

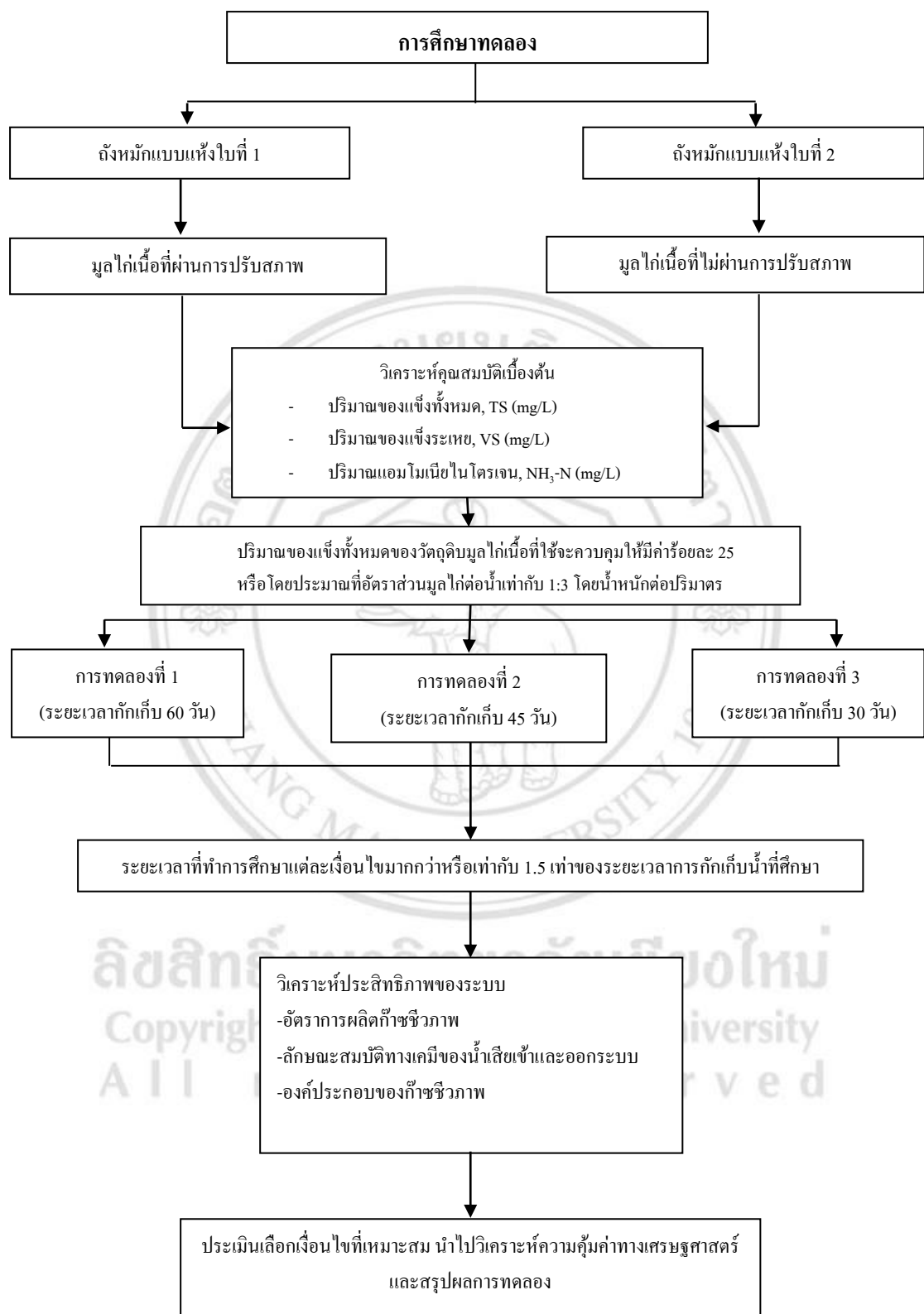
บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 แผนและวิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการศึกษาระยะเวลากักเก็บที่เหมาะสมโดยใช้ถังหมักแบบแห้งขนาด 1,000 ลิตร ซึ่งมีปริมาตรการหมัก 700 ลิตร จำนวน 2 ถัง โดยใช้วัตถุดิบมูลไก่เนื้อที่ผ่านและไม่ผ่านการปรับสภาพเบื้องต้น ซึ่งปริมาณของแข็งทั้งหมดของวัตถุดิบมูลไก่เนื้อที่ใช้ทดลองจะถูกควบคุมให้มีค่าร้อยละ 25 โดยประมาณ โดยการเจือจางกับน้ำ หรือโดยประมาณที่อัตราส่วนมูลไก่ต่อน้ำเท่ากับ 1:3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และทำการศึกษาระยะเวลาการกักเก็บน้ำ 30 45 และ 60 วัน โดยระยะเวลาศึกษาแต่ละเงื่อนไขมากกว่าหรือเท่ากับ 1.5 เท่าของระยะเวลาการกักเก็บน้ำที่ทำการศึกษา แสดงดังรูปที่ 10.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.1 แผนภาพการศึกษาระยะเวลากักเก็บที่มีผลต่ออัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ

3.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

3.2.1 มูลไก่เนื้อ

มูลไก่เนื้อที่ใช้ในการศึกษานี้ นำมาจากยะคำป้อมฟาร์ม อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน มูลไก่เนื้อ จะถูกลดขนาดด้วยมือ และแยกสิ่งเจือปน เช่น ขนไก่ ก้อนหิน หรือกรวดออก ก่อนนำไปวิเคราะห์ ลักษณะสมบัติทางกายภาพและทางเคมี เช่น ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS), ปริมาณของแข็งระเหย ทั้งหมด (VS), ปริมาณแอมโมเนีย (NH_3) และนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการศึกษาศึกษาขั้นต่อไป

ตาราง 3.1 คุณสมบัติมูลไก่เนื้อที่ใช้ในการศึกษา

พารามิเตอร์	มูลไก่เนื้อก่อนการปรับสภาพเบื้องต้น	มูลไก่เนื้อที่ผ่านการปรับสภาพเบื้องต้น
ของแข็งทั้งหมด, TS (มก./กก.)	839,171	901,934
ของแข็งระเหย, VS (มก./กก.)	685,525	719,717
แอมโมเนียไนโตรเจน, $\text{NH}_3\text{-N}$ (มก./กก.)	2,702	1,449

มูลไก่เนื้อที่ไม่ผ่านการปรับสภาพเบื้องต้น เมื่อทำการวัดค่าของแข็งทั้งหมด (TS) ได้เท่ากับ 839,171 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะใช้มูลไก่ปริมาณ 7.0, 4.6 และ 3.5 กิโลกรัม ผสมกับน้ำปริมาณ 16.3, 11.0 และ 8.1 ลิตร โดยคิดจากอัตราส่วนมูลไก่เนื้อต่อน้ำที่ปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 25 โดยประมาณ สำหรับการป้อนระบบที่มีระยะเวลากักเก็บน้ำ 30, 45 และ 60 วันตามลำดับ ส่วนมูลไก่เนื้อที่ผ่านการปรับสภาพเบื้องต้นที่ใช้ศึกษานี้ จะทำการเตรียมโดยผ่านเครื่องด้นแบบลดแอมโมเนีย (รูปที่ 3.3) ใช้เทคนิคการไล่แบบสูญญากาศ ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2.5 ชั่วโมง ก่อนนำไปศึกษาขั้นต่อไป จากมูลไก่เนื้อที่ผ่านการปรับสภาพเบื้องต้น เมื่อวัดค่าของแข็งทั้งหมด (TS) ได้เท่ากับ 901,934 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะใช้มูลไก่ปริมาณ 6.5, 4.3 และ 3.2 กิโลกรัม ผสมกับน้ำปริมาณ 16.8, 11.3 และ 8.4 ลิตร โดยคิดจากอัตราส่วนมูลไก่เนื้อต่อน้ำที่ปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 25 โดยประมาณ สำหรับการป้อนระบบที่มีระยะเวลากักเก็บน้ำ 30, 45 และ 60 วัน ตามลำดับ



