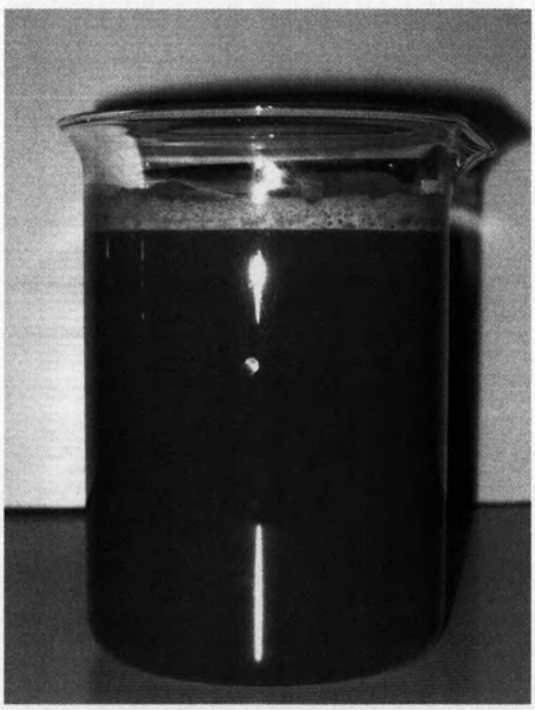
บทที่ 3

อุปกรณ์ เครื่องมือ และวิธีการทดลอง

3.1 น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

ตัวอย่างน้ำเสียที่ใช้ทดลองเก็บจากจุดปล่อยน้ำเสียของกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil : CPO) จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม บริษัท ชุมพรอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม จำกัด (มหาชน) น้ำเสียดังกล่าวมีลักษณะเป็นของเหลวข้น สีน้ำตาล เมื่อตั้งทิ้งไว้จะเกิดการแยกตัวของส่วนใสและตะกอนออกจากกัน แต่ไม่มีการแบ่งชั้นของส่วนของเหลวใสกับตะกอนอย่างชัดเจน (ภาพที่ 3.1) ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของตัวอย่างน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบที่ใช้ในการทดลองโดยเฉลี่ย แสดงดังตารางที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ลักษณะทางกายภาพของน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

ตารางที่ 3.1 ลักษณะสมบัติของตัวอย่างน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบที่ใช้ในการทดลอง

พารามิเตอร์	ผลการวิเคราะห์
ค่าพีเอช (pH)	4.29
บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD)	53,400 มิลลิกรัมต่อลิตร
ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand : COD)	112,500 มิลลิกรัมต่อลิตร
ของแข็งแขวนลอย (Total Suspended Solid : TSS)	55,175 มิลลิกรัมต่อลิตร
ของแข็งแขวนลอยระเหย (Volatile Suspended Solid : VSS)	49,092 มิลลิกรัมต่อลิตร
ไขมันและน้ำมัน (Grease and Oil : G&O)	2,568 มิลลิกรัมต่อลิตร
กรดไขมันระเหย (Volatile Fatty Acid : VFA)	1,502.34 มิลลิกรัมต่อลิตร

การเก็บตัวอย่างน้ำเสียเพื่อใช้ในการทดลอง จะทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียครั้งละประมาณ 100 ลิตร และทำการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำเสียในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

3.2 หัวเชื้อตะกอนจุลินทรีย์ที่ใช้ในการเดินระบบถังสร้างก๊าซมีเทน (ถังปฏิกิริยาแบบยูเอเอสบี)

ตะกอนจุลินทรีย์ที่ใช้ในการเดินระบบถังสร้างก๊าซมีเทนในการทดลองนี้ เป็นการนำหัวเชื้อตะกอนเม็ดจุลินทรีย์ (granulation seed) จากระบบยูเอเอสบี ซึ่งเดินระบบบำบัดน้ำเสียที่มีองค์ประกอบของน้ำตาลเป็นหลัก ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท เสริมสุข (ปทุมธานี) จำกัด มาใช้ในการเริ่มเดินระบบ (start up) และเดินระบบ (Operation)

ตะกอนเม็ดจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง มีลักษณะค่อนข้างกลม เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 มิลลิเมตร สีน้ำตาลเข้ม แสดงดังภาพที่ 3.2 มีค่า เอ็มแอลวีเอสเอส (MLVSS) ประมาณ 62,780 มิลลิกรัมต่อลิตร

โดยนำตะกอนเม็ดจุลินทรีย์ ดังกล่าวมาทำการสร้างความคุ้นเคย (acclimatization) ให้เข้ากับน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่ใช้ในการทดลอง ดังนี้

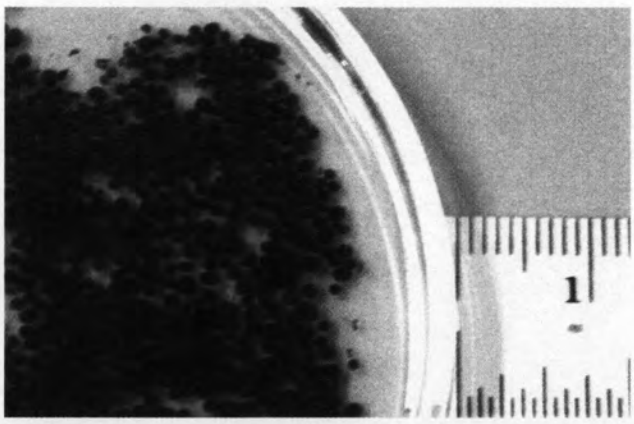
เตรียมขวดน้ำเกลือ (serum bottle) ขนาด 1 ลิตร บรรจุตะกอนเม็ดจุลินทรีย์ สารอาหารเสริม (Vanderbilt media) (ภาคผนวก ก) และน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ประมาณ 700, 50

