บทที่ 3
วิธีดำเนินการศึกษา

วิธีดำเนินการศึกษาในงานวิจัยนี้แสดงโดยเรียงลำดับตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยซึ่งสามารถแสดงได้ดังนี้

3.1 ของเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบ

ของเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบประกอบด้วยมันสำปะหลังบดที่ผ่านการทำพืชหมักผสมกับน้ำเสียฟาร์มสุกรที่ผ่านระบบบำบัดแล้ว โดยมันสำปะหลังที่ใช้ในการทดลองเป็นมันสำปะหลังสดพันธุ์ระยอง 5 ที่ผ่านการปอกเปลือกและล้างให้สะอาด บดด้วยเครื่องบดสับชนิด Hammer mill ให้มีขนาดเล็กกว่า 30 มิลลิเมตร แล้วนำไปกองเก็บวัสดุในรูปของพืชหมักโดยนำมันสำปะหลังที่ผ่านการบดบรรจุใส่ถังแล้วอัดให้แน่นหลังจากนั้นจึงปิดฝาเพื่อป้องกันก๊าซออกซิเจนและนำไปเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 สัปดาห์ มันสำปะหลังหมักก่อนนำมาใช้รักษาสภาพโดยการเก็บไว้ที่ห้องเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ส่วนน้ำเสียฟาร์มสุกรที่ผ่านการบำบัดแล้วเป็นน้ำเสียที่ผ่านระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบบ่อหมักแบบรางตามด้วยถังยูเอเอสบี จากฟาร์มสุกรในเครือเจริญโภคภัณฑ์ อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ โดยลักษณะสมบัติของมันสำปะหลังหมักและน้ำเสียฟาร์มสุกรที่ผ่านระบบบำบัด แสดงดังตารางที่ 3.1 และ 3.2

ตารางที่ 3.1 ลักษณะสมบัติของมันสำปะหลังหมัก (จำนวนตัวอย่าง= 10 ตัวอย่าง)

พารามิเตอร์	ค่า
%TS	60±12.20%
%VS	48±10.80%
pH	4.10±0.02

ตารางที่ 3.2 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียฟาร์มสุกรที่ผ่านระบบบำบัด (จำนวนตัวอย่าง= 10 ตัวอย่าง)

พารามิเตอร์	ค่า
%TS	0.3±0.01%
%VS	0.1±0.01%
pH	5.81±0.11

ในการผลิตก๊าซชีวภาพ การรักษาปริมาณธาตุอาหารหลักและค่าสภาพด่างให้เพียงพอมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งถ้าหากสารดังกล่าวในระบบไม่เพียงพอ จะมีผลกระทบทั้งต่อขั้นตอนการผลิตกรดอินทรีย์ระเหยและขั้นตอนการนำกรดไปใช้ผลิตก๊าซ และเมื่อระบบขาดธาตุอาหารจะทำให้อัตราการผลิตกรดลดลงพร้อมไปกับอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพที่ลดลงด้วย จากการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของส่วนผสมระหว่างมันสำปะหลังหมักและน้ำเสียฟาร์มสุกรที่ผ่านการบำบัดโดยกระบวนการไร้ออกซิเจนที่ใช้เป็นสารป้อนประกอบด้วยธาตุอาหารดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ลักษณะสมบัติของมันสำปะหลังหมักผสมกับน้ำเสียฟาร์มสุกรที่ผ่านระบบบำบัดแล้ว

ลักษณะ	TKN(mg/l)	NH_3(mg/l)	TP(mg/l)
มันสำปะหลังหมักผสมกับน้ำเสียฟาร์มสุกรที่ผ่านการบำบัดแล้ว	278±128	182±53	53±24

โดยเมื่อพิจารณาจากคุณสมบัติดังกล่าวแล้ว พบว่าส่วนผสมดังกล่าวขาดธาตุอาหารโดยเฉพาะไนโตรเจน ในงานวิจัยนี้จึงทำการปรับสัดส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจน(ในรูปแอมโมเนียมคลอไรด์)เพื่อรักษาปริมาณธาตุอาหารหลักให้เพียงพอโดยใช้อัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนเท่ากับ 100:2 (สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2553) และทำการเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจสอบว่าระบบได้รับสารอาหารในรูปของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสอย่างเพียงพอโดยนำข้อมูลปริมาณการเติมสารอาหารหลักดังกล่าวไปปรับใช้ในการทดลองที่ 2, 3 และ 4 ต่อไป