รูปที่ 3.2 มวลไก่อเนื้อที่ผ่านการลดขนาดด้วยมือแล้ว

3.2.2 เครื่องต้นแบบลดปริมาณแอมโมเนีย

เครื่องต้นแบบลดปริมาณแอมโมเนียที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่างมวลไก่อเนื้อ เพื่อใช้ในการเดินระบบสำหรับศึกษาผลของระยะเวลาที่เก็บที่เหมาะสมต่ออัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ ประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก คือ ถังสุญญากาศ บั๊มสุญญากาศ ชุดควบคุมระบบการจ่ายก๊าซหุงต้มอัตโนมัติ และชุดเตาหุงต้ม ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 เครื่องต้นแบบลดปริมาณแอมโมเนีย

1) ถังสุญญากาศ

ถังสุญญากาศที่ใช้ในการศึกษามีขนาด 150 ลิตร สามารถรองรับมวลไก่เนื้อได้ประมาณ 24-27 กิโลกรัม ทำด้วยโลหะสแตนเลสเกรด 304 ความหนา 2 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 60 เซนติเมตร สูง 70 เซนติเมตร ฝาถังด้านบนสามารถเปิด-ปิดได้ เพื่อป้องกันวัตถุดิบเข้าสู่ถังสุญญากาศ ฝาถังด้านล่างสามารถเปิด-ปิดได้เพื่อใช้ในการนำวัตถุดิบออกจากถังสุญญากาศ โดยถังสุญญากาศมีประเภทยางรองก่อนล็อกด้วยน็อตเพื่อควบคุมให้สถานะภายในเป็นระบบปิด และติดตั้งมาตรวัดความดัน (Vacuum gauge) ที่ด้านบนฝาถัง และติดตั้งชุดเตาหุงต้มโดยสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในถังสุญญากาศให้มีค่าคงที่ 85 ± 1 องศาเซลเซียส เพื่อถ่ายเทความร้อนสู่มวลไก่เนื้อที่อยู่ในถังสุญญากาศ ซึ่งได้เลือกใช้น้ำมันปาล์มเป็นตัวให้ความร้อนและบรรจุอยู่ในชั้นนอกล้อมรอบถังสุญญากาศ โดยมีมาตรวัดอุณหภูมิ (Temperature gauge) ติดอยู่ด้านบนของถังชั้นนอกเพื่อวัดอุณหภูมิน้ำมันปาล์ม

2) ปั๊มสุญญากาศ

ปั๊มสุญญากาศที่ใช้เป็นยี่ห้อ First รุ่น FX16 ขนาด 0.55 กิโลวัตต์ (0.7 แรงม้า) ความถี่ 60 เฮิร์ตซ์ (รูปที่ 3.4)



รูปที่ 3.4 ปั๊มสุญญากาศยี่ห้อ First รุ่น FX16

3) ชุดควบคุมระบบการจ่ายก๊าซหุงต้มอัตโนมัติ

หลักการทำงานคือ เมื่อจุดไฟที่หัวเตาก๊าซ เพื่อทำความร้อนให้มวลไก่เนื้อภายในถัง เมื่อความร้อนภายในถึงค่าที่ต้องการ ซึ่งใช้ Temperature controller ควบคุมอุณหภูมิกลางถึงบรรจุมวลไก่เนื้อที่ 85 ± 1 องศาเซลเซียส โดย Temperature controller จะสั่งการให้ Solenoid gas ตัดการจ่ายก๊าซ

ดังนั้นเปลวไฟที่หัวเตาแก๊สจะดับ ยกเว้นไฟเลี้ยงจะติดตลอด ในทางกลับกันถ้าอุณหภูมิภายในถัง
สูญญากาศต่ำกว่า 85 องศาเซลเซียส โดย Temperature controller จะสั่งการให้ Solenoid gas จ่าย
ก๊าซเข้าสู่เตาและติดไฟจากไฟเลี้ยง

4) ชุดเตาหุงต้ม

ชุดเตาหุงต้มจะเป็นหัวเตาแบบแรงดันสูง หรือเตาฟู่ รุ่น High speed KB7 จำนวน 2 เตา
ดังแสดงใน รูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ชุดเตาหุงต้ม