และ50 มิลลิลิตร ตามลำดับ แล้วทำการพ่นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซไนโตรเจน (N_2) อัตราส่วน 30 :70 ลงในขวดเป็นระยะเวลานาน 5 นาที หลังจากนั้นปิดฝาขวดให้สนิทด้วยจุกยาง เพื่อป้องกันอากาศผ่านเข้าสู่ขวด แสดงดังภาพที่ 3.3 แล้วใช้เข็มฉีดยาเจาะเพื่อระบายก๊าซที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาการย่อยสลายน้ำเสียของตะกอนเม็ดจุลินทรีย์ทุกวัน เพื่อป้องกันการระเบิดจากแรงดันของก๊าซที่เกิดขึ้นสะสมอยู่ภายในขวด

สำหรับก๊าซที่ระบายออกมานั้นจะทำการวัดปริมาตรก๊าซและเก็บข้อมูลเพื่อทดสอบสภาพความคุ้นเคยของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์กับน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มก่อนนำไปใช้ในการเดินระบบ ดังนี้

1. วัดปริมาตรก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นในแต่ละวันแล้วนำข้อมูลไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับปริมาตรก๊าซมีเทนสะสม

2. เมื่อกราฟผ่านจุดที่มีความชันสูงสุดแล้ว แสดงว่าเม็ดตะกอนจุลินทรีย์มีความสามารถจำเพาะสูงสุดในการสร้างก๊าซมีเทน หรือสามารถสร้างความคุ้นเคยกับน้ำเสียดังกล่าวแล้ว



ภาพที่ 3.2 ลักษณะตะกอนเม็ดจุลินทรีย์ ที่ใช้ในการทดลอง

ภาพที่ 3.3 การสร้างความคุ้นเคย ของตะกอนเม็ดจุลินทรีย์ให้เข้ากับตัวอย่างน้ำเสีย

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือทดลอง

ในการทดลองประกอบด้วยอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ดังนี้

3.3.1 ถังสร้างกรด (Acid Tank)

ในการทดลองใช้ถังปฏิกิริยาระดับห้องปฏิบัติการ แบบเอชยูเอสบี (Hydrolysis Upflow Sludge Blanket ; HUSB) ทรงกระบอกผลิตจากพลาสติกอะคริลิกใส (acrylic) สูง 0.95 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.17 เมตร ความจุประมาณ 0.022 ลูกบาศก์เมตร กำหนดปริมาตรใช้งาน (working volume) 14 ลิตร ติดตั้งมอเตอร์และใบพัดสแตนเลส เพื่อกวนตะกอนและไล่ก๊าซภายในถังปฏิกิริยา ตัวอย่างน้ำเสียจะถูกป้อนเข้าทางด้านล่างของถังปฏิกิริยา และไหลล้นออกจากท่อด้านบนของถังปฏิกิริยา แสดงดังภาพที่ 3.4

3.3.2 ถังสร้างก๊าซมีเทน (Methane Tank)

ในการทดลองใช้ถังปฏิกิริยาระดับห้องปฏิบัติการ แบบยูเอเอสบี (Upflow Anaerobic Sludge Blanket ; UASB) ทรงกระบอกผลิตจากพลาสติกอะคริลิกใส สูง 1.00 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.055 เมตร มีปริมาตรใช้งาน 3.139 ลิตร ภายในบรรจุขดลวดสแตนเลสสูง 0.45 เมตร เพื่อป้องกันการไหลลัดวงจรของน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบ ด้านบนติดตั้งชุดแยกก๊าซและส่วนตกตะกอน (Gas Solid Separation : GSS) ตัวอย่างน้ำเสียจะถูกป้อนเข้าทางด้านล่างของถังปฏิกิริยา ของเหลว ก๊าซ และตะกอนแขวนลอยจะไหลขึ้นสู่ด้านบนผ่านชุดแยกก๊าซและส่วนตกตะกอน ของเหลวจะไหลล้นออกทางท่อด้านข้างส่วนบนของถังปฏิกิริยา ส่วนก๊าซที่เกิดขึ้นจะไหลแยกออก

จากท่อด้านบนเข้าสู่เครื่องวัดปริมาตรก๊าซ (gas meter) และเกิดการตกกลับของตะกอนแขวนลอยที่ไหลขึ้นไปปะทะกับส่วนตกตะกอน แสดงดังภาพที่ 3.5

3.3.3 เครื่องวัดปริมาตรก๊าซ (gas meter)

เป็นอุปกรณ์ที่ผลิตจากพลาสติกอะคริลิกใส มีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยม ภายในมีช่องรับก๊าซมีลักษณะเป็นช่องรับก๊าซสามเหลี่ยม 2 ข้าง มีความจุข้างละ 40 มิลลิลิตร สามารถพลิกกลับไปมาได้ แสดงดังภาพที่ 3.6 เมื่อก๊าซที่เกิดขึ้นไหลเข้าสู่ช่องรับก๊าซและสะสมก๊าซขึ้นเรื่อยๆ จนเต็มช่อง แรงดันของก๊าซภายในจะดันให้เกิดการพลิกกลับ วงจรไฟฟ้าที่ต่ออยู่กับแกนของช่องรับก๊าซจะส่งสัญญาณให้เครื่องนับจำนวนการพลิกของช่องรับก๊าซ และช่องรับก๊าซอีกข้างจะเข้ามาทำหน้าที่แทนในลักษณะเดียวกัน และทำงานวนกลับไปกลับมาเช่นนี้ตลอดระยะเวลาที่มีก๊าซเข้าสู่เครื่องวัดปริมาตรก๊าซ