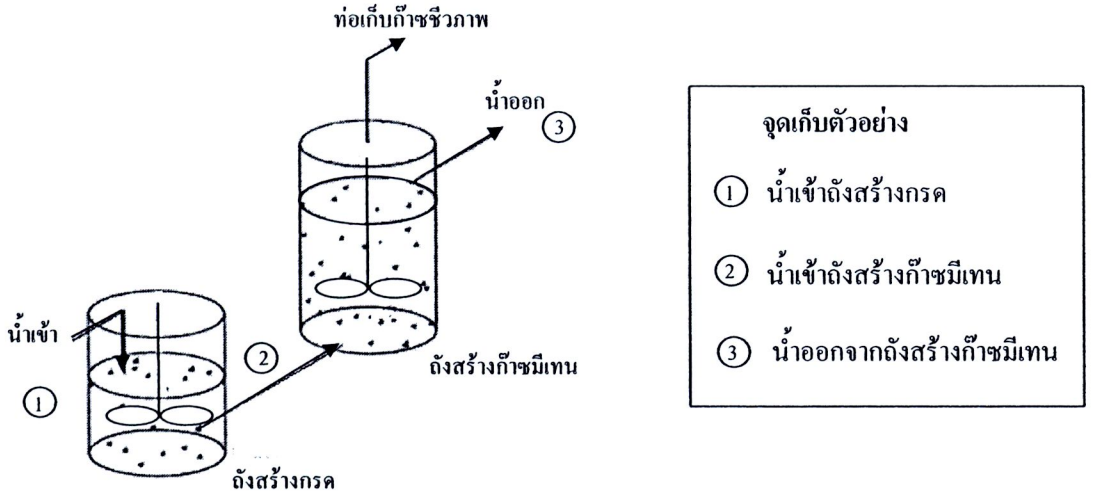
กำหนดให้ของเสียเข้าสู่ระบบมีปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับ 4% ซึ่งเป็นปริมาณของแข็งที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองหาค่า Biochemical Methane Potential (สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2553) โดยจากการทดลองหาปริมาณของแข็งทั้งหมดของมันสำปะหลังและน้ำเสียจากฟาร์มสุกรฯ โดยใช้ตัวอย่างจำนวน 10 ตัวอย่าง พบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของมันสำปะหลังและน้ำเสียจากฟาร์มสุกรที่ผ่านการบำบัดแล้ว คือ 60±12.20% และ 0.3±0.01% ตามลำดับ โดยลักษณะสมบัติของของเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบ แสดงดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ลักษณะสมบัติของของเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบ

พารามิเตอร์	ค่า
%TS	4.0
%VS	3.2
pH	6.42±0.31
Alkalinity (มก.$CaCO_3$/ล.)	994±194
VFA (มก.CH_3COOH/ล.)	838±118
TCOD (มก./ล.)	43,925±5,898
FCOD (มก./ล.)	5,568±1,152
TSS (มก./ล.)	35,607±6,815
VSS (มก./ล.)	34,559±6,615

3.2 ระบบถังปฏิกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

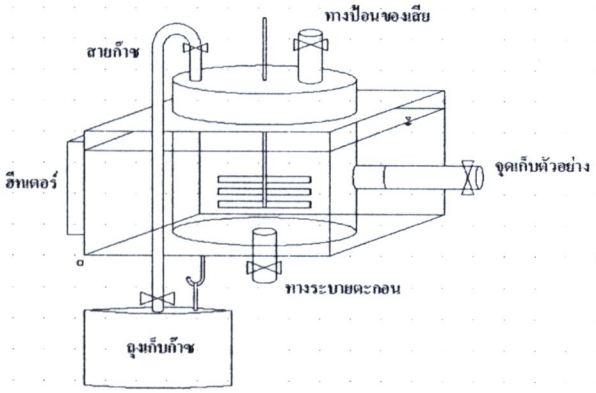
ระบบถังปฏิกรณ์ที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นระบบถังปฏิกรณ์แบบสองขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วยถังสร้างกรดทำงานที่สภาวะเทอร์โมฟิลิคและถังสร้างก๊าซมีเทนที่สภาวะเมโซฟิลิค ไดอะแกรมของระบบแสดงดังรูปที่ 3.1