3.2.3 ถังหมักแบบแห้งขนาด 1,000 ลิตร

ถังหมักแบบแห้งใช้ในการเดินระบบสำหรับศึกษาผลของระยะเวลาการกักเก็บที่เหมาะสมต่ออัตรา
การผลิตก๊าซชีวภาพ โดยทำจากเหล็กหนา 2 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 0.7 เมตร ความ
ยาว 3 เมตร มีเพลตติดใบพัดด้านในเพื่อใช้กวน ซึ่งใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1.5 กิโลวัตต์ (2 แรงม้า) ใน
การขับเคลื่อนเพลต โดยจะมีกล่องควบคุมเพื่อใช้ตั้งเวลาในการกวน โดยด้านขวามือของถังมีทางป้อน
วัตถุดิบแบบหมุนมือ ด้านซ้ายมีวาล์วเปิดระบายน้ำเสียและกากของวัตถุดิบแบบหมุนมือ ด้านล่างมี
วาล์วระบายน้ำเสียและตะกอน ส่วนด้านบนจะติดตั้งท่อก๊าซเพื่อส่งก๊าซผ่านไปยังมิเตอร์วัดปริมาตร
ก๊าซ และมีจุดเก็บก๊าซตัวอย่างสำหรับต่อกับเครื่องวัดองค์ประกอบก๊าซ เพื่อวัดองค์ประกอบก๊าซ
ชีวภาพ ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ถังหมักแบบแห้งขนาด 1,000 ลิตร

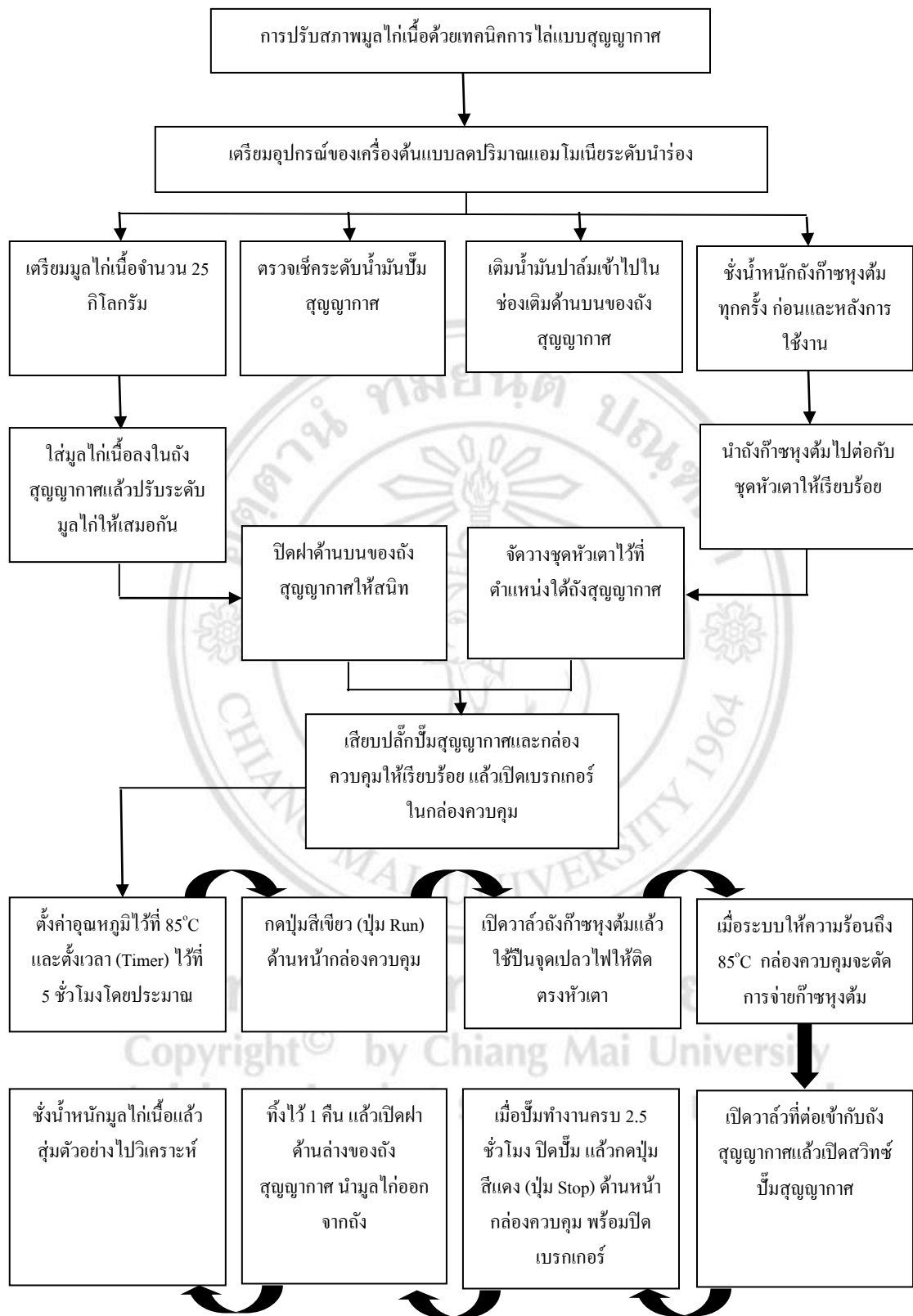
3.2.4 เชื้อตั้งต้นที่ใช้ในการเดินระบบด้วยถังหมักแบบแห้งขนาด 1,000 ลิตร

