บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 ถังปฏิกรณ์ระบบไร้อากาศแบบยูเอเอสบีจำนวน 2 ถัง

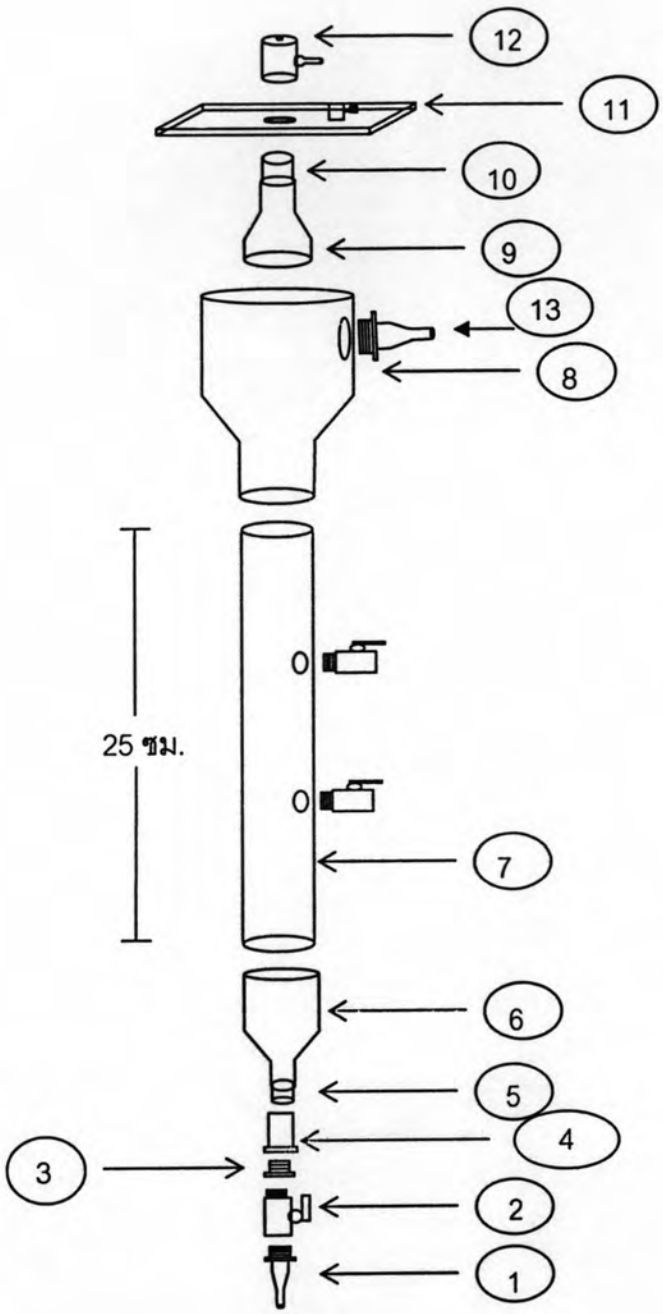
ถังปฏิกรณ์ถังที่ 1 (สำหรับผลิตแก๊สไฮโดรเจน)

ตัวถังประกอบด้วยท่ออะคริลิกใส เบอร์ 603 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 54 มิลลิเมตร สูง 25 เซนติเมตร ด้านบนของถัง จะต่อเข้ากับข้อต่อพีวีซีขนาด 4 × 2 นิ้ว เพื่อเป็นส่วนเก็บแก๊สของถัง และปิดด้วยแผ่นพลาสติกอะครีลิคใส หนา 8 มิลลิเมตร ยึดติดกับตัวถังด้วยน็อต ด้านล่างจะต่อกับ ข้อต่อพีวีซีขนาด 2 × ½ ปริมาตรของถัง เท่ากับ 1 ลิตร โดยด้านข้างของถังมีการเจาะรู 2 รู เพื่อใช้ในการเก็บตัวอย่าง โดยแต่ละรูมีระยะห่างกันเท่ากับ 6.25 เซนติเมตร ส่วนของตัวถังที่เหลือประกอบด้วยข้อต่อ พีวีซี ข้อต่อทองเหลือง และสายยาง รายละเอียดตามภาพที่ 3.1

ถังปฏิกรณ์ถังที่ 2 (สำหรับผลิตแก๊สมีเทน)

ส่วนประกอบถังเหมือนกับถังที่ 1 แต่ความสูงถังเท่ากับ 50 เซนติเมตร ปริมาตรเท่ากับ 1.5 ลิตร โดยด้านข้างของถังมีการเจาะรู 4 รู เพื่อใช้ในการเก็บตัวอย่าง โดยแต่ละรูมีระยะห่างกันเท่ากับ 10 เซนติเมตร ตามภาพที่ 3.2