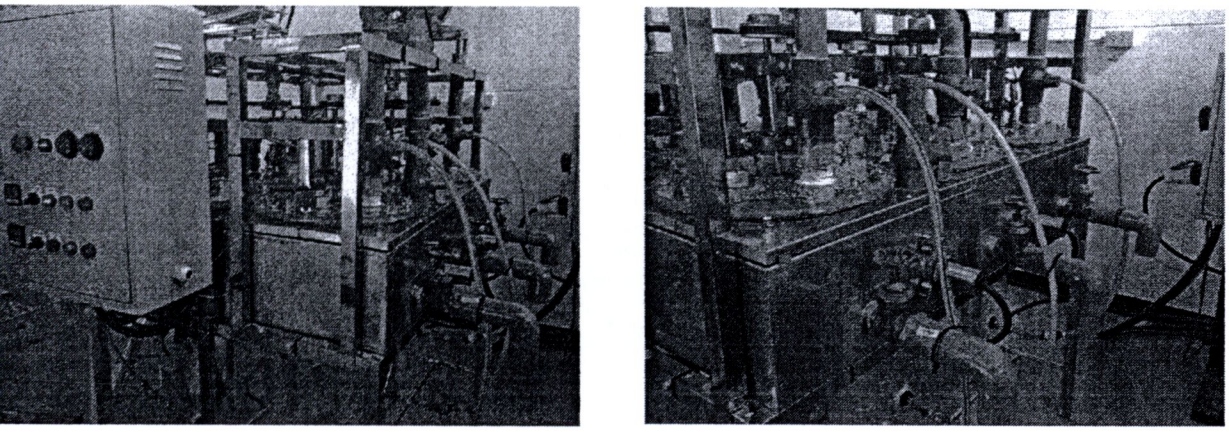
รูปที่ 3.1 ไดอะแกรมของระบบถังปฏิกรณ์ที่ใช้

3.2.1 แบบจำลองของถังปฏิกรณ์

3.2.1.1 ถังสร้างกรด เป็นรูปทรงกระบอกสูง 0.25 เมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.30 เมตร ทำจากอะคริลิคใส ระบบถังสร้างกรดประกอบด้วย วาล์วระบายตะกอนออกขนาด 1.5 นิ้ว ช่องป้อนวัตถุดิบเข้าสู่ถังซึ่งใช้ท่อพีวีซีขนาด 1.5 นิ้ว ช่องเก็บก๊าซชีวภาพที่ต่อเข้ากับถุงเก็บก๊าซความจุ 10 ลิตร ซึ่งใช้สายก๊าซพีวีซีใสเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 15 มิลลิเมตร ชุดกวนประกอบด้วยใบพัด (ลักษณะเทอร์ไบน์ มีใบพัดทั้งหมด 6 ใบ) และเพลาทำจากสแตนเลสสตีลส่งกำลังด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ายี่ห้อ MITSUBISHI ขนาด 0.5 แรงม้า (0.4 กิโลวัตต์) ผ่านชุดเฟืองทดซึ่งปรับให้มีความเร็วรอบ 141 รอบต่อนาที ให้ความร้อนแก่ถังปฏิกรณ์โดยใช้เครื่องทำความร้อนไฟฟ้าขนาด 2000 วัตต์ จำนวณ 2 เครื่อง ควบคุมโดยเทอร์โมคัพเพิล (thermocouple)ให้ระบบมีอุณหภูมิ 55±5 องศาเซลเซียส รายละเอียดของอุปกรณ์และรูปภาพติดตั้งระบบ แสดงในรูปที่ 3.1 และ 3.2

