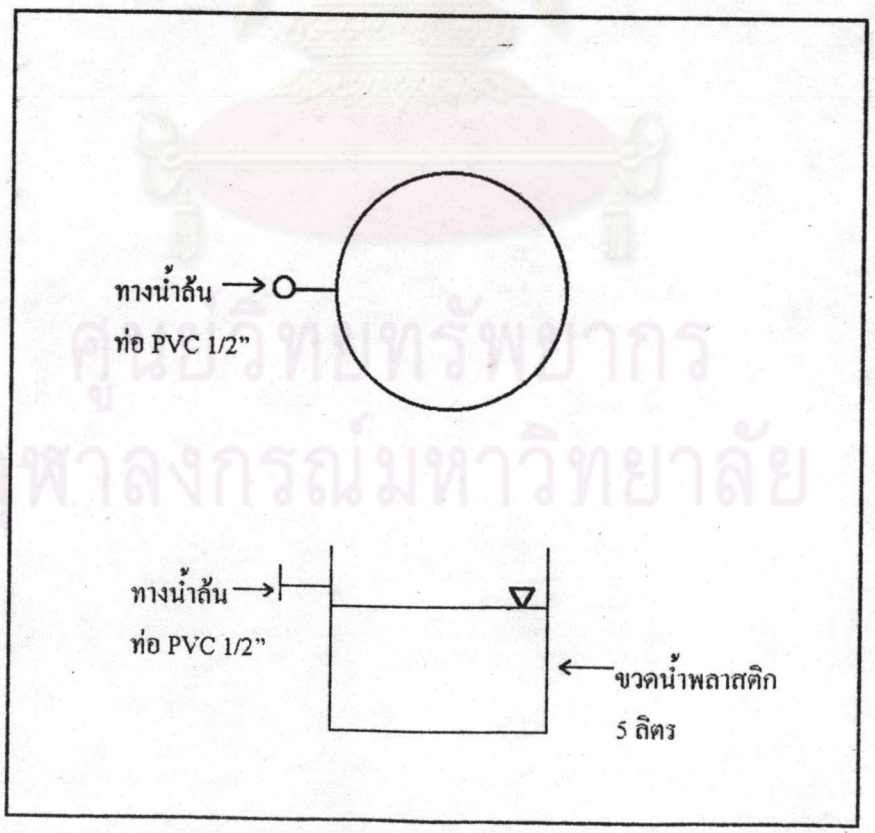
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 3.4 ถังสร้างกรด II ที่ใช้ในการทดลอง