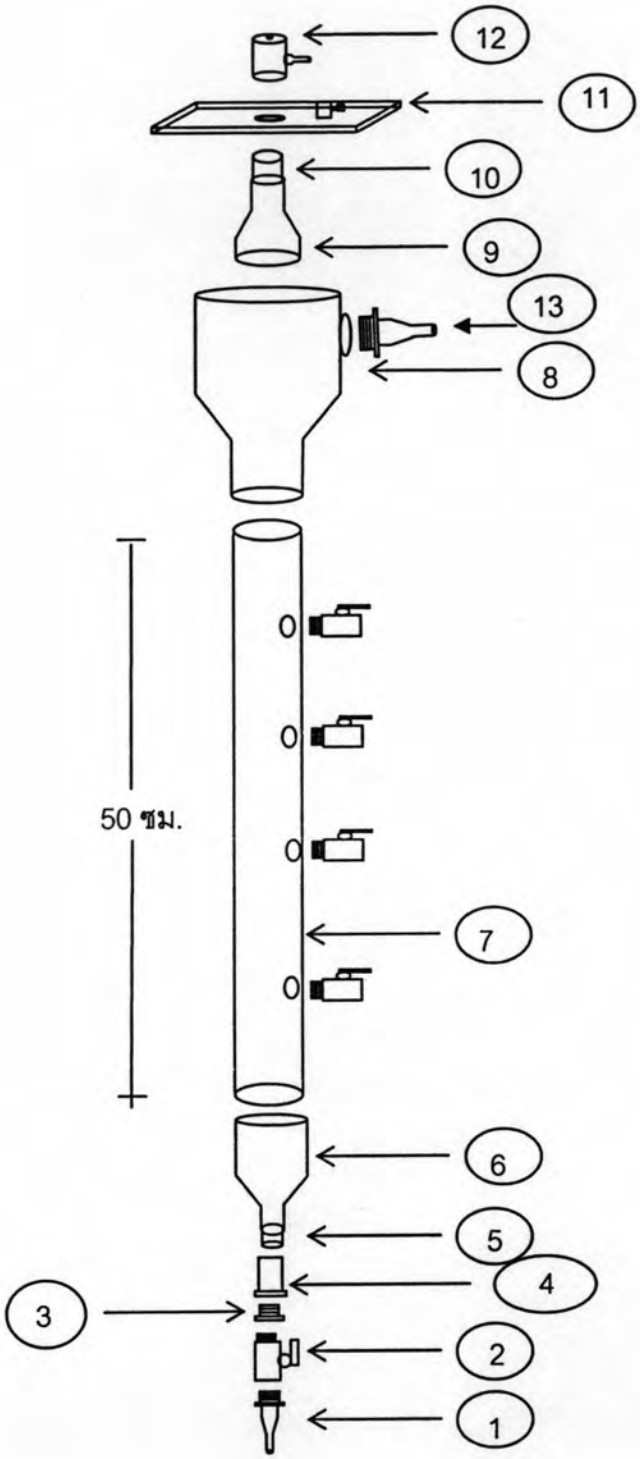
I23494219



ส่วนประกอบ

1. ข้อต่อสายยางทองเหลือง ขนาด ¼ นิ้ว
2. บอลล์วาวล์ขนาด ¼ นิ้ว
3. นิปเปิ้ลทองเหลืองขนาด ¼ × ½ นิ้ว
4. ข้อต่อพีวีซีเกลียวใน ทองเหลืองขนาด ½ นิ้ว
5. ท่อพีวีซีขนาด ½ นิ้ว
6. ข้อต่อตรงลดขนาด 2 × ½ นิ้ว
7. ท่ออะคริลิคใส เบอร์ 603
   - เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 60 มม.
   - เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 54 มม.
8. ข้อต่อตรงลดขนาด 4 × 2 นิ้ว
9. ข้อต่อตรงลดขนาด 2 × 1 นิ้ว
10. ท่อพีวีซีขนาด 1 นิ้ว
11. ฝาบนแผ่นพลาสติกใสหนา 3 มม.
12. หัวอุดท่อพีวีซีขนาด 1 นิ้ว
13. ข้อต่อสายยางขนาด ½ นิ้ว

ภาพที่ 3.1 ส่วนประกอบถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบีถังที่ 1