3.3.4 อุปกรณ์ป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบ

3.3.4.1 อุปกรณ์ป้อนน้ำเสียเข้าสู่ถังสร้างกรด

ในการป้อนตัวอย่างน้ำเสียเข้าสู่ถังสร้างกรด ประกอบด้วย

1) เครื่องกวนแบบแท่งแม่เหล็ก (magnetic stirrer) ยี่ห้อ VELP SCIENTIFICA จำนวน 1 เครื่อง เพื่อกวนผสมตัวอย่างน้ำเสียให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกันในขณะที่ป้อนเข้าสู่ถังสร้างกรด

2) เครื่องปั๊มแบบรีดสาย (peristaltic pump) ยี่ห้อ VELP SCIENTIFICA model: SP311 สำหรับป้อนน้ำเสียเข้าสู่ถังสร้างกรด

3) เครื่องควบคุมเวลา (timer) ยี่ห้อ DIEHL Diletta model: typ 881-3 เพื่อควบคุมระยะเวลาในการสูบน้ำเสียของปั๊มเข้าสู่ถังสร้างกรด

3.3.4.2 อุปกรณ์ป้อนน้ำเสียเข้าสู่ถังสร้างก๊าซมีเทน

ใช้เครื่องปั๊มแบบรีดสาย (peristaltic pump) model: 7554-85 Cartridge pump model: 7519-10 และ Cartridge model: 7519-85 ยี่ห้อ MASTERFLEX L/S™ สำหรับการป้อนน้ำเสียเข้าสู่ถังสร้างก๊าซมีเทน

3.4 อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ

1) เครื่องวัดอุณหภูมิ (thermometer)

2) เครื่องวัดค่าพีเอช (pH meter) ยี่ห้อ CONSORT model: C830

3) ตู้อบ

4) เตาเผา (furnance) ยี่ห้อ Barnstead International model: 6010

5) เตาไฟฟ้าพร้อมเครื่องกวนแท่งแม่เหล็ก (stirring hotplate) ยี่ห้อ FAVORIT model: HS0707V2

6) เครื่องชั่งแบบละเอียด 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ AND model: GR-200

7) ปั๊มดูดสุญญากาศ (vacuum pump) ยี่ห้อ GAST model: 0523-101Q-G588EDX

8) โถดูดความชื้น (dessicator)

9) เครื่องปั่นเหวี่ยงสารให้ตกตะกอน (centrifuge) ยี่ห้อ NUVE model: CN180

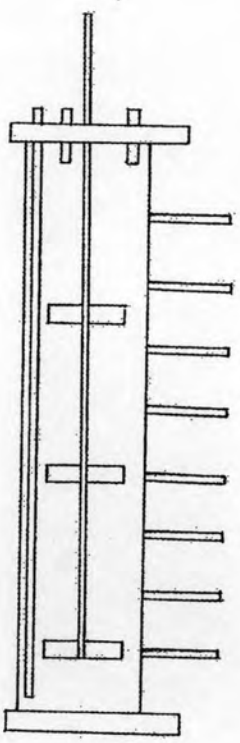
10) เตาย่อยซีโอดี ยี่ห้อ HANNA model: C9800-02

11) เครื่องวัดปริมาณออกซิเจน (Laboratory dissolved oxygenmeter) ยี่ห้อ WTW model: inoLab Oxi Level 2