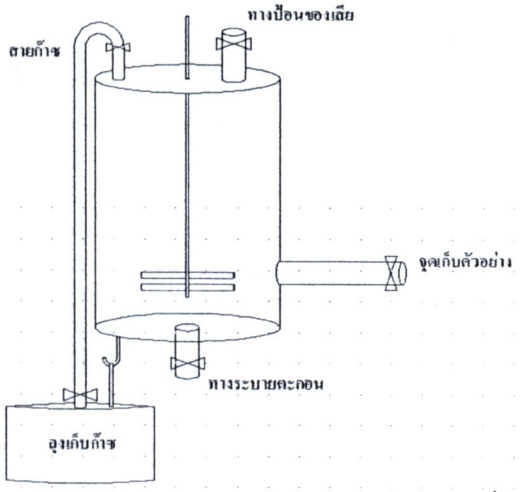


รูปที่ 3.2 ภาพจำลองถังสร้างกรด

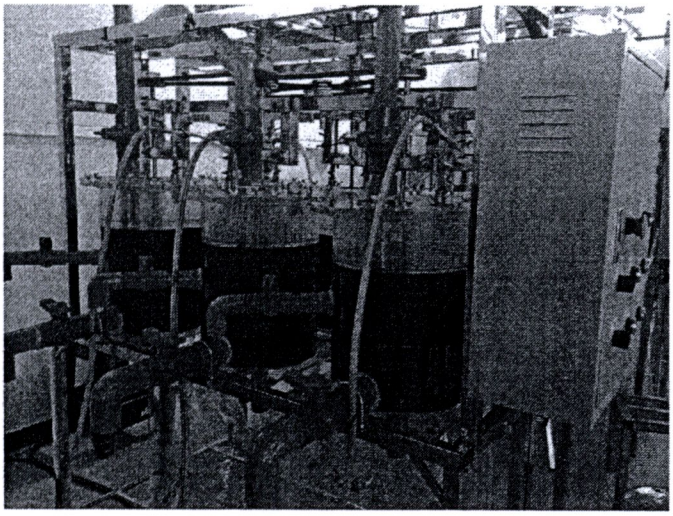


รูปที่ 3.3 ลักษณะและการติดตั้งถังสร้างกรด

3.2.1.2 ถังสร้างก๊าซมีเทน เป็นรูปทรงกระบอกสูง 0.40 เมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.30 เมตร ทำจากอะคริลิคใส ระบบถังสร้างก๊าซมีเทนประกอบด้วย วาล์วระบายตะกอนออกขนาด 1.5 นิ้ว ช่องป้อนวัตถุดิบเข้าสู่ถังซึ่งใช้ท่อพีวีซีขนาด 1.5 นิ้ว ช่องเก็บก๊าซชีวภาพที่ต่อเข้ากับถุงเก็บก๊าซความจุ 10 ลิตรซึ่งใช้สายก๊าซพีวีซีใสเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 15 มิลลิเมตร ชุดกวนประกอบด้วยใบพัด (ลักษณะเทอร์ไบน์ มีใบพัดทั้งหมด 4 ใบ) และเพลาทำจากสแตนเลสสตีลส่งกำลังด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.5 แรงม้า ผ่านชุดเฟืองทดซึ่งปรับให้มีความเร็วรอบ 50 รอบต่อนาที รายละเอียดของอุปกรณ์และรูปภาพติดตั้งระบบ แสดงในรูปที่ 3.4 และ 3.5