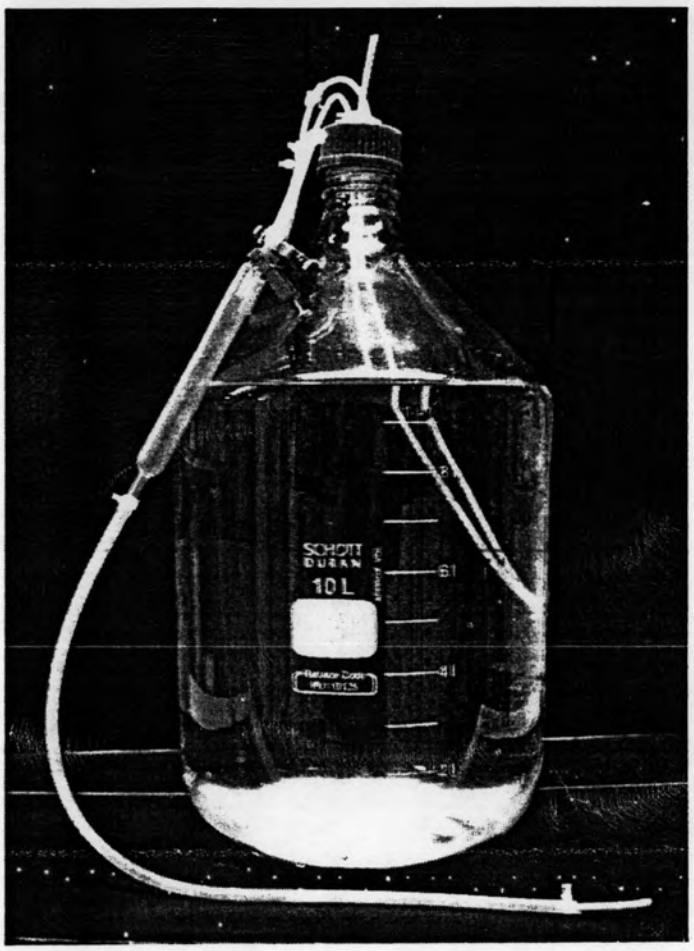
ส่วนประกอบ

1. ข้อต่อสายยางทองเหลือง ขนาด ¼ นิ้ว
2. บอลล์วาวล์ขนาด ¼ นิ้ว
3. นิปเปิ้ลทองเหลือง ขนาด ¼ × ½ นิ้ว
4. ข้อต่อพีวีซีเกลียวในทองเหลือง ขนาด ½ นิ้ว
5. ท่อพีวีซีขนาด ½ นิ้ว
6. ข้อต่อตรงลดขนาด 2 × ½ นิ้ว
7. ท่ออะคริลิคใส เบอร์ 603
   - เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 60 มม.
   - เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 54 มม.
8. ข้อต่อตรงลดขนาด 4 × 2 นิ้ว
9. ข้อต่อตรงลดขนาด 2 × 1 นิ้ว
10. ท่อพีวีซีขนาด 1 นิ้ว
11. ฝาบนแผ่นพลาสติกใสหนา 3 มม.
12. หัวอุดท่อพีวีซีขนาด 1 นิ้ว
13. ข้อต่อสายยางขนาด ½ นิ้ว

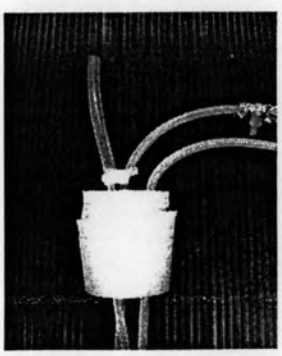
ภาพที่ 3.2 ส่วนประกอบถังปฏิกรณ์ยูเอเอสบีถังที่ 2

3.1.2 <u>ถังเตรียมน้ำเสีย</u>

ถังที่ใช้เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์เป็นขวดแก้วปริมาตร 10 ลิตร (SCHOTT DURAN) ที่ฝาขวดอุดด้วยจุกยางซิลิโคนและสายยางซิลิโคน ดังภาพที่ 3.3 และ 3.4