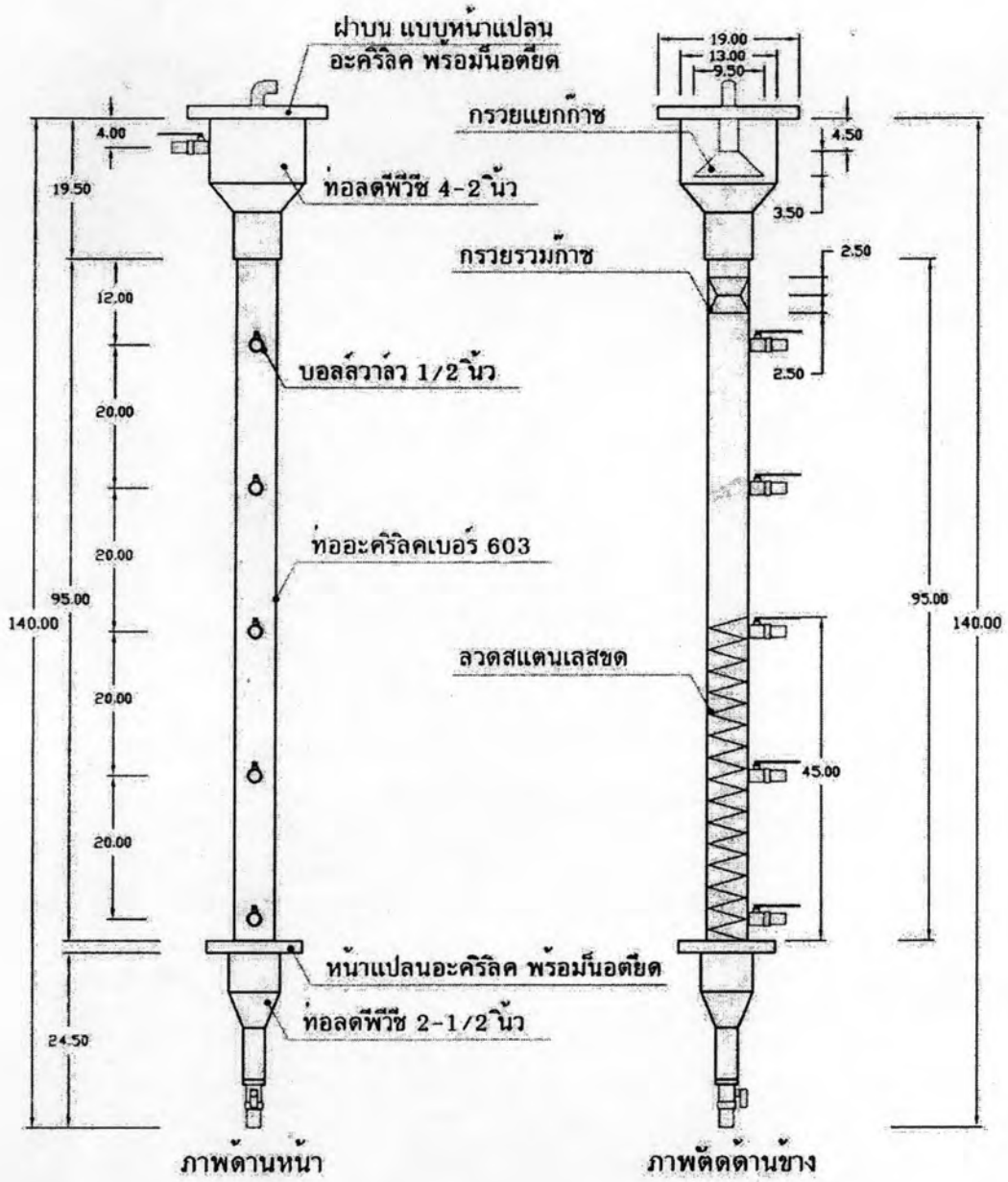
12) หัววัดออกซิเจน ยี่ห้อ WTW model: cellOx 325-3

13) เครื่องวัดและควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ Uunion model: UN-618D/817

14) เตาหลุมไฟฟ้า (heating mantle)

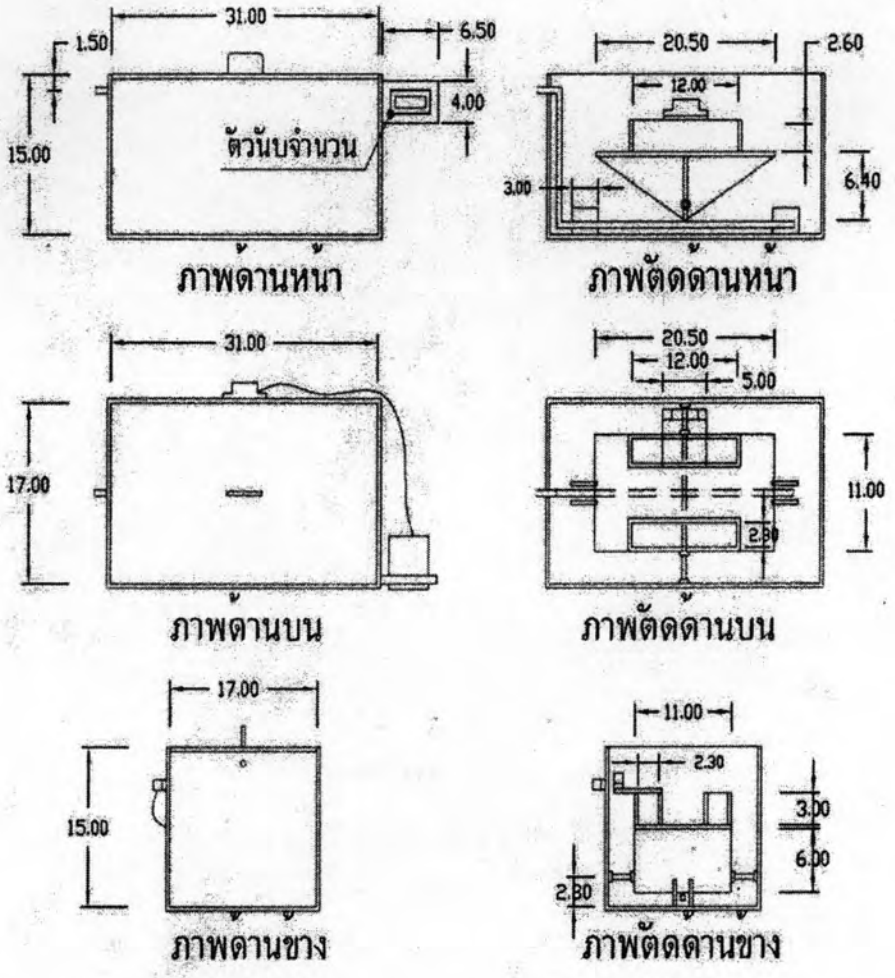


ภาพที่ 3.4 ถังสร้างกรดแบบ Hrydrolysis Upflow Sludge Blanket (HUSB) ที่ใช้ในการทดลอง



แสดงรายละเอียดของแบบจำลอง

ภาพที่ 3.5 ถังสร้างก๊าซมีเทนแบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) ที่ใช้ในการทดลอง



แสดงรายละเอียดของกล่องวัดก๊าซ

ภาพที่ 3.6 เครื่องวัดปริมาตรก๊าซ (gas meter)