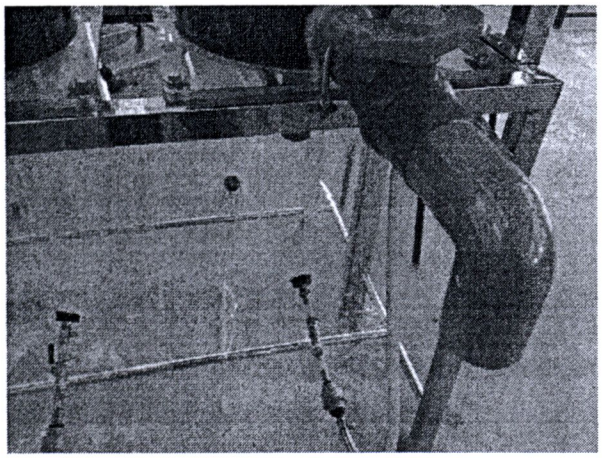
รูปที่ 3.4 ภาพจำลองถังสร้างก๊าซมีเทน



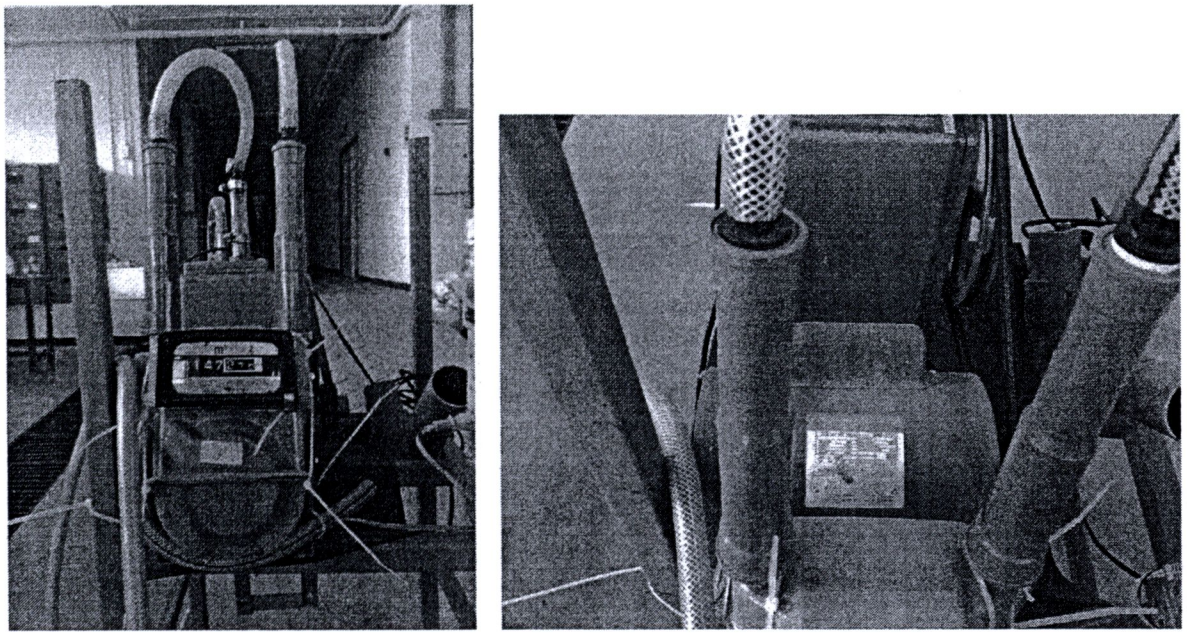
รูปที่ 3.5 ลักษณะและการติดตั้งถังสร้างก๊าซมีเทน

3.2.2 อุปกรณ์เก็บก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น ทำการเก็บรวบรวมโดยผ่านท่อที่ติดตั้งบนถังปฏิกิริยาเข้าสู่ถุงเก็บก๊าซจากถังสร้างกรดและถังสร้างก๊าซมีเทน ขนาดบรรจุ 10 และ 20 ลิตร ตามลำดับ และนำไปวัดปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นวันละ 2 ครั้ง (เช้าและเย็น) โดยใช้มิเตอร์ยี่ห้อ Pioneer รุ่น SM-1/2 วัดปริมาณก๊าซในถุงเก็บก๊าซของถังปฏิกิริยาแต่ละใบ ลักษณะถุงเก็บก๊าซและมิเตอร์วัดก๊าซ แสดงดังรูปที่ 3.6 และ 3.7 (ก. และ ข.)



รูปที่ 3.6 ลักษณะและการติดตั้งถุงเก็บก๊าซชีวภาพ



(ก.) (ข.)