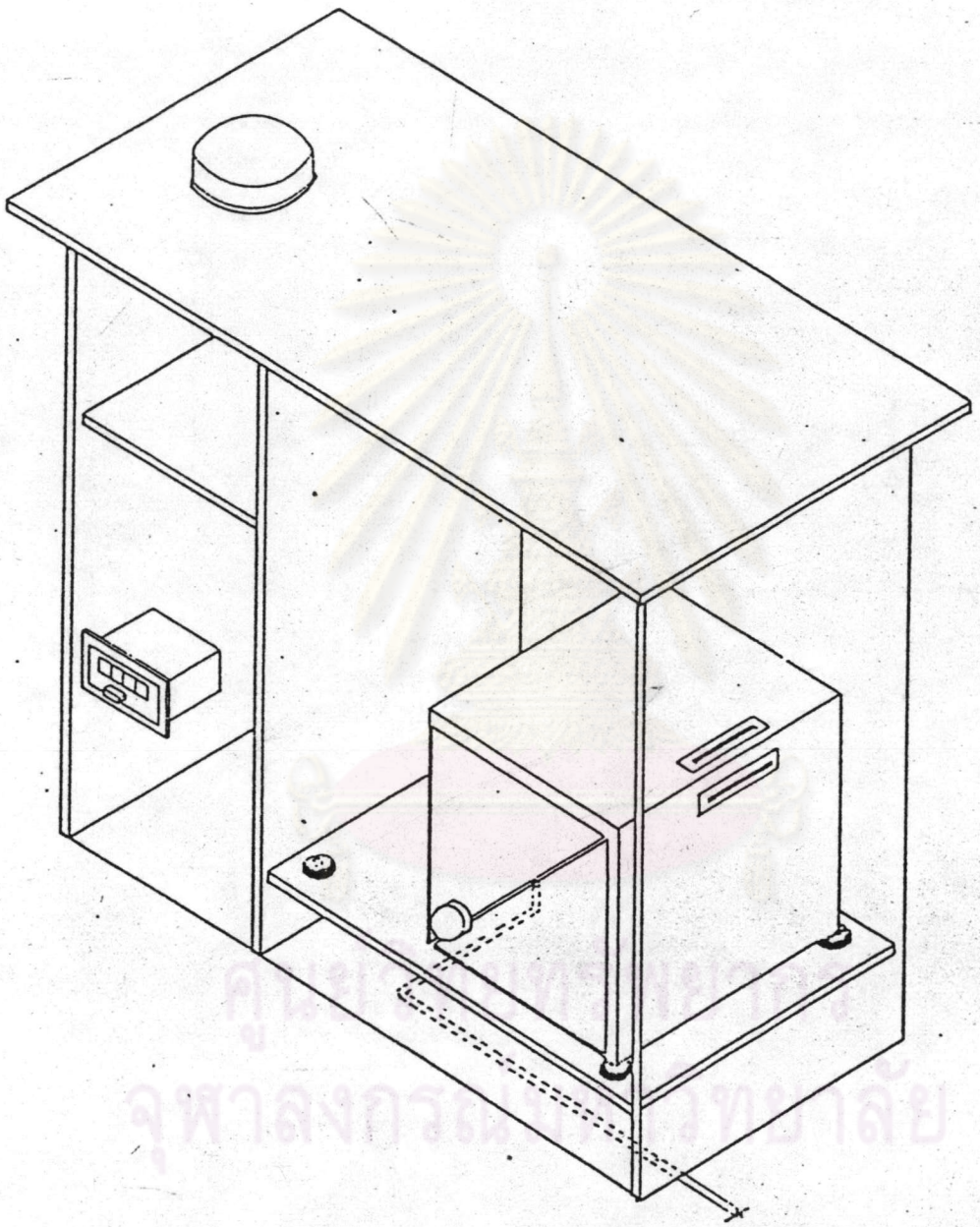


รูป 3.5 ถังพักน้ำสูงสำหรับถังยูเอเอสบีชุดที่ 1



รูป 3.6 ถังพักน้ำออกที่ใช้ในการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 3.7 เครื่องวัดปริมาณก๊าซตามแบบ ศักดิ์ชัย โอภาสวัตชัย (2527)