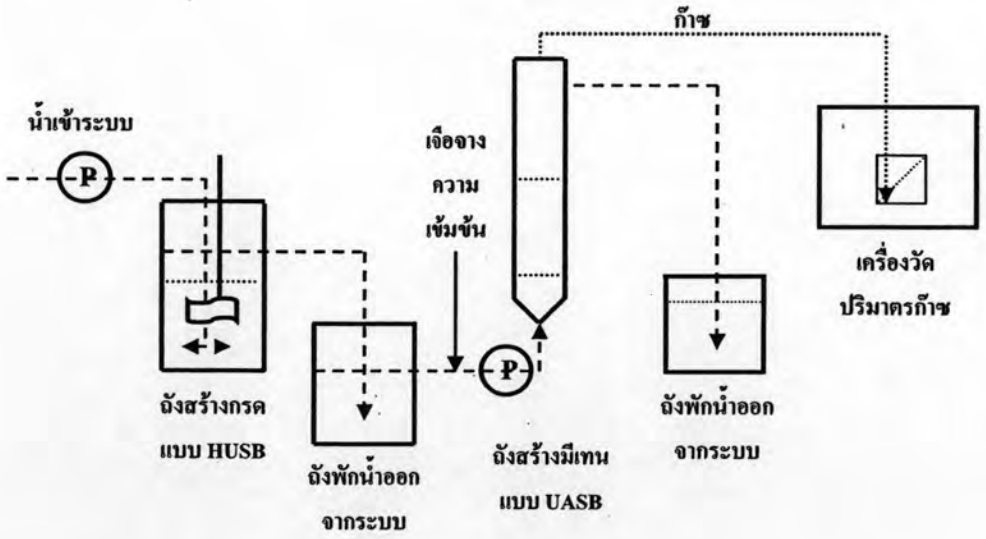
3.5 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.5.1 วิธีการเดินระบบ

3.5.1.1 แผนผังการทำงานของระบบ

ตัวอย่างน้ำเสียที่ไม่มีการปรับเปลี่ยนสภาพใดๆ จะถูกป้อนเข้าสู่ถังสร้างกรดจากทางด้านล่างของถังแบบกึ่งต่อเนื่อง (semi continuous) เพื่อให้มีระยะเวลากักพักทางชลศาสตร์ ตามความต้องการ และมีการกวน เป็นระยะไม่ต่อเนื่องตลอดเวลาเพื่อไล่ก๊าซที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสที่แทรกอยู่ภายในชั้นตะกอน ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดการแยกชั้นลอยตัวและไหลออกจากถัง ตามลำดับ และการกวนยังช่วยทำให้ตัวอย่างน้ำเสียที่ป้อนกับตะกอนจุลินทรีย์ภายในถังสร้างกรดมีโอกาสสัมผัสกันมากขึ้น

ตัวอย่างน้ำเสียที่ถูกกักพักไว้จะไหลล้นเข้าสู่ถังพักน้ำออก ต่อจากนั้นจะทำการเจือจางความเข้มข้นเพื่อให้มีอัตราภาระสารอินทรีย์ ตามแผนการทดลอง ก่อนที่จะป้อนเข้าสู่ถังสร้างก๊าซมีเทนทางด้านล่างของถัง ตัวอย่างน้ำเสียที่ผ่านถังสร้างก๊าซมีเทนและก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจะไหลผ่านชุดแยกก๊าซและส่วนตกตะกอนด้านบนของถัง โดยที่น้ำเสียจะไหลล้นเข้าสู่ถังพักน้ำ ส่วนก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจะไหลเข้าสู่เครื่องวัดปริมาตรก๊าซ และตะกอนแขวนลอยจะปะทะกับส่วนตกตะกอนและตกกลับสู่ด้านล่าง แสดงดังภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.7 การเดินระบบของระบบบำบัดน้ำเสียแบบยูเอเอสบี (UASB) ที่มีถังสร้างกรดแบบ Hydrolysis Upflow Sludge Blanket (HUSB)

3.5.1.2 แผนการทดลอง

ในการทดลองจะทำการศึกษาขั้นตอนการสร้างกรดและขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทนแยกออกจากกัน เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม (optimum condition) ของแต่ละขั้นตอน ซึ่งมีพารามิเตอร์ที่ต้องการศึกษา ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าพารามิเตอร์กับตำแหน่งที่ทำการศึกษาของระบบบำบัด และวิธีการวิเคราะห์

พารามิเตอร์	ถังสร้างกรด	ถังสร้างก๊าซมีเทน	วิธีการวิเคราะห์ หรือ เครื่องมือทดลอง
อุณหภูมิ	*	*	Thermometer
ค่าพีเอช (pH)	*	*	pH Meter
กรดระเหย (VA)	*	*	Distillation Method
สภาพด่าง (alkalinity)	*	*	Titration Method วิธีของ Dilallo & Albertson
ของแข็งแขวนลอย (SS)	*	*	Total Suspended Solids Dried at 103 – 105 ^{o}C
ของแข็งแขวนลอยระเหย (VSS)	*	*	Fixed and Volatile Solids Ignite at 500 ^{o}C
ซีโอดี (COD)	*	*	Closed Reflux ,Titrimetric Method
บีโอดี (BOD)		*	5 – Day BOD Test
น้ำมันและไขมัน (O&G)		*	Partition-Gravimetric Method
ก๊าซชีวภาพ (biogas)		*	Gas Meter
องค์ประกอบก๊าซชีวภาพ (%CH_4)		*	Oldham Pocket Explosimeter- catharometer type Ex2000c
ลักษณะภายนอกและภายในของตะกอนเม็ดจุลินทรีย์		*	Scanning Electron Microscope