รูปที่ 3.7 (ก. และ ข.) ชุดมิเตอร์ที่ใช้ในการวัดปริมาณก๊าซชีวภาพ

3.3 การดำเนินการทดลอง

3.3.1 การเริ่มต้นระบบ

เริ่มต้นระบบโดยนำตะกอนจุลชีพแบบไม่ใช้ออกซิเจนจากถังหมักระบบกวนสมบูรณ์ ความจุ 1 ลูกบาศก์เมตร ที่ป้อนอาหารสุนัขเข้าสู่ระบบโดยเดินระบบที่สภาวะอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส มาเป็นตะกอนจุลชีพเริ่มต้นในการทดลองสำหรับถังสร้างกรด และใช้ตะกอนจุลชีพที่มาจากน้ำเสียฟาร์มสุกรแบบบ่อหมักแบบรางตามด้วยถังยูเอเอสบีสำหรับถังสร้างก๊าซมีเทน โดยนำตะกอนจุลชีพของถังสร้างกรดและถังสร้างก๊าซมีเทนมาผสมกับน้ำเสียจากฟาร์มสุกรที่ผ่านระบบบำบัดแล้วในอัตราส่วน 30:70 และ 50:50 โดยปริมาตร เติมตะกอนจุลชีพที่เตรียมไว้ดังกล่าวใส่ลงในถังสร้างกรดและถังสร้างก๊าซมีเทนเพื่อให้จุลชีพมีความคุ้นเคยกับน้ำเสียดังกล่าวแล้วจึงปล่อยให้จุลชีพปรับตัวโดยการสังเกตจากอัตราการสร้างก๊าซชีวภาพที่เพิ่มขึ้นของถังสร้างกรดและถังสร้างก๊าซมีเทน เมื่อจุลชีพสามารถย่อยสลายน้ำเสียได้แล้วจึงเริ่มการทดลองตามแผนในการดำเนินทดลองในหัวข้อ 3.3.2

3.3.2 แผนการดำเนินการทดลอง

การทดลองเพื่อศึกษาผลของเวลาเก็บกักต่อการสร้างกรดไขมันระเหยและก๊าซชีวภาพจากมันสำปะหลังในถังปฏิกรณ์ระดับห้องปฏิบัติการ ทำการทดลองโดยใช้กระบวนการไร้ออกซิเจนในถังกวนสมบูรณ์แบบสองขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วยถังสร้างกรดและถังสร้างก๊าซมีเทนทำการป้อนของเสียสู่ระบบ 1 ครั้งโดยของเสียที่ผ่านการบำบัดในถังสร้างกรดจะเป็นของเสียที่เติมเข้าสู่ถังสร้างก๊าซมีเทน ทั้งนี้ก่อนเติมของเสียเข้าสู่ถังปฏิกรณ์จะทำการระบายของเสียในถังปฏิกรณ์ออกก่อนโดยให้มีปริมาณเท่ากับของเสียที่เติมเข้าไปใหม่และใช้เวลาทดลองไม่น้อยกว่า 2 เท่าของเวลาเก็บกักรวมของระบบ และระหว่างการทดลองไม่มีการระบายตะกอนออกจากถังปฏิกรณ์

ในการศึกษานี้ แบ่งการทดลองทั้งหมดออกเป็น 4 ส่วนตามวัตถุประสงค์ในการศึกษา ซึ่งประกอบด้วย

การทดลองที่ 1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเริ่มต้นระบบ

โดยควบคุมเวลาเก็บกักรวมของระบบให้คงที่ที่ 20 วัน ทำการแปรค่าเวลาเก็บกักในถังสร้างกรดและถังสร้างก๊าซมีเทน ดังนี้ คือ

-ถังสร้างกรด 1 วันและถังสร้างก๊าซมีเทน 19 วัน

-ถังสร้างกรด 3 วันและถังสร้างก๊าซมีเทน 17 วัน

ในการเริ่มต้นระบบ ทำการป้อนน้ำเสียเข้าถังสร้างก๊าซมีเทนที่ระยะเวลาเก็บกัก 40 วัน(คิดเป็นอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ เท่ากับ 1.03 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.•วัน) และเพิ่มขึ้นจนถึงระยะเวลา

เก็บกัก 19 และ 17 วันตามลำดับ (คิดเป็นอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 2.00 และ 2.44 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.•วัน ตามลำดับ) แสดงดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 สภาวะที่ใช้ในการเริ่มต้นระบบของการทดลองที่ 1