เชื้อตั้งต้นนำมาจากถังปฏิกรณ์ของระบบผลิตก๊าซชีวภาพของบริษัทฟาร์มไก่ไข่อาร์ พี เอ็ม ฟาร์มแอนด์ฟีด จำกัด อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีปริมาณของแฉะระเหยทั้งหมด (VS) เท่ากับ 43,570 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเก็บมาจากท่อตั้งตะกอนส่วนท้ายของระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลไก่ไข่ (seed ของระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลไก่ไข่)

3.3 วิธีดำเนินการศึกษา

3.3.1 การปรับสภาพมูลไก่เนื้อเบื้องต้นด้วยเทคนิคการไล่แบบสุญญากาศ

การทดลองนี้เลือกใช้สภาวะที่เหมาะสมในการปรับสภาพมูลไก่เนื้อเบื้องต้น ด้วยการไล่แบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2.5 ชั่วโมง โดยใช้เครื่องดันแบบลดปริมาณแอมโมเนียขนาด 150 ลิตร ซึ่งขั้นตอนการดำเนินงานแสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แผนภาพการปรับสภาพมูลไก่อ่เนื้อเบื้องต้นด้วยการไล่แบบสุญญากาศ

3.3.2 การเริ่มต้นเดินระบบด้วยถังหมักแบบแห้งขนาด 1,000 ลิตร

การเริ่มต้นเดินระบบของการทดลองในถังหมักแบบแห้งขนาด 1,000 ลิตร โดยใช้ถังหมักแบบแห้งใบที่ 1 และใบที่ 2 ซึ่งมีปริมาตรการหมักเท่ากับ 700 ลิตร เริ่มต้นด้วยการเตรียมเชื้อตั้งต้นจากฟาร์มไก่ไข่อ้อยละ 30 ของปริมาตรถังหมัก (ปริมาตร 350 ลิตร) และมูลไก่เนื้อปนแกลบจำนวน 24 กิโลกรัม เติมน้ำลงในถังหมักแบบแห้งขนาด 1,000 ลิตร จากนั้นเติมน้ำเปล่าจนถึงระดับ 700 ลิตร แล้วทิ้งไว้ประมาณ 1 สัปดาห์ เพื่อให้เชื้อจุลินทรีย์ปรับสภาพและเคยชินกับของเสีย ในระหว่างนี้จะสังเกตปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น และสัดส่วนก๊าซมีเทน เมื่อระบบมีสัดส่วนก๊าซมีเทนมากกว่าร้อยละ 50 จึงเริ่มทำการป้อนวัตถุดิบเข้าระบบวันละครั้งเพื่อศึกษาระยะเวลากักเก็บที่ 60 วัน ซึ่งในการเตรียมมูลไก่เนื้อที่ได้จากฟาร์มแต่ละรอบการเลี้ยงนั้น ได้ทำการส่งตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดก่อนทุกครั้ง เพื่อนำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณมูลไก่เนื้อและน้ำที่ใช้ในการเจือจางให้มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 25 และควบคุมการกวน 30 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ทุกๆ 6 ชั่วโมง จนกระทั่งระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ จากนั้นจึงปรับลดโหลดเพื่อศึกษาระยะเวลากักเก็บ 45 และ 30 วัน ที่มีอัตราการป้อนมูลไก่เนื้อผสมกับน้ำเข้าระบบทุกวันปริมาณ 15.60 และ 23.30 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ โดยควบคุมปริมาณของแข็งทั้งหมดให้เท่ากับร้อยละ 25 เช่นกัน