หมายเหตุ : ทุกพารามิเตอร์วิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน (American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation, 1998) ยกเว้น การวิเคราะห์สภาพด่าง ใช้วิธีของ Dilallo & Albertson ตามคู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย (คณะกรรมการจัดทำคู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2540) การวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพ และลักษณะทางกายภาพของเม็ดตะกอนจุลินทรีย์

1) การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของถังสร้างกรด

ในการทดลองนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ด้วยกันคือ ช่วงที่ 1 การทดลองเพื่อหา สภาวะการไฮโดรไลซิสที่เหมาะสม (optimum hydrolysis condition) เบื้องต้น เพื่อให้ได้ข้อมูลเบื้องต้นนำไปใช้ในการเดินระบบถังสร้างกรด และช่วงที่ 2 การเดินระบบถังสร้างกรดเพื่อทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมของถังสร้างกรด (optimum condition of acid tank)

1.1) การทดลองไฮโดรไลซิส

เนื่องจากขั้นตอนแรกของกระบวนการสองขั้นตอน ช่วงค่าพีเอชที่เหมาะสมที่สุดอยู่ระหว่างค่าพีเอช 4.00-6.50 (Speece, 1996) จึงทำการทดลองโดยกำหนดค่าพีเอช

เริ่มต้น ที่ค่าพีเอชจริงของตัวอย่างน้ำเสีย (ค่าพีเอช 4.80) ค่าพีเอช 5.50 และค่าพีเอช 6.00 โดยใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) เป็นสารเคมีปรับค่าพีเอช แล้วทำการทดลองไฮโดรไลซิสตัวอย่างน้ำเสียทั้ง 3 ชุดการทดลอง โดยทำการบรรจุตัวอย่างน้ำเสียปริมาตร 900 มิลลิลิตร ลงใน Flask ขนาด1 ลิตร ปิดฝาให้สนิทด้วยจุกยางที่ต่อท่อเพื่อระบายก๊าซที่เกิดขึ้น ซึ่งมีปลายจุ่มอยู่ในน้ำ แล้วทำการกวนตัวอย่างน้ำเสียอย่างต่อเนื่องด้วยเครื่องกวนแท่งแม่เหล็ก (magnetic stirrer) แสดงดังภาพที่ 3.8 แล้วทำการเก็บตัวอย่างวิเคราะห์ผลการทดลองต่อเนื่องทุกวัน เพื่อทำการวิเคราะห์หาระยะเวลากักพักทางชลศาสตร์ ที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองที่มีประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหย ได้มากที่สุด และวิเคราะห์ประสิทธิภาพการสร้างกรดไขมันระเหย

ภาพที่ 3.8 การทดลองไฮโดรไลซิสตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

1.2) การเดินระบบถังสร้างกรด

เลือกค่าพีเอชเริ่มต้น และระยะเวลากักพักทางชลศาสตร์ที่เหมาะสมจากการทดลองไฮโดรไลซิส (ข้อ 1.1) นำมาใช้ในการเดินระบบของถังสร้างกรด ตัวอย่างน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ถังสร้างกรด จะใช้ตัวอย่างน้ำเสียจริงที่ไม่มีการปรับเปลี่ยนลักษณะสมบัติใดๆ แล้วทำการทดสอบประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหยและประสิทธิภาพการสร้างกรดไขมันระเหย

ในการทดสอบประสิทธิภาพของถังสร้างกรดจะใช้ระยะเวลาในการเดินระบบอย่างน้อยเท่ากับระยะเวลากักพักทางชลศาสตร์ แล้วเดินระบบต่อจนประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหย คงที่เป็นระยะเวลา 5 วัน

หลังจากที่ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหยคงที่แล้ว จึงทำการลดระยะเวลากักพักทางชลศาสตร์ลงจากระยะเวลากักพักทางชลศาสตร์ที่ได้จากการทดลอง

ไฮโดรไลซิส เดินระบบจนประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหยคงที่ แล้วจึงเพิ่มระยะเวลากักพักทางชลศาสตร์ ขึ้นจากระยะเวลากักพักทางชลศาสตร์ที่ได้จากการทดลองไฮโดรไลซิส เพื่อเปรียบเทียบผลของระยะเวลากักพักทางชลศาสตร์ ต่อประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหย และประสิทธิภาพการสร้างกรดไขมันระเหยซึ่งจากการทดลองไฮโดรไลซิส ได้ระยะเวลากักพักทางชลศาสตร์ที่เหมาะสม 14 วัน ดังนั้นในการเดินระบบ จึงเลือกระยะเวลากักพักทางชลศาสตร์ ในการเดินระบบดังนี้ได้แก่ 14 วัน, 10 วัน และ 20 วัน ตามลำดับ

ในระหว่างการเดินระบบถังสร้างกรด จะทำการทิ้งตะกอนส่วนเกินออกจากระบบ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง โดยใช้เกณฑ์การทิ้งตะกอน ร้อยละ 50 ของของแข็งแขวนลอยระเหยสะสมที่ป้อนเข้าสู่ถังสร้างกรด

ภาพที่ 3.9 การเดินระบบถังสร้างกรดแบบเอชยูเอสบี (HUSB)

2) การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของถังสร้างก๊าซมีเทน

ทำการป้อนน้ำเสียเข้าสู่ถังสร้างก๊าซมีเทน ด้วยระยะเวลากักพักทางชลศาสตร์ 24 ชั่วโมง อัตราการไหล 2.2 มิลลิลิตรต่อนาที โดยทำการเจือจางตัวอย่างน้ำเสียที่ออกจากถังสร้างกรด ซึ่งเก็บรักษาในห้องเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ด้วยน้ำประปาตั้งแต่เริ่มทำการทดลองเป็นระยะเวลา 7 วัน และใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) เป็นสารเคมีปรับค่าพีเอชและ

ปรับสภาพด่าง ก่อนทำการป้อนเข้าสู่ถังสร้างก๊าซมีเทน หลังจากวันที่ 7 ของการทดลองจึงเปลี่ยนไปใช้น้ำที่ออกจากถังสร้างก๊าซมีเทนเป็นน้ำเจือจาง เพื่อเพิ่มสภาพด่างและลดปริมาณการเติมสารเคมีเพื่อปรับสภาพด่าง โดยควบคุมค่าพีเอชอยู่ในช่วง 6.8-7.8 และขณะเดินระบบจะใช้กระดาษแข็งหุ้มถังปฏิกิริยาเพื่อป้องกันการรบกวนจากแสงซึ่งจะส่งผลต่อการทำงานของระบบไร้อากาศได้

ป้อนภาระสารอินทรีย์เข้าสู่ถังสร้างก๊าซมีเทน และเพิ่มภาระสารอินทรีย์ขึ้นเรื่อยๆ เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ ดังนี้ 0.20, 0.50, 0.75, 1.00 และ 1.25 กรัมซีโอดีต่อกรัมของแข็งแขวนลอยระเหยต่อวัน (g COD/ gVSS-d) เป็นลำดับ จนระบบเกือบจะล้มเหลว เก็บตัวอย่างวิเคราะห์ผลการทดลองระหว่างเดินระบบ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ที่ภาระสารอินทรีย์ต่างๆ แล้วนำข้อมูลมาเขียนกราฟ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดสารอินทรีย์สูงสุด (optimum organic removal)

แล้วนำสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดสารอินทรีย์สูงสุดที่ได้จากการทดลองไปทดลองเดินระบบด้วยน้ำเสียจริง

วัดอัตราการสร้างก๊าซชีวภาพด้วยเครื่องวัดปริมาตรก๊าซ และวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพในรูปร้อยละก๊าซมีเทนโดยปริมาตร ($\%CH_4$)

ภาพที่ 3.10 การเดินระบบถังสร้างก๊าซมีเทนแบบยูเอเอสบี (UASB)

3.5.1.3 การเริ่มต้นเดินระบบ

การเริ่มต้นเดินระบบจะต้องทำการติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ดำเนินการทดลองและทำการทดสอบความพร้อมของอุปกรณ์ต่างๆ โดยเฉพาะรอยรั่วของถังปฏิกิริยายูเอเอสบี โดยใช้น้ำสบู่ในการทดสอบ เมื่อตรวจสอบความเรียบร้อยแล้วจึงเริ่มต้นเดินระบบ ดังนี้

1) การเริ่มต้นเดินระบบถังสร้างกรด

กำหนดปริมาตรใช้งานของถังสร้างกรดที่ระดับ 14 ลิตร เพื่อให้ระดับน้ำด้านบนอยู่ในระดับเดียวกับใบพัดกวนน้ำเสีย นำมูลวัวละลายน้ำประปาแล้วกรองเส้นใย(เศษหญ้า)ออก เพื่อใช้เป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์ ได้ค่าเอ็มแอลวีเอสเอส (MLVSS) เท่ากับ 9,300 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นเติมหัวเชื้อลงในถังสร้างกรดให้มีความเข้มข้น 5,000 มิลิกรัมต่อลิตรถังปฏิกิริยา

จากนั้นเติมตัวอย่างน้ำเสียจนได้ปริมาตร 14 ลิตร และเติมโพลิเมอร์ (polymer) Praestol 852 BC ด้วยอัตราส่วน 5 มิลลิกรัมต่อกรัมวีเอสเอส เพื่อให้ตะกอนภายในถังปฏิกิริยาจับตัวเป็นชั้นดักจับตะกอนน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ถังปฏิกิริยา กวนตะกอนน้ำเสียภายในถังสร้างกรดด้วยอัตราเร็วประมาณ 100 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 15 นาที หยุด 1 ชั่วโมง 45 นาที เป็นระยะเวลา 7 วัน เพื่อปรับสภาพ หัวเชื้อจุลินทรีย์(มูลวัว) ให้คุ้นเคยกับตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และปรับค่าพีเอชภายในถังสร้างกรดให้มีค่าพีเอช 6.00 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ก่อนจะเริ่มป้อนน้ำเสีย ซึ่งใช้ตัวอย่างน้ำเสียที่ไม่มีการปรับเปลี่ยนลักษณะสมบัติใดๆ หลังจากนั้นดำเนินการทดลองตามแผนการทดลองต่อไป

2) การเริ่มต้นเดินระบบถังสร้างก๊าซมีเทน

นำตะกอนเม็ดจุลินทรีย์ที่ผ่านการปรับสภาพแล้ว เติมลงในถังปฏิกิริยายูเอเอสบีโดยกำหนดค่าเอ็มแอลวีเอสเอส (MLVSS) เท่ากับ 20,000 มิลลิกรัมของแข็งแขวนลอยระเหยต่อลิตรของถังปฏิกิริยา พร้อมกับสารอาหารเสริม Vanderbilt media (ภาคผนวก ก) จนเต็มถังปฏิกิริยา ปิดฝาให้สนิทและต่อท่อก๊าซเข้ากับเครื่องวัดปริมาตรก๊าซ จากนั้นพ่นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซไนโตรเจน (N_2) ด้วยอัตราส่วน $CO_2 : N_2 = 30 : 70$ เป็นระยะเวลา 5 นาที เพื่อไล่ก๊าซออกซิเจนหลังจากนั้นจึงเริ่มป้อนน้ำเสียตามแผนการทดลอง