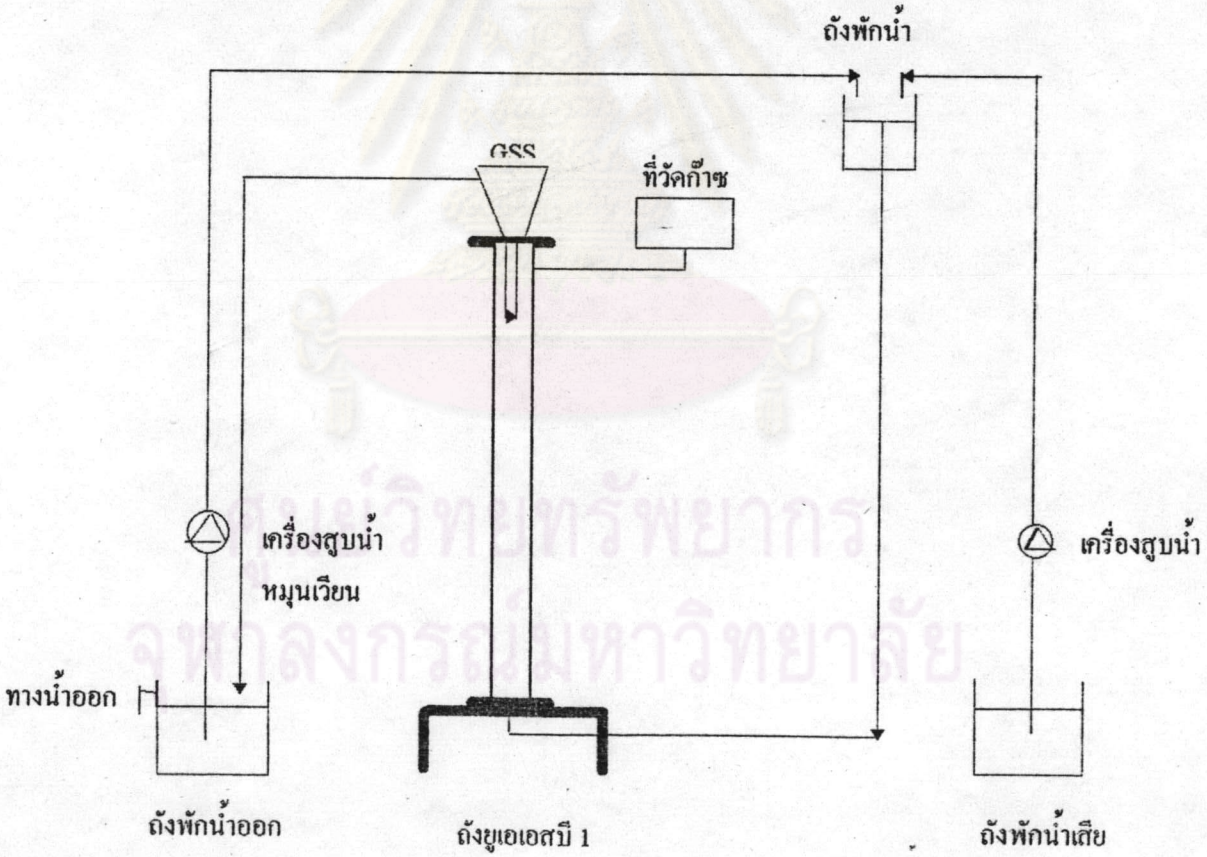
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