3.3.3 ขั้นตอนการเดินระบบ

การเดินระบบในแต่ละวันจะแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลักๆ โดยเรียงลำดับขั้นตอนการทำงานดังนี้

1) ตรวจวัดองค์ประกอบและปริมาณก๊าซชีวภาพ

ทำการตรวจวัดองค์ประกอบก๊าซชีวภาพ เช่น ก๊าซมีเทน (CH_4), ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), ก๊าซออกซิเจน (O_2), ก๊าซไนโตรเจน (N_2) และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์หรือก๊าซไข่เน่า (H_2S) ด้วยเครื่อง Gas Data รุ่น GFM406 ณ จุดทางออกของก๊าซชีวภาพก่อนเข้ามิเตอร์วัดปริมาณก๊าซ และบันทึกค่าตัวเลขมิเตอร์วัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น ซึ่งต่อออกมาจากท่อก๊าซออกในตำแหน่งที่ 3 (รูปที่ 3.8) โดยจะทำการตรวจวัดก่อนการนำของเสียเข้าและออกจากถังหมักทุกครั้ง เพื่อบันทึกการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบก๊าซและปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจริงในแต่ละวัน

2) การถ่ายของเสียออกจากระบบ

ทำการถ่ายของเสียออกจากระบบในตำแหน่งที่ 2 และดึงตะกอนออกในตำแหน่งที่ 4 (รูปที่ 3.8) จากนั้นนำของเสียที่ดึงออกมาวัดค่าพีเอช (pH) ทันทีทุกครั้ง ในขณะที่ดึงน้ำและกากของเสียออกจากระบบภายในถังหมักแบบแห้งต้องมีการเปิดใบพัดให้กวนอยู่ตลอดเวลา เพื่อกวนผสมให้

น้ำและกากของเสียที่ออกมานั้นมีลักษณะทางกายภาพและทางเคมีเหมือนกับของเสียที่อยู่ในถังปฏิกรณ์ โดยปริมาณของเสียที่ดึงออกมานั้นจะเท่ากับปริมาณของเสียที่จะป้อนเข้าระบบตามระยะเวลาที่เก็บที่ทำการศึกษาดังนั้นๆ ยกตัวอย่างเช่น ที่ระยะเวลาที่เก็บ 60 วัน จะมีอัตราการป้อนเข้าเท่ากับ 11.66 กิโลกรัมต่อวัน ดังนั้นอัตราการดึงของเสียออกจะเท่ากับ 11.66 กิโลกรัมต่อวัน เป็นต้น โดยของเสียที่ดึงออกมาจะมีลักษณะเป็นน้ำและแกลบปนกัน

3) การเติมของเสียเข้าระบบ

ของเสียที่เตรียมจากมูลไก่เนื้อที่ใช้ในการทดลองคือน้ำที่ปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับ 25% โดยประมาณ ซึ่งจะทำการตรวจวัดค่าพีเอช (pH) ของตัวอย่างของเสียทุกครั้งก่อนป้อนเข้าถังหมักแบบแห้งในตำแหน่งที่ 1 (รูปที่ 3.8) โดยปริมาณของเสียที่ป้อนเข้าระบบจะเท่ากับอัตราการดึงออกเสมอ และขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่เก็บที่ทำการศึกษาดังนั้น

3.3.4 การเก็บตัวอย่างของเสียเพื่อนำมาวิเคราะห์

ทำการเก็บตัวอย่างของเสียจากจุดเก็บจำนวน 2 จุด ด้วยความถี่ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ คือ น้ำเข้าระบบ (ก่อนป้อนเข้าตำแหน่งที่ 1 ในรูปที่ 3.8) และน้ำออกระบบ (ตำแหน่งที่ 2 ในรูปที่ 3.8) โดยการหมุนวาล์วทางระบายน้ำเสียด้วยมือ จากนั้นทำการวัดค่าพีเอช (pH) ทันที แล้วนำกากตะกอนออกมาวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ดังแสดงในตาราง 3.3 และคำนวณหาปริมาณแอมโมเนียอิสระของน้ำออกระบบ ซึ่งจะแทนค่าปริมาณไนโตรเจนโดยวิธีเจดาห์ล (TKN) และค่าพีเอช (pH) ของน้ำออกระบบ ในสมการที่ 3.1 ซึ่งในแต่ละการทดลองได้ทำการทดลองจนระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ โดยพิจารณาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (RSD) ของอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพไม่เกิน 15% เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเดินระบบผลิตก๊าซชีวภาพของฟาร์มไก่เนื้อต่อไป