ช่วงเวลาที่ใช้	ระยะเวลาเก็บกัก(วัน)	ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.•วัน)
วันที่ 1 ถึง 40	40	1.03
วันที่ 41 ถึง 80	28	1.47
วันที่ 81 ถึง 120	19	2.00
วันที่ 121 ถึง 160	17	2.44

โดยในการทดลองนี้มีการปรับรูปแบบต่างๆเพื่อให้เหมาะสมต่อการดำเนินระบบ ตั้งแต่รูปแบบการเติมด่างในรูปของโซเดียมไบคาร์บอเนต ,การปรับความถี่ในการป้อนสาร ,การเติมธาตุอาหารรอง รวมไปถึงรูปแบบในการเดินระบบแบบเอเอสบีอาร์

การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของของเวลาเก็บกักต่อประสิทธิภาพของระบบ

โดยใช้ระยะเวลาเก็บกักรวมของระบบเท่ากับ 20 วัน ทำการแปรค่าเวลาเก็บกักในถังสร้างกรดและถังสร้างก๊าซมีเทน ดังนี้ คือ

-ถังสร้างกรด 1 วันและถังสร้างก๊าซมีเทน 19 วัน

-ถังสร้างกรด 2 วันและถังสร้างก๊าซมีเทน 18 วัน

- ถังสร้างกรด 3 วันและถังสร้างก๊าซมีเทน 17 วัน

การทดลองที่ 3 การศึกษาผลของเวลาเก็บกักในถังสร้างก๊าซมีเทนเมื่อใช้เวลาเก็บกักในถังสร้างกรด 1 วัน

จากการศึกษาของการทดลองที่ 2 พบว่าระยะเวลาการเก็บกักในถังสร้างกรดที่สภาวะเทอร์โมฟิลิคที่ 1 วันถึง 3 วันไม่ทำให้ประสิทธิภาพของถังสร้างกรดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จึงทำการศึกษาเพิ่มเติมโดยการแปรค่าเก็บกักในถังสร้างก๊าซมีเทนเป็น 25, 14.5 และ 12 วัน

การทดลองที่ 4 การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบโดยใช้กระบวนการแบบ Single-stage ที่สภาวะ Thermophilic และ Mesophilic ที่เวลาเก็บกัก 20 วัน

ทั้งนี้ในการทดลองที่ 2, 3 และ 4 มีการปรับสัดส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมคลอไรด์เพื่อรักษาปริมาณธาตุอาหารหลักให้เพียงพอ โดยใช้อัตราส่วนซีโอดีต่อไนโตรเจนเท่ากับ 100:2 และเติมธาตุอาหารรองในรูปของสารสกัดจากยีสต์ในอัตราส่วน 1.5 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์

เมตรของสารป้อน การทำงานและการควบคุมถังสร้างกรดและถังสร้างก๊าซมีเทนของการทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 แสดงดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 การทำงานและการควบคุมถังสร้างกรดและถังสร้างก๊าซมีเทนของการทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4

การทดลอง	สภาวะ	สัญลักษณ์ชุดการทดลอง			ถังสร้างกรด		ถังสร้างก๊าซมีเทน	
		ชุด	ถังสร้างกรด (Acid tank)	ถังสร้างก๊าซมีเทน (Methane tank)	เวลาเก็บกัก (วัน)	ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (กก.ซีโอดีต่อลบ.ม.-วัน)	เวลาเก็บกัก (วัน)	ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (กก.ซีโอดีต่อลบ.ม.-วัน)
1	Two-stage	1 A	acid 1	M 19	1	38.08	19	2.00
		1 B	acid 3	M 17	3	13.71	17	2.44
2	Two-stage	2 A	acid 1	CH_4 1	1	38.08	19	2.00
		2 B	acid 2	CH_4 2	2	20.41	18	2.27
		2 C	acid 3	CH_4 3	3	13.71	17	2.44
3	Two-stage	3 A	acid 1	CH_4 25	1	38.08	25	1.52
		3 B	acid 1	CH_4 14.5	1	38.08	14.5	2.82
		3 C	acid 1	CH_4 12	1	38.08	12	3.45
4	Single-stage	ST 20	ST 20	-	20	1.90	-	-
	Thermophilic	ST 13	ST 13	-	13	2.93	-	-
	Single-stage	SM 20	-	SM 20	-	-	20	1.90
	Mesophilic	SM 13	-	SM 13	-	-	13	2.93