i 17341905

<u>รายละเอียดการเดินระบบ</u>

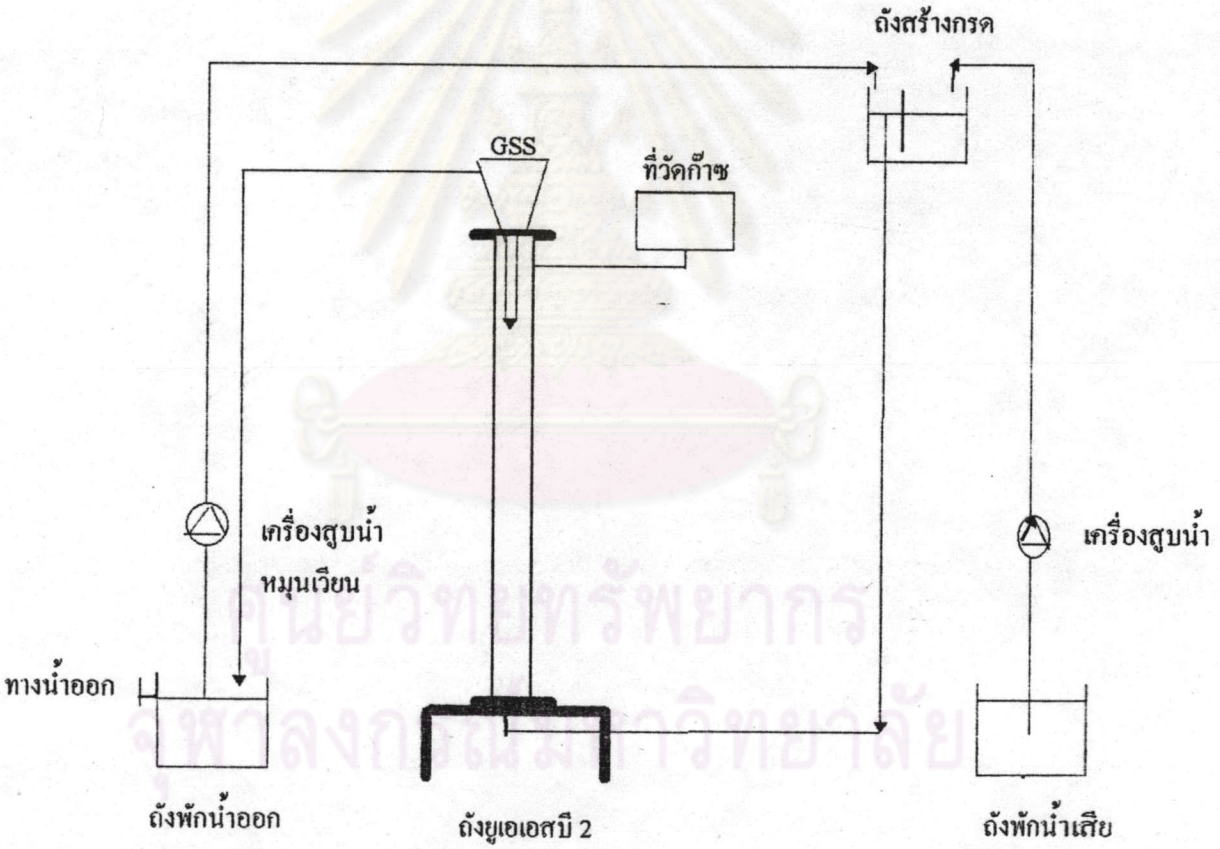
การเดินระบบของถังยูเอเอสบีทั้ง 3 ชุด มีรายละเอียดดังนี้

ถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 เป็นระบบที่ไม่มีถังสร้างกรด แต่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ โดยมีถังพักน้ำเสียติดตั้งอยู่ด้านบนของระบบ เพื่อให้น้ำเสียและน้ำออกที่หมุนเวียนกลับมาสามารถไหลเข้าสู่ถังยูเอเอสบีได้อย่างต่อเนื่องด้วยความดันคงที่ เครื่องสูบน้ำหมุนเวียนของระบบมีอัตราการสูบน้ำเท่ากับ 20 ลิตร/วัน ขณะที่เครื่องสูบน้ำเสียเข้าระบบมีอัตราการสูบน้ำเท่ากับ 4 ลิตร/วัน ซึ่งเป็นค่าอัตราส่วนการเวียนกลับเท่ากับ 5:1 เพื่อให้ได้ความเร็วของการไหลขึ้นในถังยูเอเอสบีเท่ากับ 0.5 ม./ชม. รายละเอียดการเดินระบบของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 แสดงในรูป 3.8