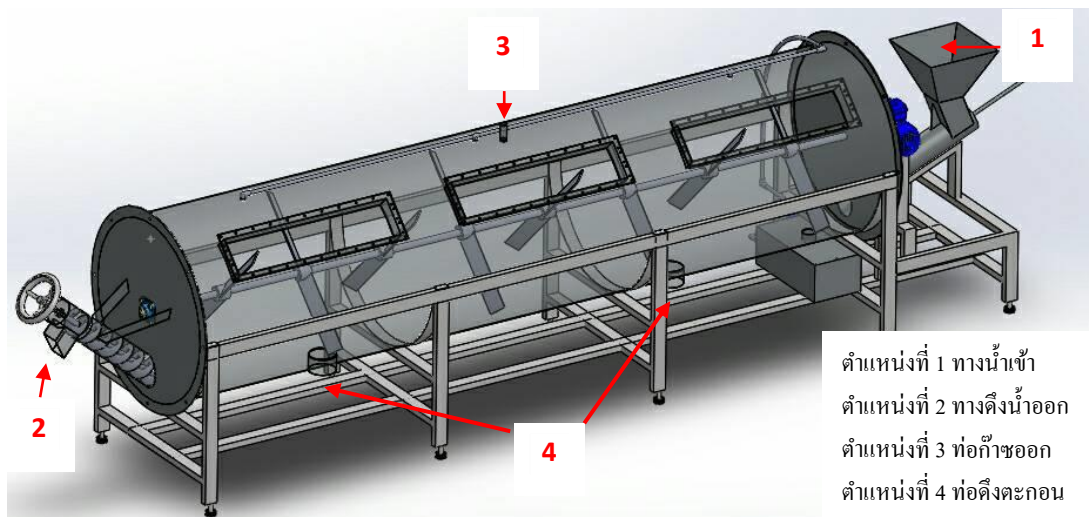
$$\text{Free ammonia (mg/l)} = \frac{TKN}{\frac{1+10^{-pH}}{10^{-pK}}} \quad (3.1)$$

เมื่อ

TKN คือปริมาณไนโตรเจนโดยวิธีเจดาห์ล (มก./ล)

pH คือค่าพีเอชที่วัดได้จากน้ำออกระบบ

pK มีค่าเท่ากับ 9.3 อ้างอิงที่อุณหภูมิ 35 °C



รูปที่ 3.8 ตำแหน่งการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย

ตาราง 3.3 ความถี่ในการตรวจวัด ตำแหน่งที่เก็บน้ำตัวอย่างและพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

พารามิเตอร์ที่ตรวจวัด	ตำแหน่ง ที่	ความถี่ต่อ สัปดาห์	วิธีวิเคราะห์/เครื่องมือที่ใช้
pH	1,2,4	7	pH meter ยี่ห้อ HORIBA รุ่น pH 11
กรดไขมันระเหย, VFA (mg/L)	2	2	Titration Method
ปริมาณของแข็งทั้งหมด, TS (mg/L)	1,2	2	Gravimetric Method
ปริมาณของแข็งระเหยทั้งหมด, VS (mg/L)	1,2	2	Gravimetric Method
ค่าความเป็นด่าง, Alk (mg/L as CaCO ₃)	2	2	Titration Method
ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน, NH ₃ -N (mg/L)	1,2	2	Titration Method
ปริมาณไนโตรเจนโดยวิธีเจด้าล์, TKN (mg/L)	1,2	2	Macro Kjeldahl Method
องค์ประกอบก๊าซชีวภาพ (%)	3	7	Gas Data รุ่น GFM406
ปริมาณก๊าซชีวภาพ (m ³)	3	7	Gas meter