3.5.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองระหว่างเดินระบบ

3.5.2.1 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสียและก๊าซชีวภาพ

1) ถังสร้างกรด

ตารางที่ 3.3 พารามิเตอร์และความถี่ในการวิเคราะห์ผลการทดลองของถังสร้างกรด

พารามิเตอร์	ความถี่ในการวิเคราะห์	
	น้ำเข้าถังสร้างกรด	น้ำออกจากถังสร้างกรด
อุณหภูมิ, ^{o}C	-	ทุกวัน
ค่าพีเอช (pH)	1 ครั้ง/สัปดาห์	ทุกวัน
กรดไขมันระเหย (VFA) , มิลลิกรัมต่อลิตร	1 ครั้ง/สัปดาห์	ทุกวัน
สภาพด่าง (Alk) , มิลลิกรัมต่อลิตร	1 ครั้ง/สัปดาห์	ทุกวัน
ซีโอดี (COD), มิลลิกรัมต่อลิตร	1 ครั้ง/สัปดาห์	2 ครั้ง/สัปดาห์
ของแข็งแขวนลอย (SS), มิลลิกรัมต่อลิตร	1 ครั้ง/สัปดาห์	ทุกวัน
ของแข็งแขวนลอยระเหย (VSS), มิลลิกรัมต่อลิตร	1 ครั้ง/สัปดาห์	ทุกวัน

2) ถังสร้างก๊าซมีเทน

ตารางที่ 3.4 พารามิเตอร์และความถี่ในการวิเคราะห์ผลการทดลองของถังสร้างก๊าซมีเทน

พารามิเตอร์	ความถี่ในการวิเคราะห์	
	น้ำเข้าถังสร้างก๊าซมีเทน	น้ำออกจาก ถังสร้างก๊าซมีเทน
อุณหภูมิ, ^{o}C	-	ทุกวัน
ค่าพีเอช (pH)	3 ครั้ง/สัปดาห์	3 ครั้ง/สัปดาห์
กรดไขมันระเหย (VFA) , มิลลิกรัมต่อลิตร	3 ครั้ง/สัปดาห์	3 ครั้ง/สัปดาห์
สภาพด่าง (Alk) , มิลลิกรัมต่อลิตร	3 ครั้ง/สัปดาห์	3 ครั้ง/สัปดาห์
ซีโอดี (COD), มิลลิกรัมต่อลิตร	3 ครั้ง/สัปดาห์	3 ครั้ง/สัปดาห์
บีโอดี (BOD), มิลลิกรัมต่อลิตร	2 ครั้ง/สัปดาห์	2 ครั้ง/สัปดาห์
ของแข็งแขวนลอย (SS), มิลลิกรัมต่อลิตร	1 ครั้ง/สัปดาห์	1 ครั้ง/สัปดาห์
ของแข็งแขวนลอยระเหย (VSS), มิลลิกรัมต่อลิตร	1 ครั้ง/สัปดาห์	1 ครั้ง/สัปดาห์
น้ำมันและไขมัน (G&O), มิลลิกรัมต่อลิตร	ที่สภาวะคงตัว	ที่สภาวะคงตัว
อัตราการสร้างก๊าซชีวภาพ , มิลลิลิตรต่อวัน	ทุกวัน	
องค์ประกอบก๊าซชีวภาพ ($\%CH_4$) , ร้อยละก๊าซมีเทนโดยปริมาตร	ที่สภาวะคงตัว	

3.5.2.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนเม็ดจุลินทรีย์

ตารางที่ 3.5 พารามิเตอร์และความถี่ในการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของตะกอนเม็ดจุลินทรีย์

พารามิเตอร์	ความถี่ในการวิเคราะห์	วิธีการวิเคราะห์
ลักษณะภายนอกของตะกอนเม็ดจุลินทรีย์	ก่อน/หลัง การทดลอง	Scanning Electron Microscope
ลักษณะภายในของตะกอนเม็ดจุลินทรีย์	ก่อน/หลัง การทดลอง	Scanning Electron Microscope

3.6 การประเมินประสิทธิภาพของระบบ

คำนวณประสิทธิภาพของระบบจากข้อมูลการวิเคราะห์ผลการทดลอง

3.6.1 การประเมินประสิทธิภาพถังสร้างกรด

ทำการประเมินประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยระเหย(VSS removal) และประสิทธิภาพการสร้างกรดไขมันระเหย ที่ระยะเวลากักพักทางชลศาสตร์ต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบศึกษาสภาวะที่เหมาะสม (optimum condition) ในการเดินระบบถังสร้างกรด

3.6.2 การประเมินประสิทธิภาพถังสร้างก๊าซมีเทน

ทำการประเมินประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดี ประสิทธิภาพการกำจัดกรดไขมันระเหย ประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันและไขมัน และประสิทธิภาพการสร้างก๊าซชีวภาพ และก๊าซมีเทนที่อัตราการป้อนภาระสารอินทรีย์ ต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเดินระบบถังสร้างก๊าซมีเทน

และติดตามตรวจสอบ (monitoring) ค่าพีเอช สภาพความเป็นด่าง และอุณหภูมิของระบบเพื่อประเมินเสถียรภาพของระบบ