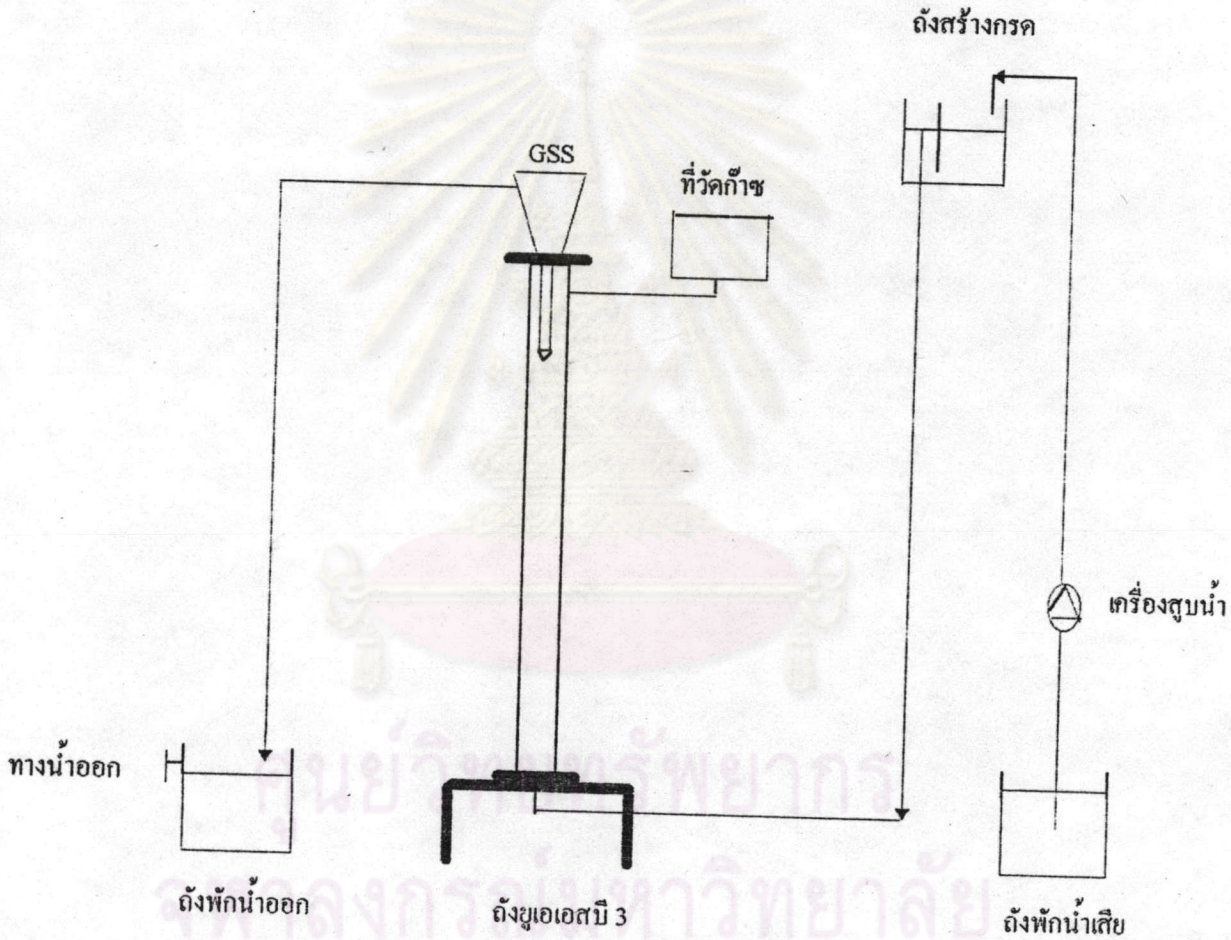
รูป 3.8 รายละเอียดการเดินระบบของถังยูเอเอสบีชุดที่ 1
(ไม่มีถังสร้างกรด แต่ มีการหมุนเวียนน้ำกลับ)

ถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 เป็นระบบที่มีถังสร้างกรด และ มีการหมุนเวียนน้ำกลับ โดยมีถังสร้างกรดติดตั้งอยู่ด้านบนของระบบ เพื่อให้น้ำในถังสร้างกรด และน้ำออกที่หมุนเวียนกลับมาสามารถไหลเข้าสู่ถังยูเอเอสบีได้อย่างต่อเนื่องด้วยความดันคงที่ เครื่องสูบน้ำหมุนเวียนของระบบมีอัตราการสูบน้ำเท่ากับ 20 ลิตร/วัน ขณะที่เครื่องสูบน้ำเสียเข้าระบบมีอัตราการสูบน้ำเท่ากับ 4 ลิตร/วัน ซึ่งเป็นค่าอัตราส่วนการเวียนกลับเท่ากับ 5:1 เพื่อให้ได้ความเร็วของการไหลขึ้นในถังยูเอเอสบีเท่ากับ 0.5 ม./ชม. รายละเอียดการเดินระบบของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 แสดงในรูป 3.9