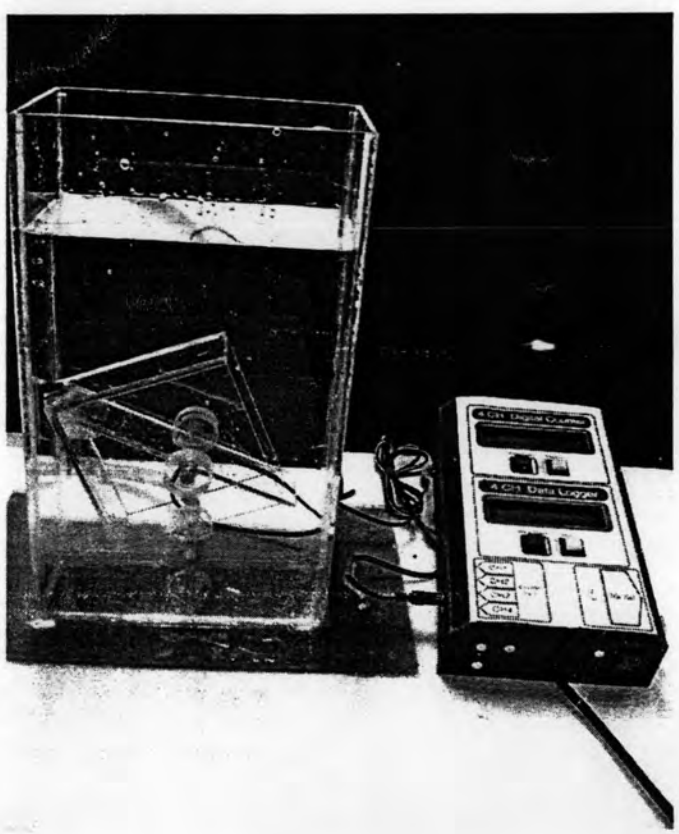
ภาพที่ 3.3 ถังเตรียมน้ำเสีย



ภาพที่ 3.4 จุกยางซิลิโคน พร้อมสายยาง

3.1.3 <u>อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดปริมาตรแก๊ส</u>

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดปริมาตรแก๊สทำจากอะคริลิคใสขนาด 16X10X30 เซนติเมตร ภายในมีแผ่นอะคริลิคขนาด 10X10X5.2 เซนติเมตร ซึ่งมีแกนกลางสามารถหมุนพลิกไปมาได้ (ภาพที่ 3.5) จากนั้นทำการเติมน้ำให้ได้ระดับที่ทำให้เครื่องวัดปริมาตรแก๊สอ่านค่าที่ 50 มิลลิลิตร ซึ่งอุปกรณ์นี้จะใช้หลักการแทนที่น้ำ เมื่อเกิดแก๊สขึ้น แก๊สก็จะเข้าไปแทนที่น้ำภายในกล่องสี่เหลี่ยมเล็กที่อยู่ภายในเมื่อปริมาตรครบ 50 มิลลิลิตร กล่องสี่เหลี่ยมขนาดเล็กภายในจะพลิกและเคาะกับตัวเซนเซอร์ ข้อมูลของปริมาตรแก๊สที่ได้จะถูกเก็บที่เครื่องประมวลผล เครื่องจะทำการบันทึกจำนวนครั้งในการที่กล่องขนาดเล็กกระทบกับตัวเซนเซอร์ โดยเครื่องสามารถกำหนดระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง ได้ 3 หน่วยเวลา คือ นาที ชั่วโมง และวัน สามารถจัดเก็บได้ 10 ครั้ง



ภาพที่ 3.5 อุปกรณ์วัดปริมาตรแก๊ส

3.1.4 น้ำเสีย

น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองนี้เป็น minimal medium ที่มีค่าซีโอดีอยู่ระหว่าง 1,500 ถึง 3,500 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำเสีย 1 ลิตรจะประกอบด้วยสารเคมีต่างๆ (ตารางที่ 3.1) โดยมีน้ำตาลทรายแดงเป็นแหล่งคาร์บอน จากนั้นปรับค่า pH ให้อยู่ในช่วง 5.5 ± 0.1 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น 6 M และสารละลาย HCl เข้มข้น 6 M วัดค่าพีเอชด้วยเครื่องวัด pH (pH Meters) รุ่น (pH meter; EUTECH INSTRUMENTS รุ่น Cyberscan pH 11) แล้วนำไปอบฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บาร์ เป็นเวลา 15 นาที นำออกมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็น ไล่แก๊สออกซิเจนด้วยแก๊สไนโตรเจนเป็นเวลา 10 นาที เก็บตัวอย่างเพื่อนำไปหาค่าซีโอดี

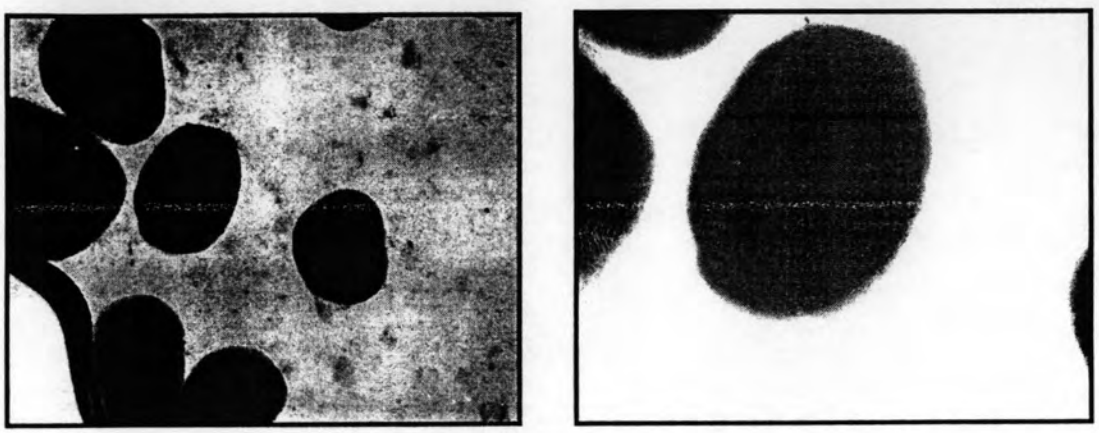
ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

ชนิดของสารเคมี	ปริมาณที่ใช้ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ชนิดของสารเคมี	ปริมาณที่ใช้ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
KH_2PO_4	6.375	$CaCl_2 \cdot 2H_2O$	1.000
$(NH_4)_2SO_4$	14.050	$ZnCl_2$	1.000
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	5.000	$CuCl_2 \cdot 7H_2O$	0.200
$CaCl_2$	0.375	H_3BO_3	0.100
$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	0.025	NaMo	0.100
$MnSO_4 \cdot 4H_2O$	0.500	Na_2SeO_3	0.170
$NaHCO_3$	10.500	$NiSO_4 \cdot 7H_2O$	0.260
NTA [a]	15.000	NaCl	10.000
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	1.000	KH_2PO_4	134.700
$MnCl_2 \cdot 4H_2O$	1.000	K_2HPO_4	10.000
$CoCl_2 \cdot 2H_2O$	17.000	Brown sugar	300.000

[a]Nitrilotriacetic acid

3.1.5 <u>จุลินทรีย์</u>

จุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองนำมาจากบ่อบำบัดน้ำเสียในระบบยูเอเอสบีของโรงงานเส้นหมี่ซอเฮง จำกัด ตำบลยายชา อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม ลักษณะของเชื้อจุลินทรีย์เป็นเม็ด (granule) ดังภาพที่ 3.6