3.4 การเก็บตัวอย่างน้ำเสียเพื่อนำมาวิเคราะห์

เก็บน้ำตัวอย่างแบบจ้วงจากนั้นนำน้ำตัวอย่างที่เก็บมาวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของระบบโดยเก็บตัวอย่างน้ำเข้าและน้ำออกจากถังสร้างกรดและถังสร้างมีเทน เพื่อทำการวิเคราะห์สัปดาห์ละ 2 ครั้ง ในส่วนของก๊าซชีวภาพทำการวัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นทุกวัน พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์และวิธีวิเคราะห์ที่ใช้ แสดงในตารางที่ 3.7

การเปรียบเทียบผลการทดลองทางสถิติใช้วิธี Student t-test หรือ One-way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.5 สมการการคำนวณ

การคำนวณประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ใช้สมการที่ 3.1

$$COD\ removal(\%) = \frac{TCODinf - TCODeff}{TCODinf} \times 100$$

เมื่อ $TCOD_{inf}$ คือ ซีโอดีรวมในน้ำเข้าและ $TCOD_{eff}$ ซีโอดีรวมในน้ำออก โดยค่าปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นต่อซีโอดีที่ถูกกำจัดของระบบบ่งบอกถึงสภาวะคงที่ของแต่ละการทดลอง ซึ่งเกิดขึ้นหลังจากการเดินระบบอย่างน้อย 2 เท่าของระยะเวลาเก็บกัก (*ยกเว้น*ในการทดลองที่ใช้ระยะเวลาเก็บกักที่ 20 และ 25 วัน ใช้ 1.5 เท่าของระยะเวลาเก็บกัก) และความแตกต่างของประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีต้องมีค่าไม่เกิน 20% และทำการเก็บตัวอย่างไม่น้อยกว่า 5 ตัวอย่าง หลังจากระบบเข้าสู่สภาวะคงที่

ตารางที่ 3.7 วิธีวิเคราะห์ตัวอย่างและความถี่

พารามิเตอร์ที่วัด	ของเสียเข้าระบบ	ของเสียออกจากถังสร้างกรด	ของเสียในถังสร้างก๊าซมีเทน	ของเสียออกจากถังสร้างก๊าซมีเทน	ความถี่ (ต่อสัปดาห์)	วิธีวิเคราะห์/ เครื่องมือที่ใช้
pH	√	√		√	ทุกวัน	pH Meter
Total COD, mg/L	√	√		√	2	Open Reflux Method*
Filtered COD, mg/L	√	√		√	2	Open Reflux Method*
VFA, mg CH_3COOH/L	√	√		√	3	Titration Method**
TS, mg/L	√	√		√	2	Gravimetric Method*
VS, mg/L	√	√		√	2	Gravimetric Method*
TKN, mg/L	√	√		√	1***	Macro Kjedahl Method*
NH_3-N, mg/L	√	√		√	1***	Titration Method*
TP, mg/L	√	√		√	1***	Persulfate /Ascorbic Acid Method*
Alkalinity, mg $CaCO_3$ /L	√	√		√	3	Titration Method*
องค์ประกอบก๊าซชีวภาพ			√		1****	Gas Chromatograph
ปริมาณก๊าซ			√		ทุกวัน	Pioneer รุ่น SM-1/2

* หมายเหตุ: วิธีวิเคราะห์ใช้ตาม Standard Method for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, WPCF, 1992)

** หมายเหตุ: วิธีวิเคราะห์แสดงดังภาคผนวก ฉ

*** หมายเหตุ: ทำการวิเคราะห์เฉพาะในการทดลองที่ 1 และนำข้อมูลที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับการทดลองที่ 2, 3 และ 4

****หมายเหตุ: ทำการวิเคราะห์เฉพาะในการทดลองที่ 1 และ 2