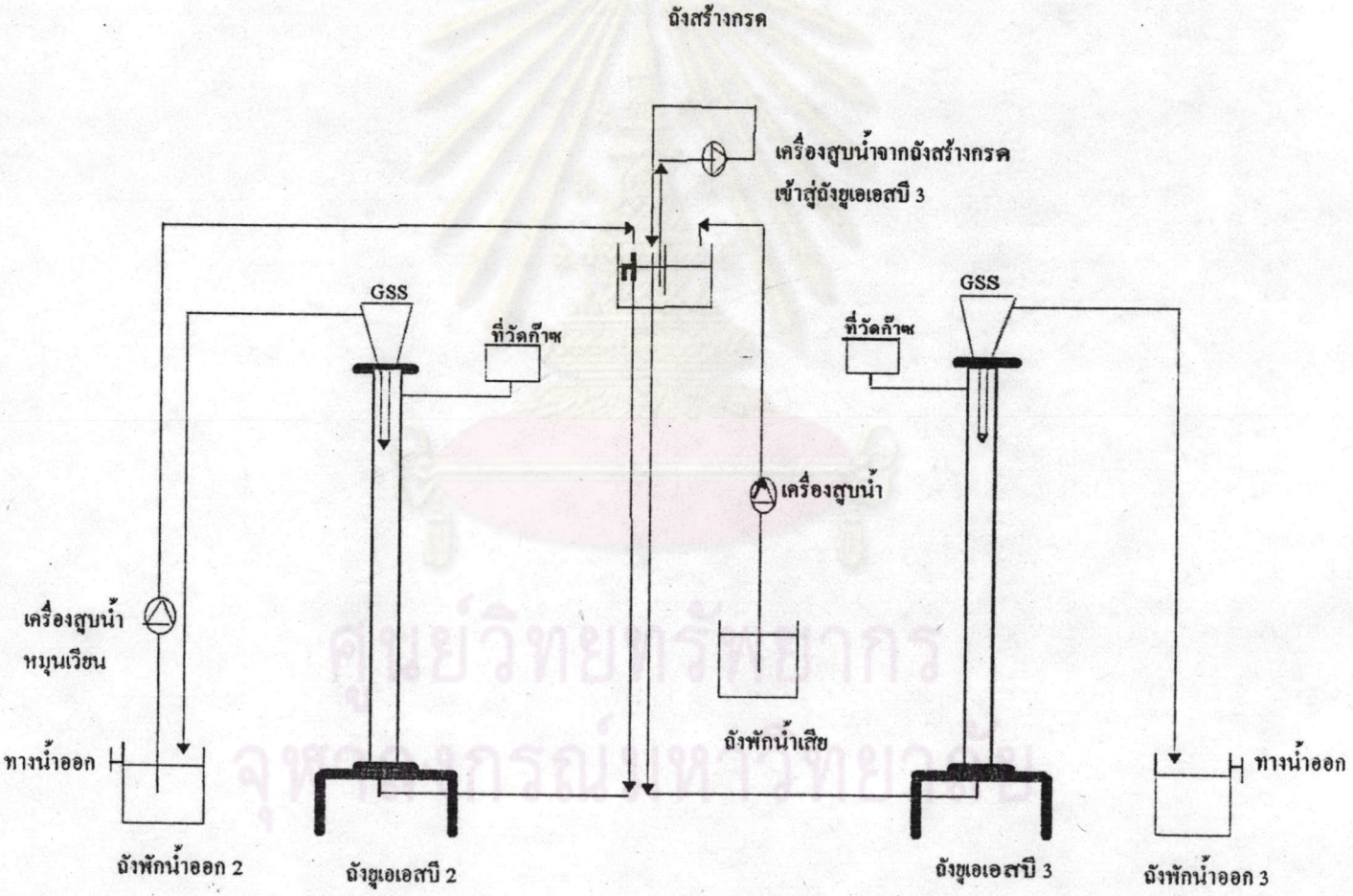
รูป 3.9 รายละเอียดการเดินระบบของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2
(มีถังสร้างกรด และ มีการหมุนเวียนน้ำกลับ)

ถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 เป็นระบบที่มีถังสร้างกรด แต่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ โดยมีถังสร้างกรดติดตั้งอยู่ด้านบนของระบบ เพื่อให้น้ำในถังสร้างกรดสามารถไหลเข้าสู่ถังยูเอเอสบีได้อย่างต่อเนื่องด้วยความดันคงที่ เครื่องสูบน้ำเสียเข้าระบบมีอัตราการสูบน้ำเท่ากับ 4 ลิตร/วัน ทำให้ความเร็วของการไหลขึ้นในถังยูเอเอสบีเท่ากับ 0.08 ม./ชม. รายละเอียดการเดินระบบของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 แสดงในรูป 3.10



รูป 3.10 รายละเอียดการเดินระบบของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3
(มีถังสร้างกรด แต่ไม่มีการหมุนเวียนน้ำกลับ)

ในการทดลองจริง ช่วงแรกถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 และ 3 ใช้ถังสร้างกรดคนละใบ แต่เนื่องจากประสิทธิภาพของระบบแตกต่างกันมาก ทำให้การเปรียบเทียบผลของการหมุนเวียนน้ำกลับไม่ชัดเจน จึงเปลี่ยนมาใช้ถังสร้างกรดร่วมกัน โดยเครื่องสูบน้ำมีอัตราการสูบน้ำเสียเข้าสู่ถังสร้างกรดเท่ากับ 8 ลิตร/วัน ขณะที่ใช้เครื่องสูบน้ำอีกตัวสูบน้ำจากถังสร้างกรดเข้าสู่ทางน้ำล้นของถังยูเอเอสบีชุดที่ 3 โดยตรง ทำให้สามารถควบคุมปริมาณน้ำจากถังสร้างกรดที่จะเข้าสู่ถังยูเอเอสบีทั้ง 2 ให้มีปริมาณเท่ากันได้ รายละเอียดการเดินระบบของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 และ 3 เมื่อใช้ถังสร้างกรดร่วมกันแสดงในรูป 3.11



รูป 3.11 รายละเอียดการเดินระบบของถังยูเอเอสบีชุดที่ 2 และ 3 เมื่อใช้ถังสร้างกรดร่วมกัน

3.4 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์

จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ทำการเก็บ ได้แก่

- น้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมใหม่ในแต่ละวัน
- น้ำออกจากถังสร้างกรด ก่อนที่จะเข้าสู่ถังยูเอเอสบี
- น้ำที่ออกจากถังยูเอเอสบี (เก็บจากส่วนตกตะกอน)

น้ำตัวอย่างที่เก็บได้จะนำไปวิเคราะห์หาค่าต่างๆตามวิธีในหนังสือ Standard Methods แผนการเก็บตัวอย่างและวิธีวิเคราะห์แสดงในตาราง 3.4