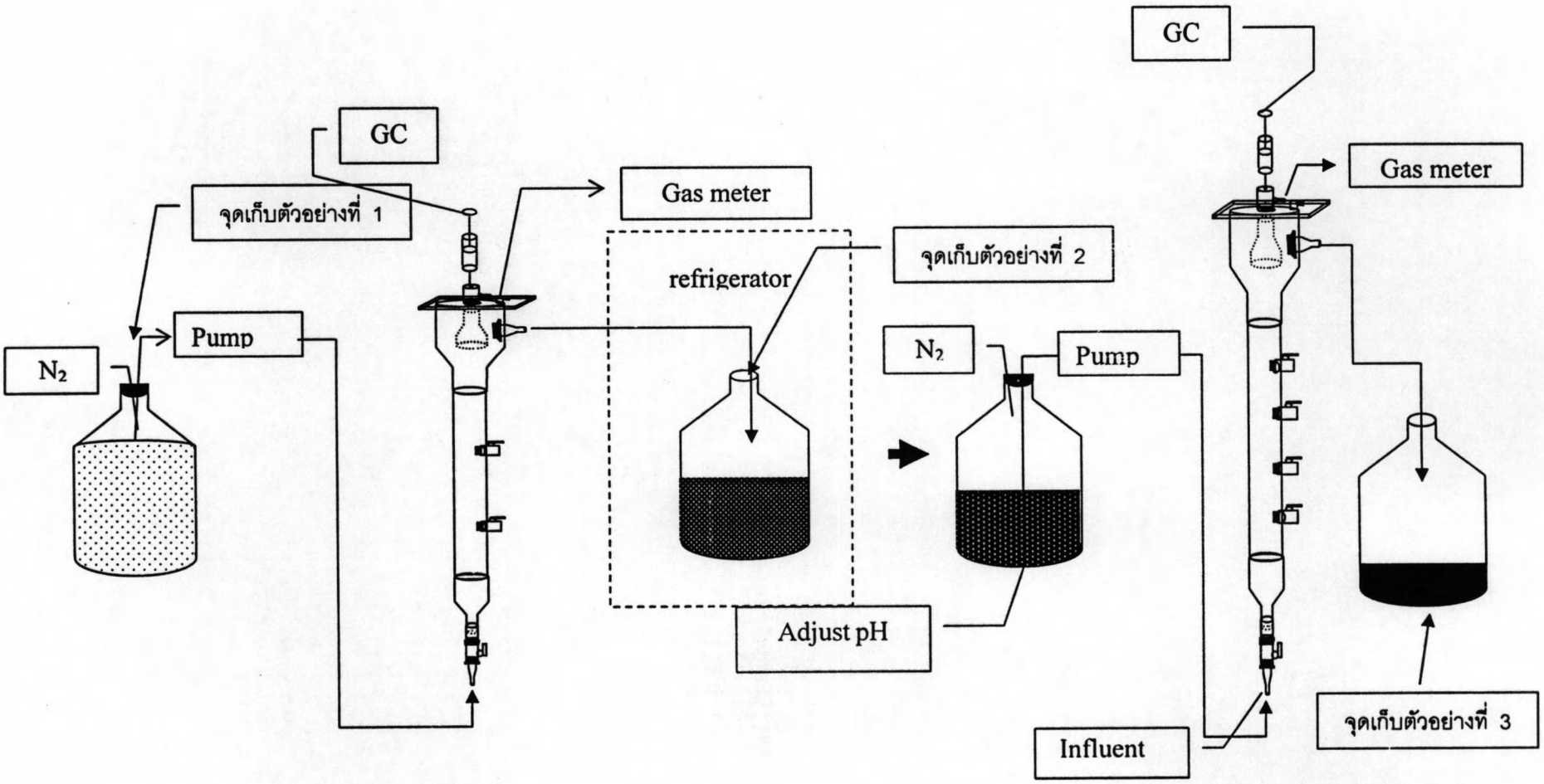


ก ข

ภาพที่ 3.6 เม็ดจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองที่กำลังขยาย ก. 40 ข. 100 เท่า

3.2 **วิธีวิจัย**

ในถังปฏิกรณ์ถังที่ 1 (ถังผลิตแก๊สไฮโดรเจน) เริ่มต้นระบบโดยการนำตะกอนจุลินทรีย์หัวเชื้อจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบยูเอเอสบี ที่มีประสิทธิภาพสูงมาผ่านการต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ในอ่างน้ำร้อน เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่สามารถสร้างสปอร์ได้ เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ที่สร้างสปอร์ได้นั้น จะสามารถผลิตแก๊สไฮโดรเจนได้ แล้วเทลงในถังปฏิกรณ์ปริมาตร 200 มิลลิลิตร. จากนั้นป้อนน้ำเสียเข้าสู่ถังปฏิกรณ์ที่ 1 โดยใช้ปั๊มเพอริสทาลติก (Masterflex®L/S® รุ่น No.7524-55) น้ำเสียจะเคลื่อนที่จากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบนของถังปฏิกรณ์ โดยค่าซีโอดี (COD) ของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ป้อนเข้าระบบในถังปฏิกรณ์ถังที่ 1 (ถังผลิตแก๊สไฮโดรเจน) อยู่ในช่วง 2,000-2,500 มิลลิกรัมต่อลิตร อัตราการไหลที่ 2.1 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะเวลากักเก็บน้ำเสียทางชลศาสตร์ (Hydraulic retention time, HRT) ของถังปฏิกรณ์แรก คือ 8 ชั่วโมง และมีอัตราการป้อนสารอินทรีย์ 10,186.0 มิลลิกรัมซีโอดี ต่อวัน น้ำที่ไหลออกจากถังปฏิกรณ์นี้จะไหลเข้าไปสู่ภาชนะเก็บที่ตั้งอยู่ในตู้เย็น (ภาพที่ 3.7) น้ำออกจากถังปฏิกรณ์ถังที่ 1 ที่อยู่ในตู้เย็น จะเป็นน้ำเสียที่ใช้ป้อนเข้าถังปฏิกรณ์ถังที่ 2 โดยน้ำเสียจะถูกนำออกมาจากตู้เย็นและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำไปตรวจวิเคราะห์ค่าซีโอดี และวัดค่าพีเอช จากนั้นทำการปรับค่าพีเอชของน้ำโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 6 โมลาร์ ปรับค่าพีเอชให้อยู่ในช่วง 7.0 ± 0.1 และทำการไล่ออกซิเจนด้วยไนโตรเจน แล้วนำไปจ่ายเข้าสู่ถังยูเอเอสบี 1.5 ลิตร เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในถังปฏิกรณ์ถังที่ 2 ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ไม่ต้องนำไปต้ม น้ำเสียที่ผ่านการปรับพีเอชแล้วจะถูกป้อนเข้าสู่ถังปฏิกรณ์ที่ 2 ด้วยอัตราการไหลที่ 2.1 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะเวลาของน้ำเสียที่ไหลในระบบ (HRT) ที่ใช้ป้อนเข้าสู่ถังปฏิกรณ์ที่สอง คือ 10 ชั่วโมง อัตราการป้อนสารอินทรีย์ขึ้นอยู่กับค่าซีโอดีที่ออกจากถังยูเอเอสบีถังแรก น้ำที่ออกจากระบบนี้จะถูกเก็บเพื่อตรวจวัดค่า ซีโอดี และวัดค่าพีเอชสุดท้าย ตรวจวัดปริมาตรแก๊สที่เกิดในระบบโดยใช้การแทนที่น้ำเพื่อให้ทราบปริมาตรของแก๊สที่เกิดต่อวัน แก๊สที่ได้จะนำไปวิเคราะห์แยกองค์ประกอบด้วยเครื่อง Gas Chromatography ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น GC8A ใช้ detector เป็น thermal conductivity detector (TCD) โดยใช้คอลัมน์ Unibeade C 60/80 ประมวลผลโดยเครื่อง Shimadzu รุ่น CR6A ทุกๆ 2 วัน เมื่อระบบเข้าสู่ภาวะคงตัว (steady state) แล้ว จะทำการเปลี่ยนอัตราการไหล ระยะเวลากักเก็บน้ำเสียและอัตราการป้อนสารอินทรีย์เพื่อหาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไฮโดรเจนและมีเทน และประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย



ภาพที่ 3.7 แผนภาพการเดินระบบ

3.3 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

ตัวอย่างน้ำที่เก็บได้จากจุดเก็บตัวอย่างจุดที่ 1, 2 และ3 จะทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์และความถี่ของการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์และความถี่ในการวิเคราะห์

พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์	ความถี่ในการวิเคราะห์
pH	2 วันครั้ง
COD	สัปดาห์ละ 1 ครั้ง
VFA	1 เดือนครั้ง
ปริมาณแก๊สชีวภาพ	ทุกวัน
องค์ประกอบของแก๊สชีวภาพ	2 วันครั้ง

3.3.1 ค่าพีเอช

ในงานทดลองนี้ใช้ค่าพีเอชในการควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมในการผลิตแก๊สชีวภาพ ทำการวัดค่าพีเอชของน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ pH meter; EUTECH INSTRUMENTS รุ่น Cyberscan pH 11 จุ่มลงในน้ำตัวอย่างที่เก็บมาตามจุดต่างๆที่แสดงไว้ในข้างต้น เพื่อทำการตรวจวัด โดยรอจนกว่าค่าจะคงที่ซึ่งจะมีคำว่า read ปรากฏขึ้นบนหน้าจอ แล้วจึงทำการแปรผลที่ได้อ่านค่าพีเอชเพื่อทำการบันทึกผล

3.3.2 chemical oxygen demand (COD)

การวิเคราะห์ หาซีโอดีเป็นวิธีหาความสกปรกของน้ำเสียต่างๆ โดยเป็นการวัดปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ของน้ำเสียเพื่อให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเป็นปฏิกิริยาสุดท้าย เงื่อนไขสำคัญในการวิเคราะห์ซีโอดี คือปฏิกิริยาออกซิเดชันต้องเกิดขึ้นโดยอาศัยออกซิไดซิงเอเจนต์ (oxidizing agent) อย่างแรง ภายใต้ภาวะที่เป็นกรดเข้มข้นและมีอุณหภูมิสูง ทำการวัดโดยวิธีรีฟลักซ์ปิดแบบเทียบสี

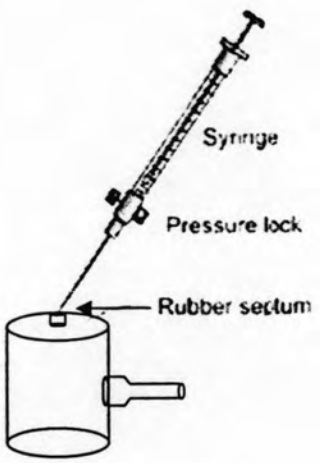
3.3.3 ปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้นในการทดลอง

ปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้นนี้จะเป็นตัวชี้วัดให้เห็นถึงความเหมาะสมของภาวะต่างๆ ว่าเหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์มากน้อยแค่ไหน ถ้าจุลินทรีย์มีการผลิตแก๊สออกมาเป็นจำนวนมาก ก็จะแสดงให้เห็นว่าที่ภาวะนั้นๆ มีความเหมาะสมในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้นจะเก็บโดยวิธีการแทนที่น้ำ โดยใช้อุปกรณ์วัดปริมาตรแก๊สซึ่งต่อเข้ากับเครื่องเก็บข้อมูล รายละเอียดในหัวข้อ 3.1.3

3.3.4 องค์ประกอบของแก๊ส

แก๊สในถังปฏิกิริยาปริมาตร 300 ไมโครลิตรจะดูดออกมาจากส่วนที่เป็นช่องว่างในถังปฏิกิริยาโดยใช้เข็มฉีดยาขนาด 500 ไมโครลิตร (Hamilton, USA) (ภาพที่ 3.8) แล้วทำการฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟฟี (Shimadzu GC-8A) ซึ่งจะเชื่อมต่อกับเครื่องอ่านผล (Shimadzu CR6A) คอลัมน์ที่ใช้ในการวิเคราะห์แก๊สตัวอย่างคือ Unibeads C 60/80 โดยในการวิเคราะห์องค์ประกอบของแก๊สจะใช้แก๊สฮีเลียมเป็นแก๊สตัวพา (carrier gas) และมีตัวตรวจวัดแบบ thermal conductivity detector (TCD) ซึ่งเป็นตัวตรวจวัดที่ประกอบด้วย heated filament ที่มีการให้กระแสไฟฟ้าคงที่ ในการตรวจวัดจะเป็นการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของ filament current ของ reference cell และ sample cell การเปลี่ยนแปลงนี้จะมีความสัมพันธ์กับค่าสัมประสิทธิ์นำความร้อนของสารที่ต้องการวิเคราะห์ กับค่าสัมประสิทธิ์นำความร้อนของแก๊สตัวพา

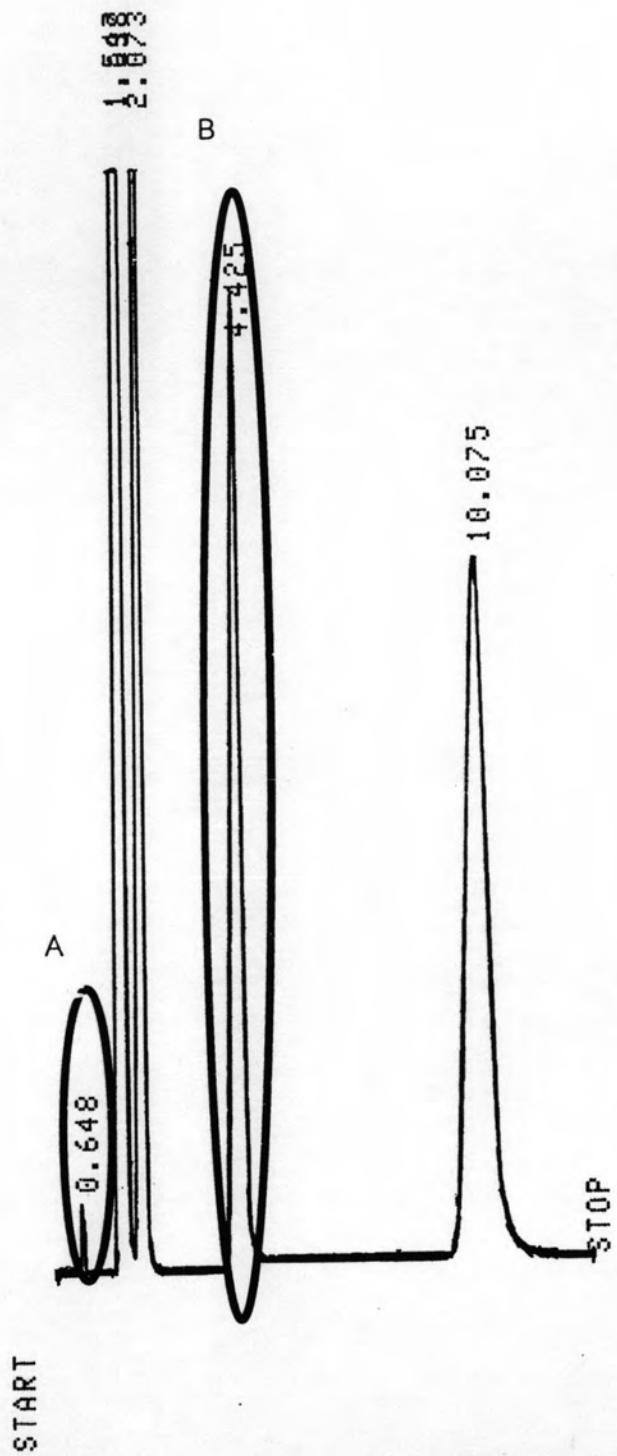
ทำให้ตัวตรวจวัดชนิดนี้สามารถตรวจสอบสารได้ทุกชนิด ยกเว้นแก๊สที่ใช้เป็นแก๊สตัวพา ภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบของแก๊สมีดังต่อไปนี้คือ อุณหภูมิของ injector และ detector เท่ากับ 150 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของคอลัมน์เท่ากับ 80 องศาเซลเซียส และปรับค่า current ที่ 140 mA ฉีดแก๊สตัวอย่างเทียบกับแก๊สผสมมาตรฐานในการวิเคราะห์หาองค์ประกอบของแก๊สแต่ละชนิด จะสังเกตจากระยะเวลาที่แก๊สใช้เวลาในการผ่านคอลัมน์ โดยแก๊สแต่ละชนิดจะใช้เวลาที่แตกต่างกัน ดังภาพที่ 3.9 จะเป็นผลของการฉีดแก๊สผสมมาตรฐาน (Restek air standard no. 34512) ที่ทราบปริมาณความเข้มข้นที่แน่นอนซึ่งจะประกอบไปด้วยแก๊สชนิดต่างๆ ตามตารางที่ 3.2 ผสมอยู่กับแก๊สฮีเลียม (helium) โดยจากภาพที่ 3.9 แก๊สมาตรฐานที่จะออกมาเป็นชนิดแรกคือ แก๊สไฮโดรเจน(peak A) แก๊สมีเทนจะออกมาเป็นลำดับที่ 5 (peak B)



ภาพที่ 3.8 การดูดตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์

ตารางที่ 3.3 องค์ประกอบและความเข้มข้นของแก๊สมาตรฐาน

องค์ประกอบของแก๊สมาตรฐาน	เปอร์เซนต์ความเข้มข้นของแก๊สมาตรฐาน
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	5
คาร์บอนมอนออกไซด์(CO)	5
ไฮโดรเจน (H_2)	4
มีเทน (CH_4)	4
ไนโตรเจน (N_2)	5
ออกซิเจน (O_2)	5
ฮีเลี่ยม (helium)	72
รวม	100



ภาพที่ 3.9 การแยกแก๊สมาตรฐานโดยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟฟี A คือแก๊สไฮโดรเจน (retention time เท่ากับ 0.65 นาที) และ B คือ แก๊สมีเทน (retention time เท่ากับ 4.43 นาที)

3.3.5 <u>วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบภายในน้ำเสีย</u>

น้ำเสียในถังปฏิกิริยาจะถูกเก็บมาปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร นำไปผ่านการกรอง เก็บใส่ขวดเก็บตัวอย่าง ปริมาตร 1 มิลลิลิตร โดยจะใส่กรดซัลฟูริกเข้มข้น 6 M 30 ไมโครลิตร เพื่อยับยั้งปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ จากนั้นดูดตัวอย่างปริมาตร 2 ไมโครลิตร แล้วทำการฉีดเข้า เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟฟี (Shimadzu GC-7AG) ซึ่งจะเชื่อมต่อกับเครื่องอ่านผล (Shimadzu CR7Ae plus) คอลัมน์ที่ใช้ในการวิเคราะห์แก๊สตัวอย่างคือ Porapack Q ยาว 1 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 3.3 มิลลิเมตร โดยในการวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำเสียจะใช้แก๊สไนโตรเจนเป็นแก๊สตัวพา (carrier gas) และมีตัวตรวจวัดแบบ Frame ionization detector (FID) เป็นดีเทคเตอร์ที่ใช้ตรวจหาสารประกอบอินทรีย์แก๊สพาจะถูกติดไฟด้วย heater ไฟฟ้าซึ่งอยู่ใกล้ๆ กับ Flame jet ส่วนอากาศที่ผ่านเข้าไปทำหน้าที่สองอย่าง คือช่วยการเผาไหม้ของแก๊สตัวพา และช่วยพาให้แก๊สที่เผาไหม้แล้วออกไป แก๊สพา และสารตัวอย่างที่ออกมาจากคอลัมน์จะเข้าสู่เปลวไฟ จะทำให้สารเหล่านั้นเกิดไอออนไนเซชันได้เป็นอิเล็กตรอนและไอออนบวก อิเล็กตรอนจะวิ่งเข้าไปยัง Flame jet ไอออนบวกจะเคลื่อนที่ไปยังอิเล็กโทรด สัญญาณที่เกิดขึ้น จะถูกส่งไปยังอิเล็กโทรมิเตอร์ และบันทึกสัญญาณด้วยเครื่องบันทึกโครมาโทแกรม ภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบของแก๊สมีดังต่อไปนี้คือ อุณหภูมิของ injector และ detector เท่ากับ 240 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของคอลัมน์เท่ากับ 180 องศาเซลเซียส ฉีดแก๊สตัวอย่างเทียบกับแก๊สผสมมาตรฐานในการวิเคราะห์หาองค์ประกอบของแก๊สแต่ละชนิด แสดงผลเหมือนกับการวิเคราะห์แก๊ส นำค่าที่ได้ทำกราฟมาตรฐาน