ตาราง 3.4 แผนการเก็บตัวอย่างและวิธีวิเคราะห์

ตัวแปรตาม	จุดเก็บตัวอย่าง			วันที่วิเคราะห์	วิธีวิเคราะห์
	น้ำเสีย	น้ำจากถังสร้างกรด	น้ำออก		
พีเอช	/	/	/	ทุกวัน	เครื่องวัดพีเอช Horiba รุ่น F-13
โออาร์พี	/	/	/	ทุกวัน	เครื่องวัดโออาร์พี
สภาพความเป็นด่าง	/	/	/	จันทร์,พุธ,ศุกร์	วิธีไตเตรต
กรดไขมันระเหย	/	/	/	จันทร์,พุธ,ศุกร์	วิธีไตเตรต และ วิธีก๊าซโครมาโตกราฟฟี
ซีโอดีทั้งหมด	/	/	/	จันทร์,พุธ,ศุกร์	Closed Reflux
ตะกอนแขวนลอย	/	/	/	จันทร์,พุธ,ศุกร์	ใช้กระดาษกรอง CF/C
ปริมาณก๊าซทั้งหมด				ทุกวัน	เครื่องวัดปริมาณก๊าซแบบของศักดิ์ชัย (2527)
เปอร์เซ็นต์ก๊าซ				อาทิตย์ละครั้ง	เครื่องออร์แสท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.5 การดูแลรักษาระบบ

การเดินระบบในการทดลองนี้ พบปัญหาการอุดตันเนื่องจากน้ำเสียแป้งมีลักษณะเหนียวเป็นเมือก ทำให้เกิดการอุดตันโดยเฉพาะบริเวณส่วนท่อน้ำล้น และ สายยางที่ต่อจากถังพักน้ำและถังสร้างกรดเข้าสู่ถังยูแอสบีทั้ง 3 ชุด อีกทั้งพบการเจริญเติบโตของตะไคร่น้ำตามสายยางและภายในถังยูเอเอสบีทั้ง 3 ชุด ซึ่งทำให้ถังยูแอสบีสกปรกและไม่สามารถมองเห็นชั้นตะกอนจุลินทรีย์ภายในถังได้ อีกทั้งก๊าซออกซิเจนที่เกิดจากการสังเคราะห์แสงของตะไคร่น้ำยังส่งผลเสียต่อการทำงานของแบคทีเรียระบบในอีกด้วย

จากลักษณะน้ำเสียที่ทำให้เกิดการอุดตันในระบบได้ง่ายนี้ ทำให้ต้องมีการเปลี่ยนสายยางของทั้งระบบทุก 1 เดือน เพื่อให้สายยางสะอาด ไม่อุดตันง่าย และลดผลจากการสะสมของจุลินทรีย์ต่างๆที่อยู่ในสายยาง อีกทั้งในแต่ละวันต้องดูแลไม่ให้เกิดการสะสมของเมือกแป้งที่ท่อน้ำล้นและสายยาง โดยใช้ไม้เขี่ยทำความสะอาดบริเวณท่อน้ำล้นและใช้มือบีบตามสายยาง เพื่อไม่ให้เกิดการอุดตันในระบบ การป้องกันการเจริญเติบโตของตะไคร่น้ำทำได้โดยใช้ถุงพลาสติกสีดำคลุมถังยูเอเอสบี และมีการทำความสะอาดส่วนตกตะกอนของอุปกรณ์สามสถานะโดยใช้แปรงถูให้ความสะอาดทุกวัน ส่วนถังพักน้ำเสียและถังพักน้ำออกต้องเทน้ำของวันเก่าทิ้งและทำความสะอาดถัง เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ถูกต้อง

การดูแลระบบในส่วนของถังสร้างกรด ต้องใช้ไม้ตีสกัมที่ลอยที่ผิวหน้าของน้ำในถังสร้างกรดให้แตกทั้งช่วงเช้าและช่วงเย็น เพื่อช่วยการผสมและทำให้ก๊าซที่เกิดใต้สกัมลอยออกสู่อากาศได้ และต้องให้ปลายสายยางที่สูบน้ำเสียเข้าถังสร้างกรดและถังพักน้ำเสียจุ่มอยู่ใต้ผิวน้ำเพื่อป้องกันก๊าซออกซิเจนปนเข้ามาในระบบ ซึ่งจะส่งผลเสียแบคทีเรียในถังสร้างกรด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย