อภิโนมนาการ

สำนักหอสมุด

สัญญาเลขที่ R2561B105

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ชื่อโครงการ ระบบสูบน้ำจากพลังงานเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพเพื่อแก้ปัญหาภัยแล้งและอุทกภัยของชุมชน

A Water Pumping System by Biogas Fuel for Solving the Community Draught and Flood Disaster

คณะผู้วิจัย สังกัด

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศรายุทธ วัยวุฒิ วิทยาลัยพลังงานทดแทน
2. นาย สาธิต บันทึก วิทยาลัยพลังงานทดแทน

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 1 มี.ค. 2562
เลขทะเบียน 1020240
เลขเรียกหนังสือ ว วิ
ส๑๐
ส๑๑ร
2561

สนับสนุนโดย งบประมาณรายได้มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

บทคัดย่อ

นำเสนอวิธีการอย่างง่ายในการใช้ปั๊มน้ำเพื่อการชลประทานด้วยพลังงานทดแทนที่สะอาดและประหยัดโดยการประยุกต์ดัดแปลงเครื่องยนต์ขนาด 143 cc ซึ่งให้กำลัง 1.4 kW ที่ 3000 รอบต่อนาทีเพื่อใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพซึ่งมีค่าความร้อนต่ำกว่าน้ำมันเบนซินทั่วไป การใช้ก๊าซชีวภาพต้องมีการทำความสะอาดเพื่อกำจัดก๊าซ CO_2 และ H_2S เพื่อเพิ่มปริมาณเชื้อเพลิงคือก๊าซ CH_4 และลดการกัดกร่อนเนื่องจากกรดซัลฟุริก และทำการต่อร่วมกับปั๊มแบบเหวี่ยงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว และขนาดเฮดน้ำ 25 เมตร มีประสิทธิภาพ 0.87 ที่ 2500 รอบต่อนาที เครื่องยนต์สามารถผลิตกำลังได้ 1.4 kW ที่ 3000 รอบต่อนาทีเพื่อส่งกำลังให้กับปั๊มจนสามารถทำอัตราการไหลของน้ำเป็น 4.5 m^3/h จากนั้นการวิเคราะห์การทำงานของระบบสามารถทำนายอัตราการไหลค่าอื่นด้วยค่ากำลังเครื่องยนต์ที่เปลี่ยนแปลงตามอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่างๆ

คำสำคัญ ระบบสูบน้ำจากพลังงานจากเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ, ปัญหาภัยแล้งและอุทกภัยของชุมชน

Abstract

A simple method for using water pump for irrigation system by biogas, a good clean and save renewable energy is presented. The single cylinder engine which 143 cc and continuous output of 1.4 kW at 3000 rpm is selected to slightly modification for biogas fuel due to lower calorific value of biogas comparing to the normal gasoline. Biogas is needed to purify by removing CO_2 and H_2S for increasing CH_4 and reducing corrosion of sulfuric acid. An irrigation pump is studied from the centrifugal pump which connection diameter of 2 in (5.08 cm) and total head of 25 m which efficiency of 0.87 at 2500 rpm of engine speed. The biogas engine produce the power of 1.4 kW at 3000 rpm for transferring the power to drive the pump with water flow rate of 4.5 m^3/h. Moreover the analysis of the performance can predict to the other flow rate with various engine power by adjust the fuel consumption.

Keywords water pumping system by biogas fuel, Community draught and flood disaster

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ กองทุนวิจัยจากงบประมาณรายได้ มหาวิทยาลัยนเรศวรที่ได้ให้ทุนสนับสนุนจนงานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ และขอขอบพระคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้อนุญาตให้ทำการวิจัยและเก็บข้อมูลในการออกแบบรวมทั้งติดตั้งระบบและทดสอบการทำงาน ขอขอบพระคุณผู้ให้ความอุปการคุณในการอำนวยความสะดวกจนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์

สารบัญ

บทที่		หน้า
1.	บทนำ	1
	1. ที่มาของงานวิจัย	1
	2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
	3. ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
	4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2.	ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
	2.1 เทคโนโลยีระบบก๊าซชีวภาพ	3
	2.2 กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไม่ใช้อากาศ	5
	2.3 ปัจจัยในการผลิตก๊าซชีวภาพ	5
	2.4 การปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ	6
	2.5 การใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ	9
	2.6 ปั๊มน้ำ	10
	2.7 เครื่องยนต์ (Engine)	11
	2.8 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง	11
	2.9 สรุปแนวคิดและวิธีการทดลอง	13
3.	การออกแบบการทดลองและอุปกรณ์การทดลอง	15
	3.1 การศึกษาข้อมูลเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะของชุมชน	15
	3.2 การสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพในชุมชน	16
	3.3 ทดสอบสมบัติของก๊าซชีวภาพที่ผลิตจากวัตถุดิบชนิดต่างๆ และกระบวนการทดลอง	19
	3.4 การทดลองวัดองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ผลิตจากวัตถุดิบต่างชนิด	20
	3.5 การทดลองทำความสะอาดก๊าซเพื่อเพิ่มปริมาณก๊าซมีเทนเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง	21
	3.6 การบรรจุโดยอัดก๊าซและเลือกเครื่องยนต์เพื่อใช้ในเครื่องสูบน้ำ	22
4.	ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล	26
	4.1 การทดลองนำก๊าซชีวภาพมาวัดค่าความร้อน	26
	4.2 การทดลองใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์	27
	4.3 การทดลองสูบน้ำด้วยเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพในกรณีต่างๆ	28
	4.4 การคำนวณหาค่าเฮดน้ำที่เหมาะสมกับเครื่องสูบน้ำจากกราฟ	29

บทที่ หน้า

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 30
5.1 การออกแบบระบบสูบน้ำที่ใช้เครื่องยนต์ส่งกำลังให้ปั๊มเพื่อทำการสูบน้ำ 30
5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณต่างๆของการใช้เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพในการสูบน้ำ 30
5.3 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย 30

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
	2.1 ปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไม่ใช้อากาศ	5
	2.2 ปั๊มน้ำแบบใบพัด (แรงเหวี่ยง)	10
	2.3 ปั๊มน้ำแบบลูกสูบ	11
	3.1 ประเภทของขยะมูลฝอย (Refuse or solid waste)	15
	3.2 บ่อหมักก๊าซชีวภาพแบบใช้ถุงเก็บก๊าซพีวีซี	16
	3.3 ระบบผลิตก๊าซชีวภาพชุมชนแบบใช้โอ่งฝังดินเพื่อใช้กับบ้านหรือชุมชน	16
	3.4 ระบบผลิตก๊าซชีวภาพที่สร้างเองจากวัสดุหาง่ายในชุมชน	18
	3.5 แผนภูมิแสดงกระบวนการลิตก๊าซชีวภาพจากของเหลือทิ้งในครัวเรือนและฟาร์ม	18
	3.6 แผนภาพแสดงอุปกรณ์การทดลองการทำงานของระบบสูบน้ำด้วยเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ	20
	3.7 ซิลิกาเจลก่อนใช้ดูดความชื้นจากก๊าซชีวภาพมีสีน้ำเงินและเมื่อใช้แล้วจะกลายเป็นสีชมพูอ่อน	22
	3.8 เครื่องยนต์ขนาดเล็กที่นำมาใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ	23
	3.9 เครื่องยนต์ที่ต่อกับปั๊มน้ำในการสูบน้ำโดยสามารถเลือกขนาดได้ตามกำลังที่ต้องการ	25
	4.1 ค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพที่ปริมาณมีเทนต่างๆ	26
	4.2 ค่ากำลังของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพเทียบกับอัตราการใช้เชื้อเพลิง	27
	4.3 กราฟอัตราการไหลของน้ำจากปั๊มที่ได้กำลังค่าต่างๆจากเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ	28
	4.4 ค่ากำลังของปั๊มสูบน้ำและอัตราการไหลของน้ำเมื่อเฮดของน้ำมีค่า 60-140 m	29

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ปริมาตรการใช้ก๊าซชีวภาพสำหรับวัตถุประสงค์ต่างๆ	8
3.1 ค่าเฉลี่ยองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพจากวัตถุดิบชนิดต่างๆ	20
3.2 ค่าความร้อนของก๊าซตามค่าส่วนประกอบของก๊าซมีเทนที่เป็นส่วนประกอบ	21
3.3 ผลการทดลองวัดอัตราการผลิตพลังงานจากเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง	23

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 1
บทนำ

1. ที่มาของงานวิจัย

ในปัจจุบันปัญหาภัยพิบัติเนื่องจากน้ำท่วมมีสาเหตุมาจากสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงประกอบกับภาวะโลกร้อนทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับน้ำ โดยฤดูร้อนน้ำจะไม่เพียงพอต่อการเกษตรและในฤดูฝนจะเกิดน้ำท่วมหรืออุทกภัยเป็นประจำมาตลอดทุกปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 จนถึงปัจจุบันในปัจจุบันปัญหาภัยพิบัติเนื่องจากน้ำท่วมมีสาเหตุมาจากสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงประกอบกับภาวะโลกร้อนทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับน้ำ โดยฤดูร้อนน้ำจะไม่เพียงพอต่อการเกษตรและในฤดูฝนจะเกิดน้ำท่วมหรืออุทกภัยเป็นประจำมาตลอดทุกปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 จนถึงปัจจุบัน เมื่อเกิดปัญหาดังกล่าวประชาชนไม่สามารถพึ่งตัวเองได้จึงได้รับความเดือดร้อนเนื่องจากขาดอุปกรณ์ในการสูบน้ำ ในขณะที่น้ำท่วมปริมาณน้ำมีมากจนจำเป็นต้องสูบน้ำตลอดทั้งกลางวันและกลางคืนเพื่อระบายน้ำออกจากพื้นที่ที่อยู่อาศัย และช่วงเวลานั้นเป็นเวลาที่มักขาดกระแสไฟฟ้าเนื่องจากเกิดอุทกภัยซึ่งเป็นภัยพิบัติ ในการแก้ปัญหาการสูบน้ำและระบายน้ำที่ผ่านมาได้ทำการเลือกเอาพลังงานทดแทนมาใช้เพื่อการประหยัดและเหมาะกับสถานการณ์โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ในการสูบน้ำจากพลังงานแสงอาทิตย์ แต่พลังงานแสงอาทิตย์สามารถใช้งานได้ในเวลากลางวันเท่านั้นทำให้การสูบน้ำขาดความต่อเนื่องประกอบกับอุทกภัยมักเกิดในฤดูฝนทำให้แสงอาทิตย์มีความเข้มน้อยไม่เพียงพอต่อการใช้งานรวมทั้งค่าความเข้มของแสงอาทิตย์มีค่าไม่คงที่ทำให้มอเตอร์ที่ใช้ปั๊มน้ำเกิดปัญหาจากกระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลง การสูบน้ำในช่วงเวลาที่ต้องการทำงานทั้งกลางวันและกลางคืนในกรณีที่เกิดอุทกภัยและปัญหาภัยแล้งจึงเกิดความไม่เหมาะสมในการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์หรือพลังงานจากแหล่งอื่น นอกจากต้องพึ่งพาพลังงานที่สามารถหาได้จากชุมชนและการบริหารจัดการที่ดี เช่น ก๊าซชีวภาพซึ่งสามารถผลิตได้เองในชุมชนจากขยะอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร ขยะมูลฝอยจำพวกของเสียและน้ำเสีย เป็นต้น และยังใช้วิธีการจัดการด้วยการทำความสะอาดก๊าซชีวภาพและอัดเก็บลงถังเพื่อใช้ในยามที่ขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าหรือเชื้อเพลิงที่ไม่สามารถไปซื้อหามาได้เนื่องจากการเดินทางในขณะนั้นไม่สะดวกและเส้นทางถูกตัดขาดเนื่องจากถูกน้ำท่วม เมื่อใช้ระบบผลิตพลังงานจากก๊าซชีวภาพจะทำให้ปัญหาการสูบน้ำหมดสิ้นไป ประชาชนสามารถพึ่งพาตนเองได้เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่ไม่ซับซ้อนมากและสามารถจัดการได้รวมทั้งอุปกรณ์ดังกล่าวยังสามารถใช้งานได้ตลอดเวลา โดยในฤดูร้อนซึ่งมีการขาดแคลนน้ำการหาแหล่งน้ำมีสามารถทำได้คือแหล่งน้ำจากใต้ดินหรือแหล่งน้ำที่มีระดับต่ำกว่าพื้นที่ที่ต้องการน้ำก็สามารถทำการสูบน้ำโดยใช้พลังงานจากเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงจากก๊าซชีวภาพ นอกจากจะแก้ปัญหาขาดแคลนน้ำแล้วยังสามารถใช้การได้ดีในขณะเกิดปัญหาอุทกภัยอีกด้วย การวิจัยเพื่อช่วยเหลือประชาชนที่ประสบปัญหาภัยแล้งและอุทกภัย ซึ่งเกิดได้ในบริเวณที่เป็นจังหวัดที่อยู่ในพื้นที่ที่มักถูกน้ำท่วมประจำ เช่น กรุงเทพมหานคร ซึ่งมีประชาชนอาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก และภัยแล้งซึ่งในปัจจุบันเกิดทั่วประเทศโดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อน เนื่องจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพได้มีการพัฒนามาจนปัจจุบันมีความก้าวหน้าจนใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ที่ใช้สูบน้ำได้ การพัฒนาระบบสูบน้ำจึงต้องหาปริมาณที่เหมาะสมของเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพรวมทั้งคุณภาพเชื้อเพลิงที่ต้องพัฒนาให้เหมาะสมกับเครื่องยนต์ที่ต้องทำงานหนักทั้งกลางวันและกลางคืน นอกจากนี้ยังต้องพิจาณาปริมาณน้ำและเฮดน้ำ (Head)

2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

2.1 ออกแบบระบบสูบน้ำที่ใช้เครื่องยนต์สำหรับเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพและพัฒนาก๊าซชีวภาพที่ผลิตโดยชุมชนให้เหมาะสมกับการใช้งาน

2.2 เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณต่างๆของการใช้เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพในการสูบน้ำเช่น ปริมาณก๊าซ ปริมาณน้ำ และเฮดน้ำที่เหมาะสม

3. ขอบเขตของโครงการวิจัย

3.1 ระบบผลิตก๊าซชีวภาพเป็นระบบขนาดเล็กที่ใช้วัตถุดิบจากขยะอินทรีย์และเศษอาหารรวมทั้งของเสียจากครัวเรือนและปศุสัตว์

3.2 ระบบสูบน้ำใช้เครื่องยนต์ที่เติมเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพต่อเข้ากับเครื่องสูบน้ำ

3.3 การสูบน้ำสามารถใช้ได้กับระบบสูบน้ำจากบ่อหรือแหล่งน้ำที่อยู่ในระดับต่ำ หรือ ระบายน้ำออกจากพื้นที่ที่ถูกน้ำท่วม

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ชุมชนสามารถนำผลงานวิจัยไปสร้างระบบสูบน้ำจากก๊าซชีวภาพและเผยแพร่ให้องค์กรที่ทำหน้าที่ในการดูแลและจัดการสาธารณูปโภคพื้นฐานให้แก่ประชาชนในพื้นที่ สามารถนำโครงการวิจัยนี้ไปใช้แก้ปัญหาภัยแล้งและอุทกภัย นอกจากนี้ยังสามารถนำไปช่วยเกษตรกรที่มีปัญหาด้านน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกไม่เพียงพอ

บทที่ 2
ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ก๊าซชีวภาพเป็นเทคโนโลยีอีกรูปแบบหนึ่งที่เกิดจากการที่กลุ่มแก๊สที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายของพวกอินทรีย์วัตถุชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจนในสภาวะไร้อากาศ ซึ่งมีหลายกลุ่มทำการย่อยสลายที่มีโมเลกุลใหญ่และสลับซับซ้อนอันได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน และผลพลอยได้จากการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศคือ ก๊าซชีวภาพ ซึ่งก๊าซชีวภาพเป็นก๊าซซึ่งประกอบด้วยก๊าซหลายชนิด โดยมีก๊าซมีเทน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจน ไฮโดรเจนซัลไฟด์ แอมโมเนีย และไอน้ำ เนื่องจากก๊าซชีวภาพมีก๊าซมีเทนเป็นองค์ประกอบหลักประมาณ 60 – 65% และมีคุณสมบัติในการติดไฟได้ดี สามารถนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนในรูปต่าง ๆ ได้เช่น นำไปเผาไหม้เพื่อให้ได้พลังงานความร้อนโดยตรงหรือใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับขับเคลื่อนเครื่องยนต์สันดาปภายใน หรือเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำและ กระแสไฟฟ้า เนื่องจากองค์ประกอบของแก๊สชีวภาพ ได้แก่ก๊าซมีเทน (CH_4) 50-60% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 25-35% ก๊าซไนโตรเจน (N_2) 2-7% ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) 1-5% และก๊าซอื่นๆ เล็กน้อย โดยก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น จะมีก๊าซมีเทนเป็นตัวประกอบหลัก ซึ่งมีคุณสมบัติ สามารถติดไฟได้ ก๊าซชีวภาพปริมาตร 1 m^3 จะให้พลังงานความร้อน 21.5 MJ หรือเท่ากับก๊าซ LPG 0.46 kg หรือพลังงานไฟฟ้า 1.2 kWh หรือถ่าน 1.6 kg [1] ปริมาณแก๊สชีวภาพที่ได้จากกระบวนการผลิตโดยพื้นฐานจะขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณภาพของของเสียที่ใช้เป็นวัตถุดิบ หากใช้มูลสัตว์จะได้แก๊สชีวภาพประมาณ 20-22 ลูกบาศก์เมตรต่อ 1 ตัน (m^3/ton) ของน้ำเสีย และหากใช้น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมจะได้แก๊สชีวภาพ 2-200 ลูกบาศก์เมตรต่อ 1 ตันของปริมาณน้ำเสีย ปริมาณผลผลิตแก๊สชีวภาพที่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณของสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่ป้อนเข้า นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีที่ใช้อย่างมาก ปริมาณแก๊สชีวภาพจะมีค่าสูงก็ต่อเมื่อค่าซีโอดีในน้ำเสียที่ใช้เป็นวัตถุดิบมีค่าสูง มีการบำบัดในถังที่มีการให้ความร้อน (Mesophilic process) และมีการปั่นหรือกวนน้ำเสียอย่างต่อเนื่อง

ขบวนการย่อยสลายในบ่อหมักก๊าซชีวภาพประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ เช่น ไขมัน แป้ง และโปรตีน ซึ่งอยู่ในรูปสารละลายจนกลายเป็นกรดอินทรีย์ระเหยง่าย (volatile acids) โดยจุลินทรีย์กลุ่มสร้างกรด (acid-producing bacteria) และขั้นตอนการเปลี่ยนกรดอินทรีย์ให้เป็นก๊าซมีเทน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยจุลินทรีย์กลุ่มสร้างมีเทน (methaneproducingbacteria)

2.1 เทคโนโลยีระบบก๊าซชีวภาพ

ขบวนการย่อยสลายในบ่อหมักก๊าซชีวภาพประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ เช่น ไขมัน แป้ง และโปรตีน ซึ่งอยู่ในรูปสารละลายจนกลายเป็นกรดอินทรีย์ระเหยง่าย(volatile acids) โดยจุลินทรีย์กลุ่มสร้างกรด (acid-producing bacteria) และขั้นตอนการเปลี่ยนกรดอินทรีย์ให้เป็นก๊าซมีเทน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยจุลินทรีย์กลุ่มสร้างมีเทน (methaneproducingbacteria) การแบ่งชนิดของบ่อหมักก๊าซสามารถแบ่งตามลักษณะของวัตถุดิบที่ใช้

ทำการหมักซึ่งสามารถแยกประเภทของการแบ่งชนิดของระบบผลิตก๊าซชีวภาพได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ดังนี้

2.1.1 บ่อหมักช้าหรือบ่อหมักของแข็ง บ่อหมักช้าที่มีการสร้างใช้ประโยชน์กันและเป็นที่ยอมรับกัน โดยทั่วไป มี 3 แบบหลักคือ

(1) แบบยอดโดม (fixed dome digester) เป็นบ่อหมักก๊าซที่มีการส่งเสริมให้ใช้ในฟาร์มสุกรขนาดเล็ก (ฟาร์มที่มีการเลี้ยงสุกรขุน ไม่เกิน 500 ตัว) โดยมีการส่งเสริมโดยกรมส่งเสริมการเกษตร (กสก.) กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยที่ได้งบประมาณสนับสนุนจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (สพช.) หรือสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) ได้มีการส่งเสริมให้นำมาใช้จัดการน้ำเสีย เป็นการรวบรวมน้ำเสียผ่านการหมักของจุลินทรีย์ก่อนที่ส่วนหนึ่งจะปล่อยเข้าไปสู่ลานกรองของแข็งผลิตเป็นปุ๋ยต่อไป

(2) แบบฝาครอบลอย (floating drum digester) หรือแบบอินเดีย (Indian digester)

(3) แบบพลาสติกคลุมราง (plastic covered ditch) หรือแบบปลั๊กโฟลว์ (plug-flow digester)

2.1.2 บ่อหมักเร็วหรือบ่อบำบัดน้ำเสีย แบ่งได้เป็น 2 แบบหลัก คือ

(1) แบบบรรจุตัวกลางในสภาพไร้ออกซิเจน (Anaerobic Filter) หรืออาจเรียกตามชื่อย่อว่า แบบเอเอฟ (AF) ตัวกลางที่ทำได้จากวัสดุหลายชนิด เช่น ก้อนหิน กรวด พลาสติก เส้นใยสังเคราะห์ ไม้ไผ่ตัดเป็นท่อน เป็นต้น ในลักษณะของบ่อหมักเร็วแบบนี้ จุลินทรีย์จะเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนบนตัวกลาง ที่ถูกตรึงอยู่กับที่ก๊าซถูกเก็บอยู่ภายในพลาสติกที่คลุมอยู่เหนือราง มักใช้ไม้แผ่นทับเพื่อป้องกันแสงแดดและเพิ่มความดันแก๊ส

(2) แบบยูเอเอสบี (UASB หรือ Upflow Anaerobic Sludge Blanket) บ่อหมัก เร็วแบบนี้ ใช้ตะกอนของสารอินทรีย์ (sludge) ที่เคลื่อนไหวภายในบ่อหมักเป็น ตัวกลางให้จุลินทรีย์เกาะ ลักษณะการทำงานของบ่อหมักเกิดขึ้น โดยการควบคุมความเร็วของน้ำเสียให้ไหลเข้าบ่อหมักจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน ตะกอนส่วนที่เบาจะลอยตัว ไปพร้อมกับน้ำเสียที่ไหลล้นออกนอกบ่อตะกอนส่วนที่หนักจะจมลงก้นบ่อในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาฟาร์มสุกรขนาดเล็กใช้รูปแบบของบ่อก๊าซชีวภาพเป็นแบบโดมคงที่ ที่ฝังอยู่ใต้ดิน ลักษณะเป็นทรงกลมฝังอยู่ใต้ดิน ส่วนที่กักเก็บก๊าซมีลักษณะเป็นโดม เหมาะสำหรับฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ขนาดเล็ก มีข้อดี คือ ประหยัดพื้นที่บริเวณฟาร์ม ง่ายต่อการต่อรางระบายมูลสุกรจากโรงเรือนไปสู่บ่อหมัก ประกอบด้วย

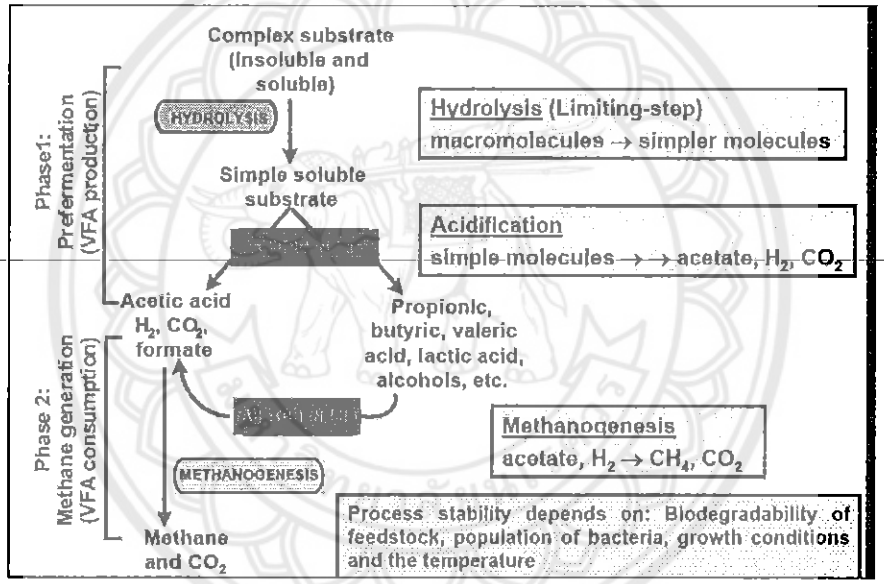
- บ่อเติมมูลสัตว์ (Mixing Chamber) เป็นส่วนที่ใช้ผสม มูลสัตว์กับน้ำให้เข้ากันก่อน
- บ่อหมัก (Digester Chamber) เป็นที่รับมูลสัตว์กับน้ำ จากบ่อเติมมาหมักให้เกิดก๊าซฯ ส่วน โดมของบ่อจะเป็นที่เก็บก๊าซ ที่เกิดขึ้น ก่อนจะมีการนำไปใช้ และก๊าซก็ จะผลักดินมูลสัตว์ที่ผ่านการย่อย สลายแล้ว ให้ไหลขึ้นไปอยู่ใน บ่อล้น
- บ่อล้น (Expansion Chamber) มีหน้าที่ รับมูลสัตว์ และน้ำที่ล้นออกจากบ่อหมัก

มา เก็บไว้ในที่บ่อล้น เมื่อก๊าซใน บ่อหมักมีปริมาณลดลง เนื่องจาก ถูกนำไปใช้ มูลสัตว์และน้ำในบ่อ ล้นนี้ก็จะไหลย้อนกลับสู่บ่อหมัก อีกครั้ง เพื่อผลักดันให้ก๊าซใน บ่อหมักไหลออกไปได้ เมื่อมีการ เปิดก๊าซไปใช้ และบ่อล้นยังเป็นที่ ระบายมูลสัตว์ เมื่อมูลสัตว์มี ปริมาณมากกว่าปริมาตรของบ่อ

- บ่อรับกาก จากบ่อล้น และลานตาก (Storage Tank and Sand Bed Filter) เป็นที่รองรับมูลสัตว์จากบ่อล้น ซึ่งสามารถนำ ไปใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ได้ ทั้งในรูป ของน้ำมูลหมัก หรือปุ๋ยแห้งจากลานตากก็ได้

2.2 กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไม่ใช้อากาศ

ในกระบวนการย่อยสลายโดยไม่ใช้อากาศเป็นวิธีการทางชีวภาพโดยที่สารอินทรีย์จะถูกเปลี่ยนให้เป็นก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และใช้จุลินทรีย์หลายจำพวกในการย่อยสลาย สามารถแบ่งขั้นตอนการย่อยสลายโดยไม่ใช้อากาศออกเป็น 3 ขั้นตอนดังแสดงในภาพที่ 2.1 [1]



ภาพที่ 2.1 ปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไม่ใช้อากาศ [1]

จากแผนภาพจะเห็นว่ากระบวนการหลักมี 2 กรบวนการ คือ การเริ่มต้นหมัก (Pre-fermentation) ซึ่งประกอบด้วยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและ Acidification ส่วนกระบวนการถัดไป คือ การผลิดมีเทน (Methane generation) ซึ่งประกอบด้วยปฏิกิริยา methanogenesis ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับการย่อยสลาย สารเริ่มต้น การเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย และอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยา

2.3 ปัจจัยในการผลิตก๊าซชีวภาพ

2.3.1 ระยะเวลาการกักเก็บ (Hydraulic Retention Time- HRT) ระยะเวลากักเก็บเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งในการควบคุมประสิทธิภาพของกระบวน การหมักก๊าซชีวภาพ อัตราการย่อยสลายในกระบวนการหมักแบบไม่ใช้อากาศจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการกักเก็บสารอินทรีย์จนถึงค่าสูงสุดค่าหนึ่ง

ต่อจากนั้นก็จะลดลง แต่ถ้าระยะเวลากักเก็บน้อยเกินไปจะมีผลทำให้ตะกอนของจุลินทรีย์หลุดออกจากระบบได้มากจนกระทั่งถึงขั้นหนึ่งที่จุลินทรีย์ถูกล้างออกจากระบบในอัตราที่จุลินทรีย์จะเพิ่มจำนวนขึ้นซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ระบบล้มเหลว นอกจากนี้ระยะเวลาการกักเก็บจะเป็นปัจจัยหลักในการออกแบบระบบการหมัก กล่าวคือระยะเวลาการกักเก็บเป็นระยะเวลาที่ของเสียอยู่ภายในถังหมักสามารถหาได้ โดยการหารปริมาตรถังหมักด้วยปริมาตรของของเสียที่เติมลงในถังหมัก

2.3.2 อัตราการป้อนสารอินทรีย์ (Organic Loading Rate-OLR) เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญที่สุดที่ใช้ในการกำหนดความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะไม่ใช้อากาศ การปรับอัตราการป้อนสารอินทรีย์ให้มีความแตกต่างกันทำได้โดยการเปลี่ยนอัตราการไหลของเสียที่ไหลผ่านถังหมักหรือเปลี่ยนค่าความเข้มข้นของของแข็งหรือความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่ใส่เข้าไป ซึ่งการเปลี่ยนอัตราการป้อนสารอินทรีย์จะมีผลต่อระยะเวลาการกักเก็บ

2.3.3 การกวน (Mixing) การกวนเป็นปัจจัยที่สำคัญในระบบการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะไม่ใช้อากาศ โดยมีหลักการ คือ ทำให้สารอินทรีย์อยู่ในสภาพแขวนลอย เพื่อให้เกิดการสัมผัสกันระหว่างสารอาหารกับจุลินทรีย์ เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบด้วย และป้องกันการเกิดการสะสมของสารอินทรีย์ตามจุดต่าง ๆ ของถังหมัก และทำให้ของเหลวภายในถังหมักมีสภาพเป็นเนื้อเดียวกัน วิธีในการกวนของเหลวในถังหมักมีหลายวิธี เช่น ใช้เครื่องกวน สูบอัดก๊าซไปทางด้านท้ายของถังหมัก หมุนเวียนตะกอนด้วยปั๊ม ใช้การสูบผ่านท่อน้ำเป็นต้น ซึ่งแต่ละวิธีจะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันออกไป การที่จะเลือกใช้วิธีไหนต้องคำนึงถึงปัจจัยในหลาย ๆ ด้านประกอบกัน

2.4 การปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ

หลักการเบื้องต้นในการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ก็คือ การดัดแปลงก๊าซชีวภาพให้อยู่ในรูปของพลังงาน หรือวัตถุดิบที่สามารถนำไปใช้ได้ ไม่ว่าจะเป็นการใช้ก๊าซชีวภาพเป็นแหล่งเชื้อเพลิง เพื่อผลิตความร้อน แล้วใช้ประโยชน์จากพลังงานความร้อนนั้นโดยตรง หรือนำความร้อนที่ได้ไปเป็นต้นกำลังสำหรับผลิตพลังงานอื่นๆ หรือใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทน รูปแบบและลักษณะการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์โดยทั่วไปมี 2 ลักษณะหลักๆ คือ การนำก๊าซชีวภาพไปใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานความร้อน และการใช้ก๊าซชีวภาพในการผลิตพลังงานกลหรือไฟฟ้า ก่อนที่จะนำก๊าซชีวภาพไปใช้งานต้องมีการตรวจสอบองค์ประกอบของก๊าซ เนื่องจากโดยทั่วไปแล้วก๊าซชีวภาพจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันตามลักษณะและองค์ประกอบในการผลิต เช่น วัตถุดิบที่ใช้ สภาพแวดล้อมขณะเกิดก๊าซ และการจัดการเช่นการเติม การนำวัตถุดิบเข้าและออกจากระบบ เมื่อกระบวนการผลิตครบถ้วนแล้ว ก๊าซที่ได้ยังต้องผ่านกระบวนการทำความสะอาดเพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนที่ไม่ต้องการออกจากก๊าซชีวภาพก่อนนำใช้ ซึ่งกระบวนการต่างๆเหล่านี้ถือเป็นคุณภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น

2.4.1 การทำความสะอาดก๊าซชีวภาพ เป็นการกำจัดก๊าซที่ไม่ต้องการซึ่งปนอยู่กับก๊าซชีวภาพ เช่นไฮโดรเจนซัลไฟด์ (อังกฤษ: Hydrogen sulfide, Hydrogen sulphide) เป็นสารประกอบที่มีสูตรเคมีเป็น H_2S ไม่มีสี, เป็นพิษ และ เป็นแก๊สไวไฟ มีกลิ่นคล้ายไข่เน่าเป็นผลจากแบคทีเรียย่อยสลายซัลไฟด์ใน สารอนินทรีย์ในสภาวะขาดออกซิเจน เช่นใน หนองน้ำและท่อระบายน้ำ (การย่อยสลายแบบไม่ใช้

ออกซิเจน) นอกจากนั้นยังพบในแก๊สจากภูเขาไฟ ก๊าซธรรมชาติ และบ่อน้ำบางบ่อ กลิ่นของ H_2S ไม่ใช่คุณสมบัติโดยทั่วไปของกำมะถันซึ่งในความจริงแล้วไม่มีกลิ่นไฮโดรเจนซัลไฟด์ (อังกฤษ: Hydrogen sulfide, Hydrogen sulphide) เป็นสารประกอบที่มีสูตรเคมีเป็น H_2S ไม่มีสี, เป็นพิษ และ เป็นแก๊สไวไฟ เกิดจากแบคทีเรียย่อยสลายซัลไฟด์ในสารอนินทรีย์ในสภาวะขาดออกซิเจน เช่นใน หนองน้ำและท่อระบายน้ำ (การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน) นอกจากนั้นยังพบในแก๊สจากภูเขาไฟ ก๊าซธรรมชาติ และบ่อน้ำบางบ่อ กลิ่นของ H_2S ไม่ใช่คุณสมบัติโดยทั่วไปของกำมะถันซึ่งในความจริงแล้วไม่มีกลิ่น H_2S มีน้ำหนักโมเลกุล 34.04 มีกลิ่นคล้ายไข่เน่า ดังนั้นคนส่วนใหญ่จึงเรียกว่าก๊าซไข่เน่า มีน้ำหนักมากกว่าอากาศ ความหนาแน่นของไอก๊าซประมาณ 1.192 (อากาศมีความหนาแน่นเท่ากับ 1) ค่า LEL ประมาณ 4% มีความสามารถในการจุดลุกติดไฟได้เองหรือเผาไหม้ได้อย่างรุนแรง เมื่อเกิดเพลิงไหม้ ควรใช้ผงเคมีแห้ง คาร์บอนไดออกไซด์ สเปรย์น้ำ ในการดับเพลิง ผลจากการเผาไหม้ จะเกิดออกไซด์ของซัลเฟอร์ ก๊าซ H_2S เมื่อสัมผัสกับน้ำหรือไอน้ำจะเปลี่ยนสภาพเป็นกรดซัลฟูริค (H_2SO_4) หรือเราเรียกว่าไอกรดหรือฝนกรดนั้นเอง มีความสามารถในการกัดกร่อนโลหะและวัสดุอุปกรณ์เครื่องใช้ ผลกระทบของ Hydrogen Sulfide Gas เป็นก๊าซที่มีพิษร้ายแรง และมีการระคายเคือง เมื่อ Hydrogen Sulfide Gas อยู่ในกระแสเลือดจะส่งผลทำให้ความสามารถในการนำพาออกซิเจน Oxygen เข้าสู่ร่ายกายได้ลดน้อยลง การทำความสะอาดก๊าซเป็นการลดปริมาณก๊าซอื่นๆที่ไม่ต้องการ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ไอน้ำ ในกรณีที่ต้องการให้ก๊าซชีวภาพมีปริมาณก๊าซมีเทนสูงเพื่อให้เป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพ แต่ในที่นี้การกำจัดก๊าซ H_2S ที่ปนเปื้อนมาในก๊าซชีวภาพเป็นเรื่องที่แตกต่างออกไปเพราะเป็นก๊าซที่มีอันตราย การกำจัดก๊าซ H_2S จึงเป็นเรื่องที่สำคัญโดยเฉพาะกับการนำก๊าซชีวภาพไปใช้กับเครื่องยนต์หรือก๊าซหุงต้ม วิธีกำจัดก๊าซ H_2S ในปัจจุบันเป็นการปล่อยก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ให้ผ่านน้ำและฝอยเหล็กเพื่อให้เกิดการดักจับก๊าซ H_2S ก่อนที่จะผ่านออกมาสู่การใช้งาน

2.4.2 คุณสมบัติของก๊าซชีวภาพ คุณสมบัติของก๊าซชีวภาพสามารถนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทน หรือใช้แทนเชื้อเพลิงอื่นได้ โดยจากปริมาณก๊าซชีวภาพ 1 ลบ.ม. ที่มีองค์ประกอบของก๊าซมีเทน 55-65% มีค่าความร้อนอยู่ระหว่าง 18.84-26.38 MJ/m^3 ค่าความดัน 1 บรรยากาศที่อุณหภูมิ 0^oC สามารถทดแทนเชื้อเพลิงหรือพลังงานต่างๆได้ [2] ดังนี้

ก๊าซ LPG ประมาณ	0.46	กก.
ไฟฟ้าประมาณ	1.2	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
น้ำมันเตา ประมาณ	0.55	ลิตร
น้ำมันดีเซล ประมาณ	0.4	กก.
น้ำมันเบนซิน ประมาณ	0.6	กก.
ถ่านหิน ประมาณ	0.8	กก.
ถ่านไม้ประมาณ	1.6	กก.

ก๊าซชีวภาพสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้อย่างดีสำหรับหุงต้มอาหาร จุดตะเกียงเพื่อให้แสงสว่างและใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ หรือแทรกเตอร์สำหรับการเกษตร ปริมาณความต้องการใช้ก๊าซชีวภาพสำหรับเป็นเชื้อเพลิงต่างๆแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ปริมาตรการใช้ก๊าซชีวภาพสำหรับวัตถุประสงค์ต่างๆ

ใช้เป็นเชื้อเพลิง	ข้อกำหนด	จำนวนก๊าซชีวภาพ (m^3) ค่าความดัน 1 atm (0^oC)
1. หุงอาหาร	ต่อคน	0.5 ต่อวัน
2. จุดตะเกียงเพื่อแสงสว่าง	200 แรงเทียน 40 วัตต์	0.10 ต่อชั่วโมง-0.13 ต่อชั่วโมง
3. เครื่องยนต์เบนซิน	ต่อแรงม้า	0.45
4. เครื่องยนต์ดีเซล	ต่อแรงม้า	0.45
5. ตู้เย็น	ขนาด 12 คิว (ft^3)	1 m^3 (ใช้งานตู้เย็นได้นาน 6 ชั่วโมง)

ในการนำก๊าซชีวภาพที่เกิดจากการหมักไปใช้ประโยชน์ จำเป็นจะต้องมีระบบจัดการกับก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น ก่อนนำไปใช้ประโยชน์ [2] ระบบการจัดการก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นประกอบด้วย

(1) การรวบรวมก๊าซชีวภาพ (Gas Handling) ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ในถังหมักจะถูกรวบรวม และลำเลียงไปสู่ระบบการใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพได้เลย หรือเข้าระบบทำความสะอาดก๊าซ (Gas Purification) ก่อนที่จะนำไปใช้ ในกรณีที่จำเป็นสำหรับการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์บางอย่าง หรือกรณีที่ก๊าซมีปริมาณมากกว่าปริมาณที่ต้องการใช้ในขณะนั้น ก๊าซชีวภาพจะถูกเก็บรวบรวมไว้ (Gas storage) อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับรวบรวมก๊าซชีวภาพ [3] ได้แก่ Piping, Gas pump/Blower, Gas meter, Pressure regulation, Condensate drain อุปกรณ์ดังกล่าวจะต้องสามารถป้องกันสารกัดกร่อน และมีระบบออกแบบเพื่อป้องกันการควบแน่นของไอน้ำที่อยู่ในก๊าซชีวภาพ (Ross and Moser 1997) ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในถังหมักจะลอยขึ้นบริเวณด้านบนของถังบริเวณช่องว่างซึ่งอยู่บนถังหมักก๊าซชีวภาพ และจะออกจากถังหมักโดยอาศัยแรงดันเมื่อมีปริมาณของก๊าซเพิ่มขึ้น หรืออาจจะมีแรง Vacuum เบาๆ ไปตามท่อซึ่งต่อกับ Gas pump/Blower ส่วน Gas meter ทำหน้าที่วัดอัตราการไหลของก๊าซ และ Pressure regulation ทำหน้าที่ปรับแรงดันของก๊าซให้อยู่ในระดับปกติ (Ross and Moser 1997) คือมีค่าความดันที่น้อยกว่า 1.08x106 Pa (76.2 cm water column) อย่างไรก็ตามก๊าซชีวภาพจะถูกอัดด้วยความดันอีกครั้งในท่อ ซึ่งอาจสูงถึง 3.55x106 Pa ซึ่งขึ้นกับการออกแบบตามข้อกำหนดสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ [3]

(2) การเก็บก๊าซชีวภาพ (Gas Storage) กรณีก๊าซชีวภาพมีมากกว่าปริมาณต้องการใช้จะต้องมีการเก็บก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นไว้ เนื่องจากก๊าซชีวภาพจะไม่สามารถทำให้อยู่ในรูปของเหลวเหมือนก๊าซ LPG (ก๊าซ ปิโตรเลียมเหลว) ดังนั้น การเก็บก๊าซชีวภาพจะใช้วิธีการอัดเพื่อเพิ่มความดันแล้วเก็บในภาชนะ แต่สำหรับบ่อหมักก๊าซชีวภาพที่ใช้ในเอเชียประมาณ 95% ก๊าซที่เหลือจากการใช้จะถูกอัดแล้วเก็บก๊าซในถังบรรจุที่เคลื่อนที่ได้ (portable) ถุงยางที่บรรจุก๊าซอาจทำจาก PVC, ยาง, polythelene เป็นต้น [3] การเก็บก๊าซสามารถเก็บได้ที่ความดันระดับต่างๆ คือ

ก) ที่ความดันบรรยากาศปกติ หรือไม่ได้มีการอัดก๊าซ โดยมักจะเก็บที่ภาชนะที่มีความยืดหยุ่นสูง

ข) อัดก๊าซให้มีความดันปานกลาง คือประมาณ 150-200 psi และ ค) อัดก๊าซให้มีความดันสูงคือประมาณ 1000-4000 psi [3]) อย่างไรก็ตาม การเก็บก๊าซจะเสียค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง ดังนั้นระดับความดันของก๊าซที่ต้องการอัดจึงขึ้นอยู่กับข้อกำหนดในการใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ

2.5 การใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ

การนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์มีหลายแบบซึ่งเป็นที่นิยมในปัจจุบัน สามารถแยกเป็น 3 ประเภท

2.5.1 ใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตความร้อน เป็นการนำเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพไปใช้สำหรับทำการเผาไหม้เพื่อให้ความร้อนด้วยอุปกรณ์ต่างๆ เช่น เตาหุงต้มในครัวเรือน เชื้อเพลิงสำหรับหม้อไอน้ำในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ หรือหัวเผาในกรณีที่ต้องการพลังงานความร้อนชั่วขณะเป็นต้น

2.5.2 ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานกล เป็นการนำเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพไปใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในและผลิตพลังงานกลจากเครื่องยนต์เพื่อนำไปใช้ประโยชน์อีกทอดหนึ่ง เช่น ผลิตไฟฟ้าโดยการต่อแกนเครื่องยนต์เข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือใช้พลังงานกลโดยตรงเช่นต่อเข้ากับเครื่องสูบน้ำที่ใช้เครื่องยนต์เป็นตัวขับเคลื่อน การใช้ก๊าซชีวภาพแทนน้ำมันเชื้อเพลิงนี้มี 4 รูปแบบ [4] คือ

(1) เครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพโดยเฉพาะ ซึ่งมีราคาแพงเพราะนำเข้าจากต่างประเทศ เครื่องยนต์แบบนี้จะมีประสิทธิภาพประมาณ 40%

(2) เครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเบนซินหรือดีเซลขนาดเล็ก ประมาณ 5-12 กำลังม้าโดยดัดแปลงให้สามารถใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพร่วมกับน้ำมันทั้งสองชนิดในกรณีของน้ำมันดีเซลเมื่อใช้ก๊าซชีวภาพจะทดแทนน้ำมันดีเซลได้ถึง 80-90%

(3) เครื่องยนต์ดีซลขนาดกลางนำมาดัดแปลงให้ใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับน้ำมันดีเซลซึ่งก๊าซชีวภาพจะทดแทนน้ำมันนีเซลได้ 80%

(4) เครื่องยนต์เบนซินหรือดีเซลขนาดกลางและขนาดใหญ่ นำมาดัดแปลงให้ใช้ก๊าซชีวภาพได้ 100% และมีประสิทธิภาพประมาณ 20-25%

2.5.3 ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานร่วม เป็นการนำเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพมาใช้ผลิตพลังงานกลและพลังงานความร้อนร่วมกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของระบบให้มีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าการผลิตพลังงานรูปเดียว เช่น การผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซชีวภาพและนำเอาความร้อนเหลือทิ้งของเครื่องยนต์มาใช้ประโยชน์อีกทางหนึ่ง โดยพลังงานความร้อนเหลือทิ้งนั้นสามารถใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) ในการนำเอาพลังงานความร้อนเหลือทิ้ง

2.6 ปั๊มน้ำ

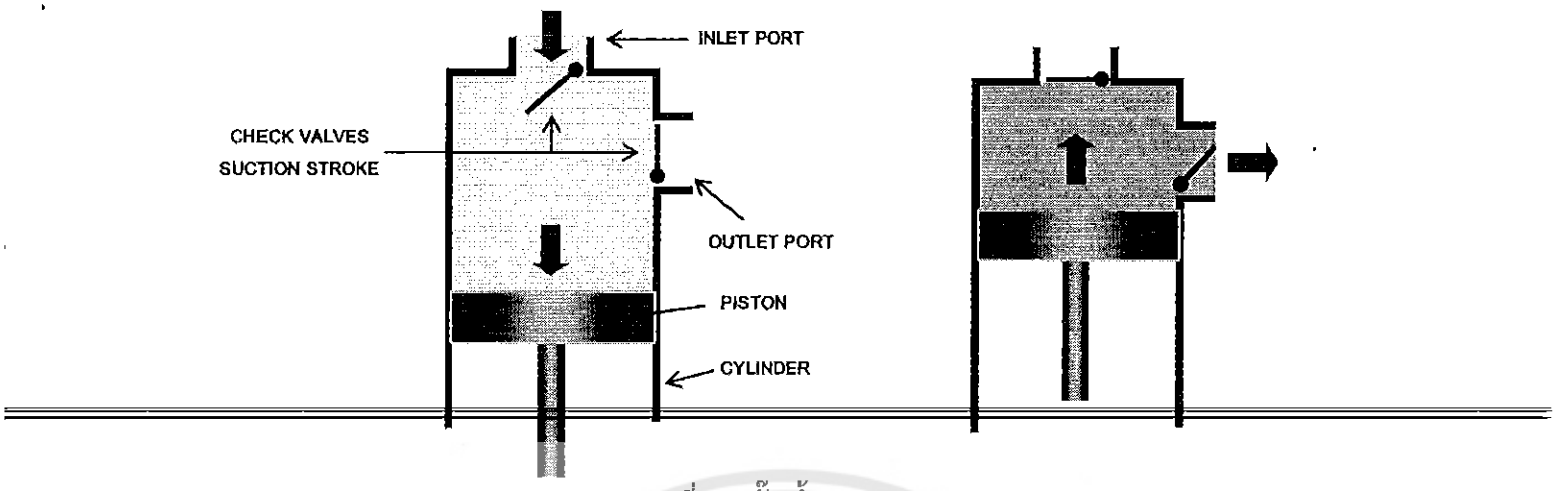
ปั๊มน้ำเป็นอุปกรณ์สาหรับเพิ่มแรงดันของน้ำซึ่งมีทั้งแบบที่ใช้มอเตอร์ และแบบที่ใช้เครื่องยนต์ ทำ หน้าที่หมุนส่งกำลังให้ปั๊มน้ำทำงานเพื่อเพิ่มแรงดัน และส่งน้ำไปตามท่อที่ใช้ในบ้านส่วนใหญ่จะเป็นแบบไฟฟ้า ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ

2.6.1 ปั๊มน้ำแบบใบพัด ทำงานด้วยการหมุนของใบพัดมีโครงสร้างหลัก ประกอบด้วย ตัวเรือน (casing) แกนหมุน (shaft) ใบพัด (rotor หรือ impeller) ใบครีบนำทาง (guide vane) หรือบางครั้งเรียกว่า ใบครีบตรึงแน่น(stator) ในปั๊มน้ำแบบลูกสูบบางชนิดที่ต้องการความดันสูงอาจจะต้องมีหลายสเตจ (stage) กล่าวคือ มีชุดของใบพัดและใบครีบนำทางหลายชุด เพื่อเพิ่มความดัน โดยทั่วไป 1 ชุด ของใบครีบนำทางและใบพัดจะถูกเรียกว่า 1 สเตจ ซึ่งทำให้เกิดแรงดันจ่ายไปตามท่อน้ำ ข้อดีคือ ขนาดเล็กหลักการทำงานง่าย ชิ้นส่วนไม่มาก จ่ายน้ำได้ในปริมาณมาก สร้างแรงดันน้ำได้มากพอควร ถ้าหากต้องการแรงดันสูงสามารถนาปั๊มน้ำมาต่อกันแบบมัลติสเตทได้ ปัจจุบันนิยมใช้กันมาก ปั๊มน้ำแบบใบพัดมีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไปตามรูปร่างลักษณะของปั๊ม เช่น ปั๊มอัตโนมัติ ปั๊มหอยโข่ง ปั๊มไดโว่ ปั๊มน้ำแบบลูกสูบ ทำงานด้วยการชักลูกสูบเลื่อนไปมา และมีวาล์วเปิดปิดน้ำเข้าออกจากลูกสูบเป็นการเพิ่มแรงดันน้ำโดยตรง ข้อดีคือ สามารถสร้างแรงดันน้ำได้สูง แต่มีข้อเสียคือ ให้ปริมาณน้ำน้อย และมีการสึกหรอของลูกสูบมาก โดยทั่วไปมักจะต้องมีการเติมของเหลว (priming) ก่อนเวลาเริ่มเดินเครื่องใบพัดอาจสามารถทำงานให้อัตราการไหลสูงมาก (อาจสูงถึง 300,000 แกลลอนต่อนาที) แต่จะทำความดันได้เพียงค่าปานกลาง

ภาพที่ 2.2 ปั๊มน้ำแบบใบพัด (แรงเหวี่ยง)

2.6.2 ปั๊มน้ำแบบลูกสูบ ทำงานด้วยการเคลื่อนที่ของลูกสูบแบบเป็นจังหวะกลับไปกลับมา และส่งของไหลออกจากปั๊มแบบลูกสูบในลักษณะที่เป็นการไหลแบบช่วง ๆ หรือการไหลในลักษณะที่เป็นคาบแต่สามารถเคลื่อนย้ายของไหลดุ้กชนิดโดยไม่จำกัดความหนืดและเนื่องจากลักษณะการทำงานของเครื่องจักรชนิดนี้คือ การบีบอัดของไหลในช่องว่างโดยจะทำให้เกิดความดันของไหลสูงขึ้นในขณะที่ปริมาตรของช่องว่างถูกลดลงจากการอัดดังนั้นตัวโครงสร้างของเครื่องจักรกลจะต้องแข็งแรงเพื่อทน

แรงดันของการอัดดังกล่าว จึจำเป็นต้องมีวาล์วปลดปล่อย (relief valve) ติดตั้งอยู่



ภาพที่ 2.3 ปั๊มน้ำแบบลูกสูบ

2.7 เครื่องยนต์ (Engine)

สำหรับเครื่องยนต์ที่ใช้เป็นเครื่องต้นกำลังนั้นมี 2 แบบ คือเครื่องยนต์เบนซิน และเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งนิยมนำมาใช้ในการสูบน้ำตามชนบทหรือชุมชนทั่วไป

2.6.1 เครื่องยนต์เบนซิน เป็นเครื่องยนต์ที่มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา เคลื่อนย้ายได้สะดวกส่วนใหญ่จึงติดตั้งตายตัวมากับเครื่องสูบน้ำที่ซื้อ เช่นเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งเครื่องยนต์ชนิดนี้มีทั้งชนิด 4 จังหวะ เช่นเครื่องฮอนด้า เครื่องบริกส์ และชนิด 2 จังหวะเช่นเครื่องเจโล่ที่นิยมใช้ฉุดระหัดเทพฤทธิ์โดยเฉพาะ โดยปกติเครื่องยนต์เบนซินมีราคาถูกแต่น้ำมันมีราคาสูง

2.6.2 เครื่องยนต์ดีเซล เป็นเครื่องยนต์ที่มีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก เคลื่อนย้ายลำบาก เช่นเครื่องยันม่า เครื่องคูโบต้า เครื่องยนต์แบบนี้มีความทนทานในการใช้งานได้ดีกว่าเครื่องยนต์เบนซิน นอกจากนั้น กำ ลังของเครื่องที่ผลิตขึ้นมาจำ หน่ายส่วนใหญ่จะสูงกว่า สำ หรับการติดตั้งเครื่องยนต์ดีเซลให้ฉุดเครื่องสูบน้ำที่อยู่กับที่นั้นทำ ได้ลำ บาก เว้นแต่ว่าจะต่อสายพาน และมู่เล่ออกจากเครื่องยนต์ดีเซลที่ติดมากับรถไถเดินตาม ออกไปฉุดให้เครื่องสูบน้ำหมุน เนื่องจากว่าเครื่องยนต์ดีเซลมีน้ำหนักมากไม่สะดวกในการขนย้าย โดยปกติเครื่องยนต์ดีเซลมักจะมีราคาสูงกว่าเครื่องยนต์เบนซิน แต่ราคาน้ำมันถูกกว่า

2.8 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

เจนศักดิ์ เอกบูรณะวัฒน์และวัฒนา กสิกุล [5] ได้ทำการทดลองผลิตไฟฟ้าได้ใช้เครื่องยนต์ขนาดความจุกระบอกสูบ 2,000 cc แบบ 4 สูบ 70 แรงม้าเดิมเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพที่ผลิตจากบ่อหมักมูลสุกรขนาด 120 m^3 และเดินเครื่องยนต์เพื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous) ที่ใช้

กันทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรมและในเครื่องจักรต่างๆซึ่งใช้ทำหน้าที่เป็นมอเตอร์ เนื่องจากได้มีการนำมอเตอร์เหนี่ยวนำมาใช้ทำงานเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากันโดยทั่วไป โดยเลือกมอเตอร์ขนาด 22 kW 4 ขั้วแม่เหล็กที่ความเร็วรอบ 1,465 รอบต่อนาทีและเพาเวอร์แฟคเตอร์ 0.9 พบว่าต้องใช้ก๊าซชีวภาพจำนวน 0.00352 m3/s และเครื่องยนต์ผลิตกำลังไฟฟ้าได้ 75.68 kW นาน 6-8 ชั่วโมงต่อวันโดยมีประสิทธิภาพของระบบ 24.67%

ชาตรี วัฒนศิลป์และกชนิกา รักษาวงศ์ [6] เสนอผลของการผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์ก๊าซสันดาปภายในโดยใช้เชื้อเพลิง จากก๊าซชีวภาพที่ผลิตจากน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม ระบบผลิตก๊าซชีวภาพในการศึกษานี้เป็นระบบ Modify Cover Lagoon จากน้ำเสียปริมาณเฉลี่ยวันละ 518 Nm^3 และมีขนาดของบ่อผลิตก๊าซ 60,000 Nm^3 ใช้เวลาในการกับเก็บน้ำเสียในระบบ 40 วัน สามารถผลิตไฟฟ้าได้เฉลี่ย 856.44 kW ด้วยอัตราการใช้เชื้อเพลิง 385.31 Nm3/h คิดเป็นอัตราการผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเลื้อเพลิง 2.185 kWk/Nm^3 ที่สัดส่วนก๊าซ มีเทน 54.2%, CO_2 29.53%, และอากาศเจือปน 16.26%

สมมาส แก้วล้วน และคณะ [7] ได้ทำการศึกษาระบบก๊าซชีวภาพจากบ่อหมักแบบยอดโดม (Fixed dome anaerobic digester) ในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ขนาดเล็ก มาใช้กับเครื่องยนต์ก๊าซโซลีนเพื่อผลิตไฟฟ้า โดยใช้เครื่องยนต์ขนาด 163 cc ผลิตไฟฟ้าได้สูงสุด 1.6 kW มีประสิทธิภาพโดยรวม 20.8% บ่อก๊าซชีวภาพมีขนาด 200 m^3 ผลิตก๊าซชีวภาพได้ 85.9 m^3/d

จตุพร แก้วอ่อน และคณะ [8] ได้ศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากบ่อหมักรูปโดมขนาด 100 m3 ใช้เงินลงทุนประมาณ 200,000 บาท ฐานบ่อมีรัศมี 10 m มีบ่อน้ำล้น 2 บ่อ และบ่อพักน้ำเสีย 1 บ่อ สามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้ 0.217 m3/kg

ทวีศักดิ์ ดันอร่าม และคณะ [9] ได้เสนอการผลิตไฟฟ้าโดยใช้ก๊าซชีวภาพจากบ่อหมักมูลสุกรแบบโดมคงที่ขนาด 100 m^3 และได้พัฒนาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาด 5.5 kW 380 V 4 pole พบว่าก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงที่ดีของเครื่องยนต์ก๊าซโซลีนขนาด 1500 cc และสามารถให้ความเร็วรอบเครื่องยนต์ได้ตั้งแต่ 1660-1700 รอบต่อนาที

ศุภาพร หวังศิริเจริญ และวสุ ปฐมอารีย์ [10] ศึกษาเรื่อง "การกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ปนเปื้อนในก๊าซชีวภาพโดยจุลินทรีย์ (Hydrogen Sulfide Removal from Biogas by Microorganisms) "ได้รวบรวมเทคโนโลยีการเพิ่มความบริสุทธิ์ของก๊าซชีวภาพ โดยการกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยวิธีทางชีวภาพ ประกอบด้วย ความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ก่อนเข้าระบบและอัตราการไหลเข้าระบบของก๊าซชีวภาพ ต้องไม่สูงเกินกว่าความสามารถของเชื้อในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้ทัน ถ้าหากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เข้มข้นมากเกินไปจะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดลดลง อัตราการเติมอากาศ ระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัด ความเป็นกรด-ด่างของระบบ พื้นที่ผิวสัมผัสและโครงสร้างทางกายภาพของตัวกลาง เช่น พลาสติก ผงคาร์บอน เป็นต้น นอกจากนี้ ยังรวมถึงชนิดของแบคทีเรียที่ใช้ยึดติดกับตัวกลางด้วย (Hong and Park, 2005; Kim et al, 2008) ซึ่งระบบที่ใช้จุลินทรีย์สำหรับการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ปนเปื้อนในก๊าซชีวภาพที่เป็นที่นิยม ได้แก่ ระบบตัวกรองทางชีวภาพ (Biofilter) ซึ่งมีข้อดี คือ ประหยัดค่าใช้จ่ายและมีความปลอดภัยสูงกว่าการใช้สารเคมี เนื่องจากเป็น

วิธีการประยุกต์ใช้เชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญอยู่ตามธรรมชาติ แต่วิธีนี้มีข้อจำกัดนอกจากที่กล่าวมาข้างต้นเช่นกัน คือ อาจพบปัญหาความไม่สม่ำเสมอในการทำงานหรือความไม่เสถียรของระบบบำบัดได้

Karthik Rajendran [11] และคณะได้ทำการศึกษาระบบผลิตก๊าซชีวภาพขนาดเล็กในครัวเรือน ซึ่งมีความแตกต่างกันทั้งการออกแบบและโครงสร้างรวมทั้งตัวแปรต่างๆที่มีผล เช่น pH อุณหภูมิ วัตถุดิบ การเติมสารและการใช้งาน ซึ่งทางรัฐบาลได้ส่งเสริมให้ใช้เชื้อเพลิงนี้ รวมทั้งเกิดผลดีต้องสังคมและสิ่งแวดล้อม เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพสามารถเพิ่มมูลค่าจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ซึ่งมีค่าขึ้นอยู่กับ pH อุณหภูมิ ประเภทและชนิดของวัตถุดิบ การเติมสาร HRT, C/N, และการผสม การผลิตก๊าซชีวภาพมีราคาถูก ทำง่ายและลดปริมาณของเสียและขยะในบ้าน ขนาดที่ใช้กันทั่วไปมีค่าตั้งแต่ 1-150 ลบ ม มีทั้งแบบ fixed dome, floating drum และ plug flow การใช้งานก๊าซชีวภาพจาก การหมักแบบไร้อากาศสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงประกอบอาหาร แสงสว่าง และผลิตไฟฟ้า

ศุภชัย เชาว์วิศวชัย และ ประภัสสร์ วังศกาญจน์ [12] ได้ทำการศึกษาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของสูบแบบหอยโข่งในบทความนี้คือ การลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัดทำให้เกิดการประหยัดพลังงานตามกฎความคล้ายของเครื่องสูบ จึงสามารถหาผลการประหยัดพลังงานจากสมการสามชุดเปรียบเทียบกับผลการทดลอง โดยใช้ค่าประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่องสูบและการ จำลองระบบที่ให้ผลใกล้เคียงกับผลการทดลอง

2.9 สรุปแนวคิดและวิธีการทดลอง

การออกแบบการทดลองเพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมในการนำพลังงานทดแทนจากก๊าซชีวภาพมาใช้เป็นเชื้อเพลิงนารสูบน้ำเป็นการเลือกการทดลองที่มีความเหมาะสมกับขนาดของชุมชนเนื่องจากชุมชนที่ประสบปัญหสภัยแล้งหรืออุทกภัยมีหลายแห่งแต่ละแห่งก็มีสภาพแวดล้อมและบริบทที่แตกต่างกันออกไปทำให้ต้องเริ่มแนวคิดในการทดลองจากหน่วยที่เล็กที่สุดคือครอบครัวซึ่งมีขนาดประมาณ 3-10 คน สามารถแก้ปัญหาจากภับแล้งได้โดยอาศัยอุปกรณ์และเครื่องมือที่สร้างได้ภายในครอบครัว โดยแบงเป็นส่วนต่างๆดังนี้

2.8.1 การผลิตก๊าซชีวภาพ การผลิตก๊าซชีวภาพมีขนาดแตกต่างกันตามแต่ปริมาณของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการหมักเพื่อให้เกิดก๊าซ การสร้างบ่อหมักจึงสามารถเลือกขนาดได้มากมาย แต่ที่นำมใช้ในการวิจัยนี้เลือกบ่อหมักแบบเอนกประสงค์สามารถใช้วัตถุดิบได้หลายชนิดเพื่อให้เหมาะสมกับครัวเรือน

2.8.2 การทำความสะอาดก๊าซชีวภาพ เนื่องจากการใช้ก๊าซชีวภาพกับเครื่องยนต์จเป็นต้องมีการดูแลรักษาเครื่องยนต์ จึงต้องทำการปรับปรุงคุณภาพของก๊าซชีวภาพให้เหมาะสมกับเครื่องยนต์จึงต้องลดปริมาณก๊าซ H_2S และไอน้ำ เพื่อให้เครื่องยนต์สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ

2.8.3 การอัดก๊าซชีวภาพ เพื่อให้มีความสำเร็จรูปในการใช้งานและสามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์เพื่อรักษาอัตราการใช้เชื้อเพลิงในการทำงานของเครื่องยนต์โดยมีอัตราการไหลเข้าสู่เครื่องยนต์อย่างสม่ำเสมอตามความต้องการในการจุดระเบิดของเครื่องยนต์

2.8.4 การเลือกเครื่องยนต์ที่สามารถใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงได้ เป็นเครื่องยนต์ขนาดเล็กซึ่งดูแลรักษาง่ายและการใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงก็ไม่มีการดัดแปลงเครื่องยนต์

2.8.5 การเลือกปั๊มน้ำ โดยให้ปั๊มสามารถทำงานได้อย่างเหมาะสมกับเครื่องยนต์ทั้งขนาดและกำลังฉุดของเครื่องยนต์

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่กล่าวมาทั้งมหดนี้สามารถเลือกใช้และคำนวณขนาดตามความต้องการในการใช้งานได้ตามสภาพแวดล้อมของชุมชน ย่างไรก็ดีเมื่อประสบกับภัยแล้งหรออุทกภัย การปรับเปลี่ยนขนาดของอุปกรณ์ต้องทำตามลักษณะการเลือกที่ได้ทำการวิจัยนี้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาต่อไป

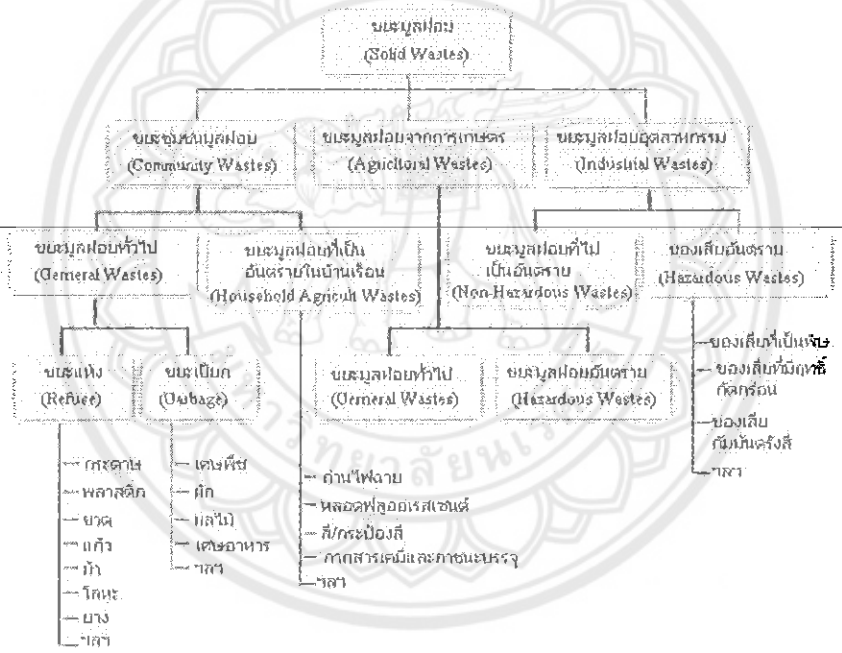
บทที่ 3

การออกแบบการทดลองและอุปกรณ์การทดลอง

กระบวนการศึกษาและทดลงเพื่อทำการวิจัยหารูปแบบการจัดการขยะชุมชนให้เป็นก๊าซชีวภาพและบรรจุลงถังเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนก๊าซหุงต้มมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

3.1 การศึกษาข้อมูลเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะของชุมชน

ศึกษาและสำรวจข้อมูลในการสร้างเครื่องผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะชุมชน โดยเก็บข้อมูลขยะและการหมักขยะอินทรีย์ที่มีในชุมชนเพื่อออกแบบสร้างเครื่องผลิตก๊าซชีวภาพโดยเลือกแบบที่มีความเหมาะสมในด้านการก่อสร้างที่ประหยัดและไม่ยุ่งยาก ใช้วัสดุหาง่ายในท้องถิ่น การบำรุงรักษาง่ายและการใช้งานมีความปลอดภัยจากอันตรายของก๊าซที่ผลิต การแบ่งประเภทของขยะที่เกิดขึ้นตามหลักวิชาการสามารถแบ่งได้ตามภาพที่ 3.1 [13]

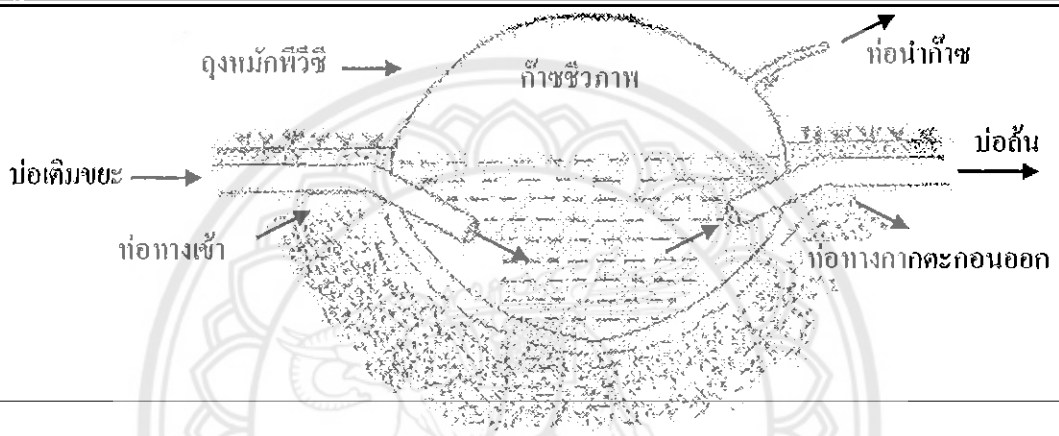


ภาพที่ 3.1 ประเภทของขยะมูลฝอย (Refuse or solid waste)

จะเห็นว่าประเภทของขยะมูลฝอยที่สามารถนำมาผลิตก๊าซชีวภาพได้เป็นขยะที่สามารถย่อยสลายได้โดยเฉพาะเศษอาหารและผักผลไม้ ซึ่งในเขตภาคเหนือมีปริมาณมากที่สุดคิดเป็นสัดส่วนได้ร้อยละ 59.32 ในขณะที่เมื่อเทียบกับปริมาณที่สำรวจได้ในเขตเทศบาลทั้งหมดมีค่าเป็นสัดส่วนร้อยละ 53.49 ดังนั้นการนำขยะดังกล่าวมาเป็นแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงจึงมีความเหมาะสมกับปริมาณที่สำรวจได้เนื่องจากเป็นขยะที่สามารถย่อยสลายได้และมีปริมาณมากเกินครึ่งหนึ่งของขยะทั้งหมด

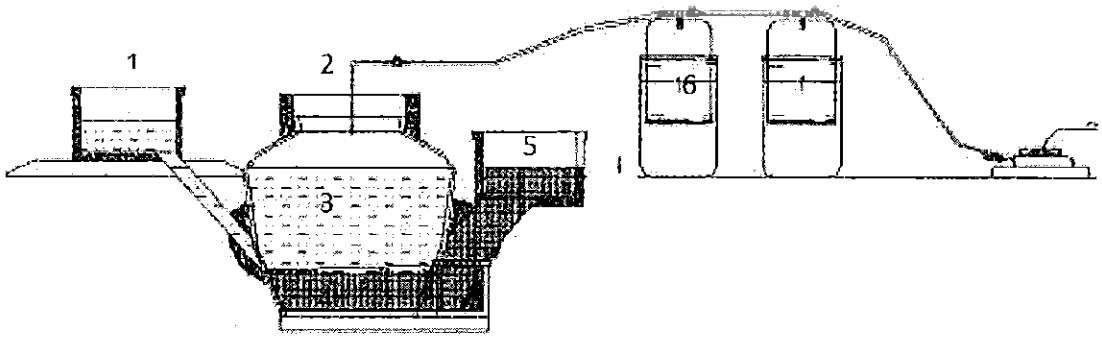
3.2 การสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพในชุมชน

สร้างเครื่องผลิตก๊าซชีวภาพตามแบบที่เลือกไว้ โดยทำการสร้างและติดตั้งระบบในชุมชนที่เลือกไว้เพื่อทดสอบและเก็บข้อมูล เครื่องผลิตก๊าซประกอบไปด้วย เครื่องสับและบดขยะ ถังหมักขยะอินทรีย์ เครื่องอัดเก็บก๊าซลงถัง การสร้างเครื่องผลิตก๊าซชีวภาพที่มีลักษณะเป็นถังหรือบ่อหมักที่สามารถควบคุมกลไกการเกิดก๊าซชีวภาพได้เป็นเครื่องผลิตก๊าซชีวภาพที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด การเลือกประเภทของบ่อหมักขยะและของเสียจากประเภทต่าง ๆตามการศึกษาข้อมูลเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะของชุมชนพบว่าจากปริมาณขยะในครัวเรือนของชุมชนโดยทั่วไปเหมาะสมที่จะใช้รูปแบบการหมักเร็วโดยใช้บ่อหมัก ดังภาพที่ 3.2 [14]



ภาพที่ 3.2 บ่อหมักก๊าซชีวภาพแบบใช้ถุงเก็บก๊าซพีวีซี [14]

จากรูปที่ 3.2 เป็นรูปแบบของการสร้างบ่อหมักก๊าซที่ประหยัดซึ่งสามารถประยุกต์และดัดแปลงให้เหมาะสมกับวัสดุและอุปกรณ์ที่หาได้จากชุมชนโดยใช้หลักการของแบบยอดโดม (Fixed dome) ซึ่งมีรูปแบบที่ใช้กันทั่วไปดังแสดงในภาพที่ 3.3 [14]

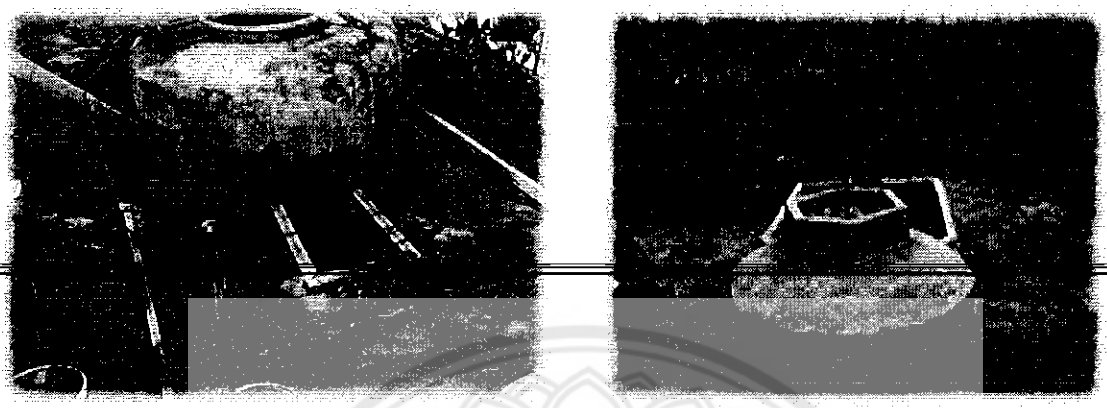


ภาพที่ 3.3 ระบบผลิตก๊าซชีวภาพชุมชนแบบใช้โอ่งฝังดินเพื่อใช้กับบ้านหรือชุมชน [15]

จากภาพที่ 3.3 ส่วนประกอบของระบบผลิตก๊าซชีวภาพประกอบด้วย บ่อเติมสาร (1) ซึ่งจะไหลลงสู่บ่อหมัก (3) ซึ่งอยู่ในระดับที่ต่ำกว่า ของเสียต่างๆที่ใส่ลงไปจะเกิดการย่อยสลายและเกิดก๊าซชีวภาพลอยขึ้นผ่านท่อนำก๊าซ (2) ซึ่งต่อเข้ากับถังเก็บก๊าซ (6) ซึ่งจะเป็นส่วนที่ติดตั้งชุดทำความสะอาดก๊าซต่อปีและจากรูปจะเห็นด้านล่างของล่อหมักเป็นตะกอนของแข็ง (4) ซึ่งเมื่อมีจำนวนมากจะล้นออกมาทางบ่อล้น (5) เพื่อให้สามารถพออกจากระบบไปใช้ทำปุ๋ยหมักและลดจำนวนกากตะกอนเพื่อให้จุลินทรีย์ในบ่อหมักทำงานได้ดีขึ้นและลดจำนวนตะกอนซึ่งเป็นของแข็ง ก๊าซชีวภาพที่ทำความสะอาดแล้วก็จะนำไปใช้งานต่างๆ ในที่นี้เป็นการนำไปใช้กับเครื่องยนต์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากมูลสัตว์หรือเศษอาหารหมักร่วมกับน้ำชะขยะ (Lechate) จะได้ก๊าซมีเทน (CH_4) เป็นองค์ประกอบหลักซึ่งมีประมาณ 45.42% นอกนั้นเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไนโตรเจน (N_2) และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ซึ่งมีปริมาณ 31.45%, 23.13% และ 0.035% ตามลำดับ การนำก๊าซชีวภาพไปใช้บางกรณีก็ไม่ต้องปรับปรุงก๊าซแต่อย่างใด เช่น การนำไปใช้เผาไหม้ในเตาหุงต้มทั่วไป แต่การนำไปใช้กับเครื่องยนต์ต้องทำการปรับปรุงก๊าซให้มีความเหมาะสมโดยการกำจัดก๊าซที่ไม่ต้องการซึ่งปนเปื้อนมาจากระบบผลิตก๊าซ และการเก็บก๊าซเพื่อความสะดวกในการใช้งาน ในกรณีที่ระบบการผลิตก๊าซยังไม่มีความต่อเนื่องเป็นการปรับปรุงระบบการใช้งานให้มีลักษณะสำเร็จรูปเหมือนกับก๊าซปิโตรเลียม ซึ่งมีระบบเก็บก๊าซเพื่อความสะดวกในการใช้งานโดยเฉพาะการใช้เป็นเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ชนิดต่างๆ การกำจัดก๊าซที่ปนเปื้อนอยู่ในก๊าซชีวภาพโดยเฉพาะก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นเรื่องที่สำคัญเนื่องจากก๊าซชนิดนี้เมื่อรวมตัวกับน้ำหรือความชื้นจะกลายเป็นกรดกำมะถัน (H_2SO_4) ซึ่งจะเกิดอันตรายต่อโลหะที่เป็นส่วนประกอบของเครื่องยนต์ ดังนั้นการนำก๊าซชีวภาพไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์จึงต้องทำการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ก่อนด้วยวิธีการต่างๆ เช่น ใช้ฝอยเหล็ก สารละลายโซดาไฟ (NaOH) และการใช้ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) การนำก๊าซชีวภาพไปใช้กับเครื่องยนต์เพื่อให้เป็นแหล่งพลังงานที่สม่ำเสมอต้องมีการบรรจุก๊าซลงถังด้วยแรงอัดที่เหมาะสมเพื่อให้เป็นเชื้อเพลิงที่เหมาะกับการใช้งานในเครื่องยนต์ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้งานได้มากมายเนื่องจากในปัจจุบันรถยนต์ก็มีเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงจากก๊าซปิโตรเลียมอยู่แล้ว เมื่อการพัฒนาก๊าซชีวภาพให้มีสมบัติที่ดีขึ้นจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะนำมาใช้ทดแทนเชื้อเพลิงจากปิโตรเลียมได้

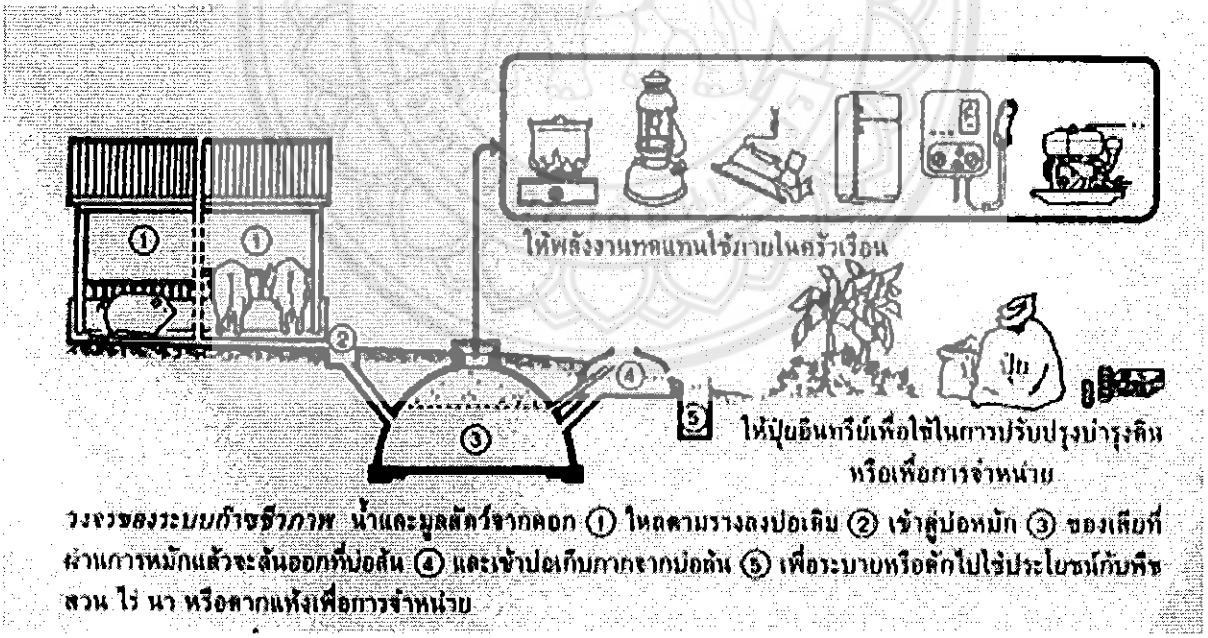
การออกแบบสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่หาง่ายในท้องถิ่นจึงต้องกำหนดให้มีปริมาตรจากเครื่องมือเป็นหลักและนำขยะหรือวัตถุดิบมาใส่โดยจัดการให้มีปริมาณที่พอเหมาะกับระบบซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะน้อยกว่าปริมาณที่ระบบจะรับได้ รวมทั้งยังมีการนำตะกอนออกทางบ่อล้นด้วย จึงสามารถใช้งานระบบได้อย่างต่อเนื่อง วัสดุที่นำมาสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพนั้นส่วนที่เป็นบ่อหมักใช้โอ่งคอนกรีตสำหรับเก็บน้ำมีปริมาตรประมาณ 2.5 m^3บ่อเติมสารและบ่อล้นมีปริมาตรประมาณ 1 m^3 การสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพส่วนใหญ่เป็นการการติดตั้งบ่อและต่อท่อขนาดต่างๆ

รวมทั้งการทำความสะอาดก๊าซชีวภาพ ดังภาพที่ 3.4 ซึ่งแสดงการก่อสร้างและติดตั้งระบบการผลิตก๊าซชีวภาพขนาดเล็กใช้ในครัวเรือนโดยสามารถใช้ในการกำจัดขยะชุมชนและมูลสัตว์จากฟาร์มและของเสียต่าง ๆจากชุมชน



ภาพที่ 3.4 ระบบผลิตก๊าซชีวภาพที่สร้างเองจากวัสดุหาง่ายในชุมชน [16]

การทดลองผลิตก๊าซชีวภาพใช้กระบวนการที่สามารถผลิตได้ในชุมชนเนื่องจากอยู่ใกล้แหล่งวัตถุดิบและมีกระบวนการผลิตอยู่แล้ว วงจรการผลิตก๊าซชีวภาพจากของเหลือทิ้งในครัวเรือนแสดงดังในภาพที่ 3.5 [17]



ภาพที่ 3.5 แผนภูมิแสดงกระบวนการลิตก๊าซชีวภาพจากของเหลือทิ้งในครัวเรือนและฟาร์ม [17]

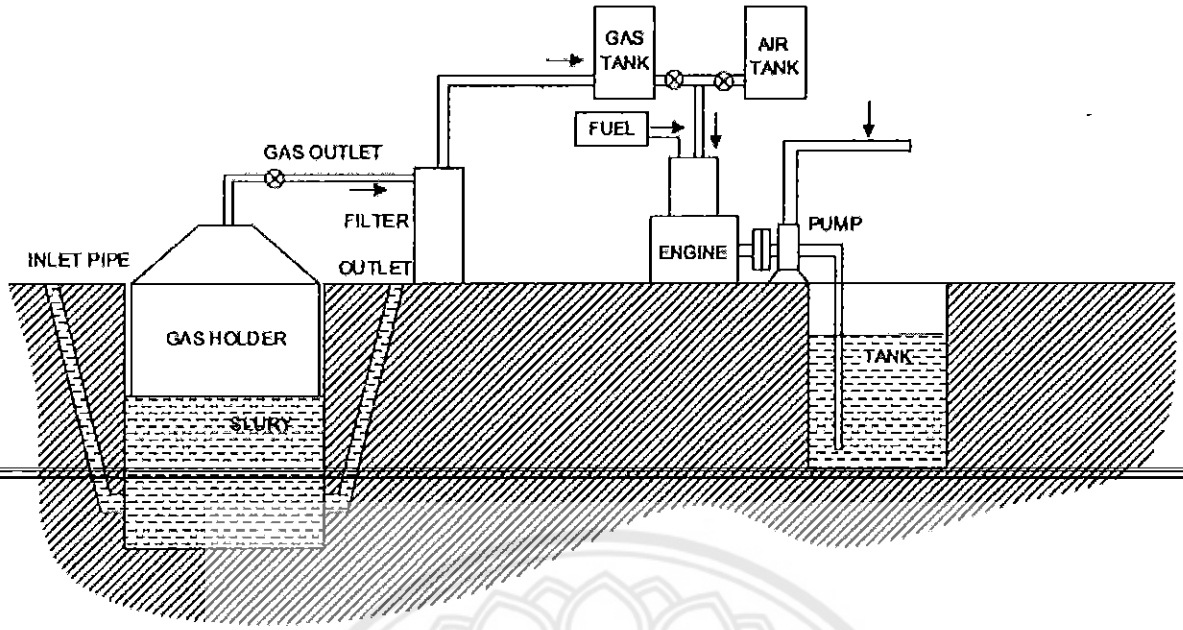
ในการทดลองผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์และของเสียในครัวเรือนพบว่าก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากมูลสัตว์หรือเศษอาหารหมักร่วมกับน้ำชะขยะ (Lechate) จะได้ก๊าซมีเทน (CH_4) เป็นองค์ประกอบหลักซึ่งมีประมาณ 45.42% นอกนั้นเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไนโตรเจน (N_2) และก๊าซ

ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ซึ่งมีปริมาณ 31.45%, 23.13% และ 0.035% ตามลำดับ การนำก๊าซชีวภาพไปใช้บางกรณีก็ไม่ต้องปรับปรุงก๊าซแต่อย่างใด เช่น การนำไปใช้เผาไหม้ในเตาหุงต้มทั่วไป แต่การนำไปใช้กับเครื่องยนต์ต้องทำการปรับปรุงก๊าซให้มีความเหมาะสมโดยการกำจัดก๊าซที่ไม่ต้องการซึ่งปนเปื้อนมาจากระบบผลิตก๊าซ และการเก็บก๊าซเพื่อความสะดวกในการใช้งาน ในกรณีที่ระบบการผลิตก๊าซยังไม่มีความต่อเนื่องเป็นการปรับปรุงระบบการใช้งานให้มีลักษณะสำเร็จรูปเหมือนกับก๊าซปิโตรเลียม ซึ่งมีระบบเก็บก๊าซเพื่อความสะดวกในการใช้งานโดยเฉพาะการใช้เป็นเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ชนิดต่าง ๆ การกำจัดก๊าซที่ปนเปื้อนอยู่ในก๊าซชีวภาพโดยเฉพาะก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นเรื่องที่สำคัญเนื่องจากก๊าซชนิดนี้เมื่อรวมตัวกับน้ำหรือความชื้นจะกลายเป็นกรดกำมะถัน (H_2SO_4) ซึ่งจะเกิดอันตรายต่อโลหะที่เป็นส่วนประกอบของเครื่องยนต์ ดังนั้นการนำก๊าซชีวภาพไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์จึงต้องทำการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ก่อนด้วยวิธีการต่างๆ เช่น ใช้ฝอยเหล็ก สารละลายโซดาไฟ (NaOH) และการใช้ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon)

เมื่อก๊าซที่ผลิตได้ถูกนำมาทำความสะอาดโดยกำจัดก๊าซที่ไม่ต้องการซึ่งปนเปื้อนมาจากกระบวนการผลิต พบว่าก๊าซที่ต้องการกำจัดมีหลายชนิดเช่น CO_2, N_2 และ H_2S ก๊าซ H_2S เป็นก๊าซที่ทำให้เกิดอันตรายต่ออุปกรณ์ที่เป็นโลหะ เช่น เครื่องยนต์ จึงมีความจำเป็นในการกำจัดให้เหลือน้อยที่สุดประมาณไม่เกิน 200 ppm ส่วนก๊าซอื่นถ้ากำจัดได้จะทำให้ประสิทธิภาพของก๊าซเพิ่มขึ้น ดังนั้นการกำจัดก๊าซ H_2S จึงมีความสำคัญในการนำก๊าซชีวภาพไปใช้งาน วิธีการกำจัดก๊าซ H_2S ได้เลือกวิธีการที่มีผลการกำจัดก๊าซได้สูงสุดคือ การใช้ถ่านกัมมันต์เป็นสารสำหรับดูดซับก๊าซ H_2S ซึ่งในที่นี้ต้องเลือกชนิดของถ่านกัมมันต์ที่มีขนาดรูพรุนภายในถ่านกัมมันต์ใกล้เคียงกับขนาดโมเลกุลของก๊าซ H_2S [18]

3.3 ทดสอบสมบัติของก๊าซชีวภาพที่ผลิตจากวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ และกระบวนการทดลอง

ในการทดลองเพื่อนำก๊าซชีวภาพไปใช้แทนเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์เพื่อให้เป็นพลังงานสำหรับเครื่องสูบน้ำ พบว่าการพัฒนาก๊าซชีวภาพให้มีสมบัติที่ดีมีขั้นตอนและกระบวนการตามหลักการปรับปรุงก๊าซให้สามารถใช้แทนเชื้อเพลิงปิโตรเลียม เช่น น้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซิน ได้ ในกรณีที่เกิดปัญหาภัยแล้งและน้ำท่วมจะทำให้แก้ปัญหาขาดแคลนพลังงานที่ใช้ในการสูบน้ำเนื่องจากเกษตรกรที่ประสบปัญหาดังกล่าว ต้องการใช้เครื่องยนต์ในการสูบน้ำโดยเลือกใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ เพื่อป้องกันอันตรายจากชีวิตและทรัพย์สิน เช่นฟาร์มเลี้ยงสัตว์สามารถสูบน้ำโดยการใช้ก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักมูลสัตว์เป็นต้น



ภาพที่ 3.6 แผนภาพแสดงอุปกรณ์การทดลองการทำงานของระบบสูบน้ำด้วยเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ [19]

จากภาพที่ 3.6 จะเห็นกระบวนการทดลองทั้งหมด โดยเริ่มต้นจากการผลิตก๊าซชีวภาพซึ่งเลือกจากแหล่งผลิตที่สามารถสร้างได้ง่ายและใช้วัสดุในท้องถิ่นซึ่งชุมชนในประเทศหลายแห่งมีศักยภาพด้านนี้จากการส่งเสริมของรัฐบาลและการรวมตัวกันของชุมชนเข้มแข็ง จากนั้นนำก๊าซที่ได้เข้าสู่กระบวนการวัดองค์ประกอบและค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพ เนื่องจากก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ยังมีคุณภาพต่ำและไม่เหมาะสมที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์จึงต้องทำความสะอาดก๊าซเพื่อกำจัดก๊าซที่ไม่ต้องการออกและลดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ซึ่งเป็นก๊าซที่ทำปฏิกิริยากับน้ำแล้วจะกลายเป็นกรดซัลฟุริกและเกิดการกัดกร่อนชิ้นส่วนที่เป็นโลหะของเครื่องยนต์ จากนั้นนำก๊าซชีวภาพบรรจุถังเพื่อให้มีปรมาณและความดันที่เหมาะสมกับการใช้ในเครื่องยนต์ การทดลองสุดท้ายเป็นการ

3.4 การทดลองวัดองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ผลิตจากวัตถุดิบต่างชนิด

ผลการทดลองวัดปริมาณองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากวัตถุดิบชนิดต่างๆ โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพซึ่งเป็นสินค้าของบริษัท Geotech ที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อน $\pm 0.5\%$ ได้ผลการทดลองตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่าเฉลี่ยองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพจากวัตถุดิบชนิดต่างๆ

องค์ประกอบ (%)	มูลโค	มูลสุกร	น้ำเสีย	ขยะอินทรีย์	เศษอาหาร
มีเทน (CH_4)	54.7	71.8	59	62.7	49.5
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	45.2	24.4	30	30.8	40.9
ออกซิเจน (O_2)	-	0.27	10	0.1	-
อื่นๆ (Other)	0.1	3.47	1	6.4	9.6

จากตารางที่ 3.1 พบว่าค่าองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่วัดได้มีค่าขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์อื่นๆ เช่น pH, Total Solid (Ts) และการกวนขณะที่มีการย่อยสลายจนเกิดก๊าซชีวภาพ ค่าองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ได้ต้องพิจารณาปริมาณก๊าซมีเทนซึ่งจะใช้เป็นเชื้อเพลิงหลักในการนำไปใช้งานต่อไป เมื่อนำก๊าซชีวภาพไปวัดค่าความร้อนด้วยเครื่องคาลอรีมีเตอร์ (Calorimeter) ค่าที่ได้บางครั้งจึงเรียกว่า Calorific Value และมีค่าขึ้นอยู่กับปริมาณของก๊าซมีเทนที่เป็นองค์ประกอบตามตารางที่ 3.2 โดยนำค่าความร้อนสุทธิไปหักลบจากผลการเผาไหม้ที่เสร็จสิ้นแล้วไม่เหลือส่วนที่เป็นน้ำ ทำให้ได้ค่าความร้อนต่ำ (Lower Heating Value, LHV)

ตารางที่ 3.2 ค่าความร้อนของก๊าซตามค่าส่วนประกอบของก๊าซมีเทนที่เป็นส่วนประกอบ

CH_4 (%)	49.5	54.7	59	62.7	71.8
LHV (MJ/kg)	15.1	18.5	20.5	23.6	26.4

3.5 การทดลองทำความสะอาดก๊าซเพื่อเพิ่มปริมาณก๊าซมีเทนเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง

การทดสอบการผลิตในการหุงต้มและการอัดเก็บก๊าซลงถัง นำไปทดลองใช้งานจริงตามค่ามาตรฐานของเชื้อเพลิงเพื่อให้เกิดความปลอดภัย ค่ามาตรฐานเป็นค่าที่กำหนดให้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพมีสมบัติที่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง และในขณะเดียวกันอุปกรณ์ที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่นแต่ได้ทำการปรับเปลี่ยนมาใช้ก๊าซชีวภาพย่อมต้องมีการทดสอบเพื่อให้เกิดความมั่นใจในการใช้งานและบางชนิดอาจต้องมีการดัดแปลงซึ่งการเลือกอุปกรณ์ วัสดุและวิธีการดัดแปลงเพื่อให้ใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพอาจทำได้หลายแบบ ในการวิจัยนี้ได้เลือกเลือกวิธีที่มีความปลอดภัยสูงเป็นหลัก

ในขั้นตอนการทดลองกำจัดก๊าซที่ปนเปื้อนมาในระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ คือการกำจัดก๊าซ H_2S โดยการใช้ฝอยเหล็กดัดจับก๊าซและเปลี่ยนสภาพตามสมการเคมี

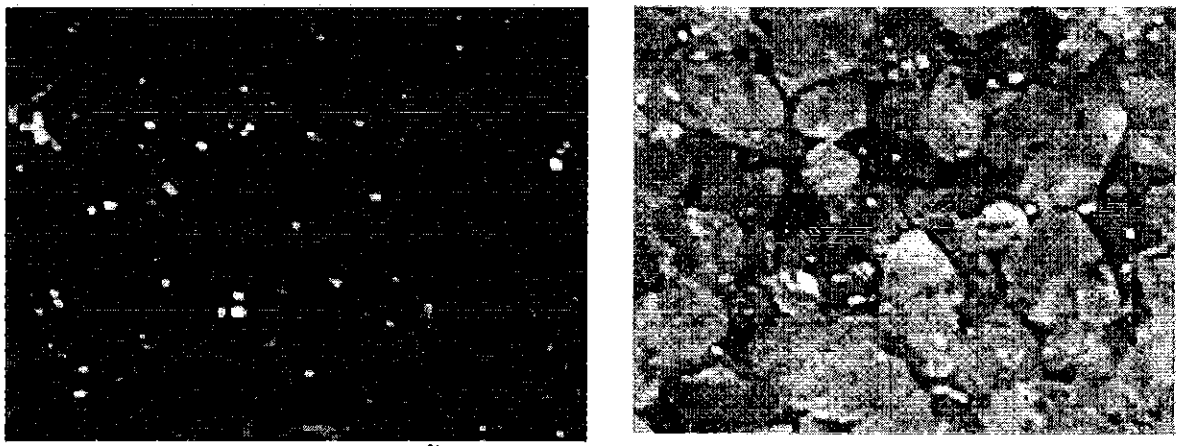
$$2Fe_2O_3 + 6H_2S \rightarrow 2Fe_2S_3 + 6H_2O \quad (3.1)$$

$$2Fe_2S_3 + 3O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3 + 6S_2 \quad (3.2)$$

และการกำจัดก๊าซ CO_2 เพื่อให้เพิ่มปริมาณก๊าซ CH_4 โดยการผ่านน้ำเนื่องจากกาซ CO_2 มีสมบัติในการละลายน้ำตามสมการ

$$H_2O + CO_2 \rightarrow H_2CO_3 \quad (3.3)$$

ก๊าซชีวภาพที่ผ่านน้ำจะมีความชื้นสูงและไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ในเครื่องยนต์ ซึ่งอาจทำให้เกิดสนิมในส่วนประกอบที่เป็นเหล็กของเครื่องยนต์ได้ การทำความสะอาดก๊าซชีวภาพที่มีโมเลกุลของน้ำปนเปื้อนมาต้องใช้วัสดุที่มีลักษณะดูดความชื้นเช่น ซิลิกาเจล ซึ่งเมื่อใช้ในการทดลองจะเกิดการเปลี่ยนสีดังภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.7 ซิลิกาเจลก่อนใช้ดูดความชื้นจากก๊าซชีวภาพมีสีนฟ้าและเมื่อใช้แล้วจะกลายเป็นสีชมพูอ่อน

3.6 การบรรจุโดยอัดก๊าซและเลือกเครื่องยนต์เพื่อใช้ในเครื่องสูบน้ำ

3.6.1 การบรรจุโดยการอัดก๊าซเพื่อเก็บในถังเพื่อต่อเชื่อมกับระบบไอดีในเครื่องยนต์

ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากวัตถุดิบบางชนิดจะมีค่าก๊าซมีเทนเนองค์ประกอบที่แตกต่างกัน การนำก๊าซชีวภาพไปใช้แทนเชื้อเพลิงให้มีประสิทธิภาพจึงควรมีการกำจัดก๊าซที่ไม่ต้องการออกไปและเพิ่มปริมาณก๊าซมีเทนให้มากขึ้น กระบวนการเพิ่มก๊าซมีเทนและกำจัดก๊าซที่ไม่ต้องการเช่นไฮโดรเจนซัลไฟด์ซึ่งเป็นก๊าซที่เป็นอันตรายต่อโลหะเนื่องมาจากในขณะที่ใช้งานเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนกลายเป็นกรดกำมะถัน (Sulphuric Acid, H_2SO_4) เลือกวิธีดำเนินการทดลองเพื่ออัดก๊าซบรรจุลงถังซึ่งในการทดลองเลือกถังที่หาง่ายเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานในชุมชน

3.6.2 การนำก๊าซชีวภาพไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์

ชุดเครื่องยนต์สันดาปภายในที่ต่อร่วมกับเครื่องสูบน้ำโดยตรง หรืออุปกรณ์อื่น ๆ ที่ต้องการต้นกำลังเป็นการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ในการขับเคลื่อนโดยตรงซึ่งจะทำให้เครื่องยนต์หรืออุปกรณ์อื่นดังกล่าวเกิดการเปลี่ยนแปลงการทำงานเนื่องจากคุณภาพของเชื้อเพลิงต่างกัน การนำก๊าซชีวภาพไปใช้ในเครื่องยนต์นั้น สามารถใช้ได้กับเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine) เช่น รถยนต์ ที่เราใช้กันอยู่ได้ทุกชนิด ซึ่งในขณะนี้การใช้ก๊าซชีวภาพกับเครื่องยนต์สันดาปภายใน จะมีอยู่ 4 รูปแบบด้วยกัน คือ

1. เครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซชีวภาพโดยเฉพาะ(เครื่องนำเข้าจากต่างประเทศ)มีประสิทธิภาพประมาณ40%

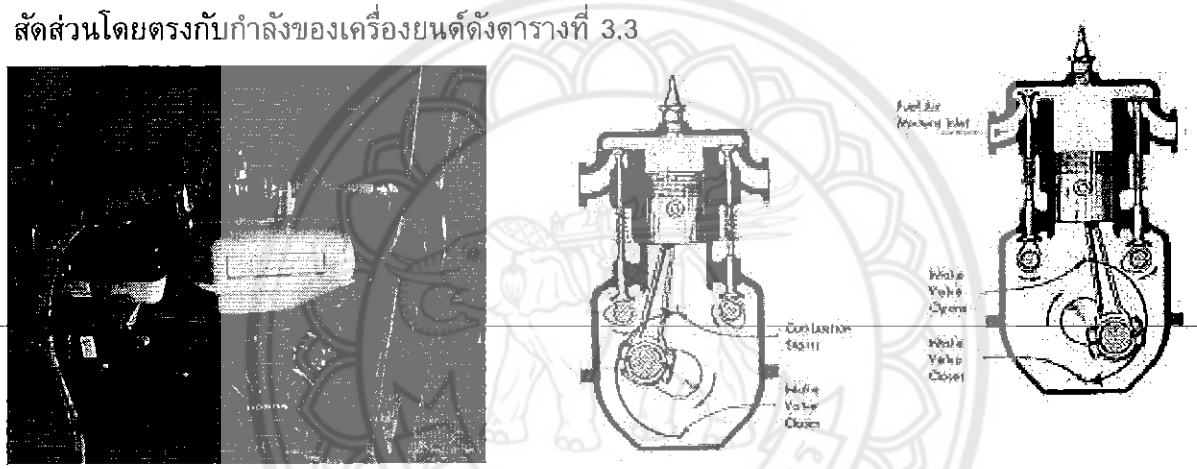
2. เครื่องยนต์เบนซิน หรือ ดีเซลขนาดเล็ก ได้แก่ เครื่องตัดหญ้า เครื่องยนต์ต้นกำลังขนาด 5-12แรงม้า นำมาดัดแปลงให้สามารถใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับน้ำมันเบนซินหรือดีเซล โดยการทดแทนการใช้น้ำมันดีเซลได้ประมาณ 80-90%

3. เครื่องยนต์ดีเซลขนาดกลาง นำมาดัดแปลงให้สามารถใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับน้ำมันดีเซลโดยการทดแทนการใช้น้ำมันดีเซลได้ประมาณ 80%

4. เครื่องยนต์เบนซิน หรือดีเซล ขนาดกลางและใหญ่ นำมาดัดแปลงให้สามารถใช้ก๊าซชีวภาพได้100% มีประสิทธิภาพประมาณ 20-25%

3.6.3 การปรับปรุงเครื่องยนต์เพื่อใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ

ได้ทำการทดลองโดยทดสอบการทำงานของเครื่องยนต์ขนาดเล็กที่ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงเพื่อสังเกตการทำงานและวัดอัตราการใช้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์โดยเลือกขนาดเครื่องยนต์ที่มีความจุกระบอกสูบ 97 cc แบบ 4จังหวะ ซึ่งเดิมใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินพบว่า การทำงานเครื่องยนต์ที่รอบเครื่องยนต์ต่ำวัดค่าพลังงานของเครื่องยนต์ได้ 100 W เมื่อใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพต้องใช้ถังอัดก๊าซที่มีความดันประมาณ 500 Pa ต่อเข้ากับท่อเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ หลังจากนั้นให้เครื่องยนต์ทำงานจนความดันของก๊าซชีวภาพในถังลดลงเหลือ 100 Pa เครื่องยนต์จะดับ แสดงว่าเครื่องยนต์ที่นำมาใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพจะทำงานได้เมื่อความดันของก๊าซชีวภาพมีค่าระหว่าง 100-500 Pa เมื่อทดลองวัดอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพพบว่าค่าที่ได้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับกำลังของเครื่องยนต์ดังตารางที่ 3.3



ภาพที่ 3.8 เครื่องยนต์ขนาดเล็กที่นำมาใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ

ตารางที่ 3.3 ผลการทดลองวัดอัตราการผลิตพลังงานจากเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง

อัตราการไหลของเชื้อเพลิงเข้าสู่เครื่องยนต์ (m^3/h)	225	370	425
อัตราการผลิตพลังงานของเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ (W)	300	400	500

3.6.4 การเลือกปั๊มเพื่อใช้ในการสูบน้ำ

ในการเลือกปั๊มน้ำเพื่อใช้กับเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ เป็นการเลือกขนาดของปั๊มเพื่อให้สามารถใช้งานได้ตามต้องการ จากปริมาณที่ต้องใช้ในการสูบน้ำที่มีความลึกหรือดันน้ำให้ขึ้นสู่ที่สูง เรียกว่าเฮดของน้ำ (Water Head, H) การคำนวณหาค่าพลังงานในการเปลี่ยนระดับความสูงของน้ำตามค่าเฮดน้ำมีค่าตามสมการ

$$P = \rho g Q[H + \Delta H] \quad (3.4)$$

เมื่อ P คือ กำลังของเครื่องสูบน้ำที่ใช้ในการสูบน้ำ (W)

ρ คือ ความหนาแน่นของน้ำ (1000 kg/m^3)

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (9.8 m/s^2)

H คือ เฮดของน้ำ (m)

ΔH คือ เฮดเนื่องจากความเสียดทานของน้ำในระบบ (m)

เมื่อนำเครื่องสูบน้ำดังกล่าวไปเชื่อมต่อกับเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ การถ่ายทอดพลังงานจากเครื่องยนต์ไปยังเครื่องสูบน้ำเริ่มคำนวณจากพลังงานที่ได้โดยเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพและประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ตามสมการ

$$E_P = f_c \gamma_f CV \eta_{th} \eta_m \quad (3.5)$$

เมื่อ E_P คือ กำลังที่ได้จากการทำงานของเครื่องยนต์ (W)

f_C คือ อัตราการใช้ก๊าซชีวภาพ (m^3/s)

γf คือ ความถ่วงจำเพาะของเครื่องยนต์

CV คือ ค่าความร้อนจำเพาะของเชื้อเพลิง (2,9600 kJ//m^3)

η_{th} คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อน

η_m คือ ประสิทธิภาพเชิงกล

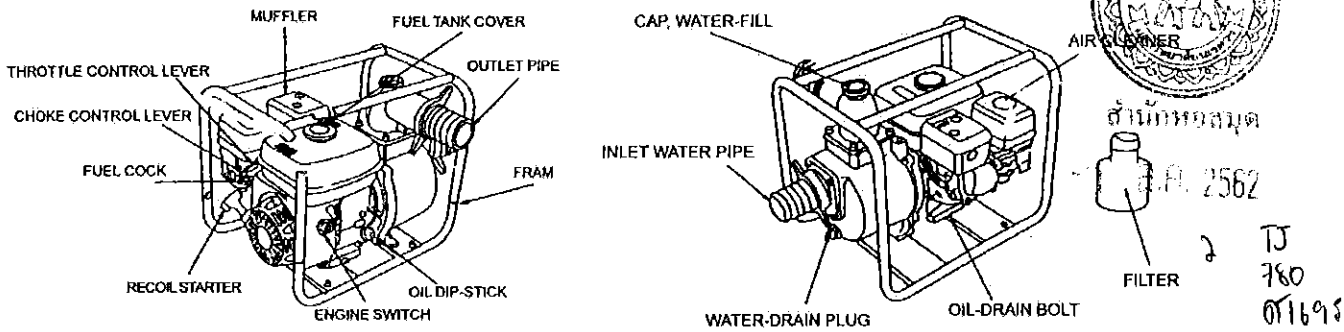
จากสมการทั้งสองเมื่อนำมาเปรียบเทียบกันจะพบว่ากำลังจากเครื่องยนต์มีค่ามากกว่ากำลังของเครื่องสูบน้ำแสดงว่าเกิดการสูญเสียพลังงานในระบบทำให้สามารถคำนวณประสิทธิภาพของระบบได้ตามสมการ

$$\eta_P = \frac{\rho g Q(H + \Delta H)}{E_P} \quad (3.6)$$

ในที่นี้ $H + \Delta H$ คือ ค่าเฮดรวมของระดับน้ำที่สูงและการสูญเสียของระบบสูบน้ำ (Hydraulic Loss)

เมื่อนำเครื่องยนต์มาติดตั้งร่วมกับปั๊มน้ำจะทำให้การทำงานมีความสะดวกขึ้นและสามารถใช้งานได้ตามที่คำนวณและตรงตามความต้องการในการสูบน้ำปริมาณต่างๆ โดยใช้เวลาในการสูบน้ำแตกต่างกันตามกำลังของเครื่องยนต์ ซึ่งแสดงดังภาพที่ 3.9

25
1020270
สำนักหอสมุด
2562
TJ
780
ต16ร
2561



ภาพที่ 3.9 เครื่องยนต์ที่ต่อกับปั๊มน้ำในการสูบน้ำโดยสามารถเลือกขนาดได้ตามกำลังที่ต้องการ

จากนั้นทำการทดลองใช้เครื่องยนต์ที่เปลี่ยนค่ากำลังได้ตามอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมาต่อเข้ากับปั๊มเพื่อใช้สูบน้ำ และทำการทดลองวัดค่ากำลังของเครื่องสูบน้ำเทียบกับอัตราการไหลของน้ำโดยเลือกอัตราการไหลของน้ำตามต้องการ

-3.6.5 การเก็บข้อมูลการสูบน้ำ เป็นการนำชุดเครื่องยนต์ที่ต่อเข้ากับปั๊มเพื่อนำมาทดลองสูบน้ำและเก็บข้อมูลของปริมาณน้ำที่สูบได้ต่อเวลา คือ อัตราการไหลของน้ำออกจากเครื่องสูบน้ำโดยนำข้อมูลของอัตราการไหลของน้ำมาเปรียบเทียบกับการสิ้นเลืองเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพที่ใส่เครื่องยนต์ โดยแบ่งการทดลองการสูบน้ำออกเป็น 2 แบบ ตามวัตถุประสงค์ในการวิจัย คือ

1. การสูบน้ำเพื่อแก้ปัญหาอุทกภัยโดยการสูบน้ำออกจากบริเวณที่ต้องการไปยังพื้นที่ที่มีการระบายน้ำ การทดลองสูบน้ำแบบนี้ไม่ต้องวัดความแตกต่างของระดับพื้นที่จากจุดที่สูบน้ำไปยังจุดที่ระบายน้ำโดยถือว่าความตกต่างของระดับน้ำน้อยมาก เรียกว่าเป็นการทดลองวัดอัตราการไหลสูงสุดของน้ำ

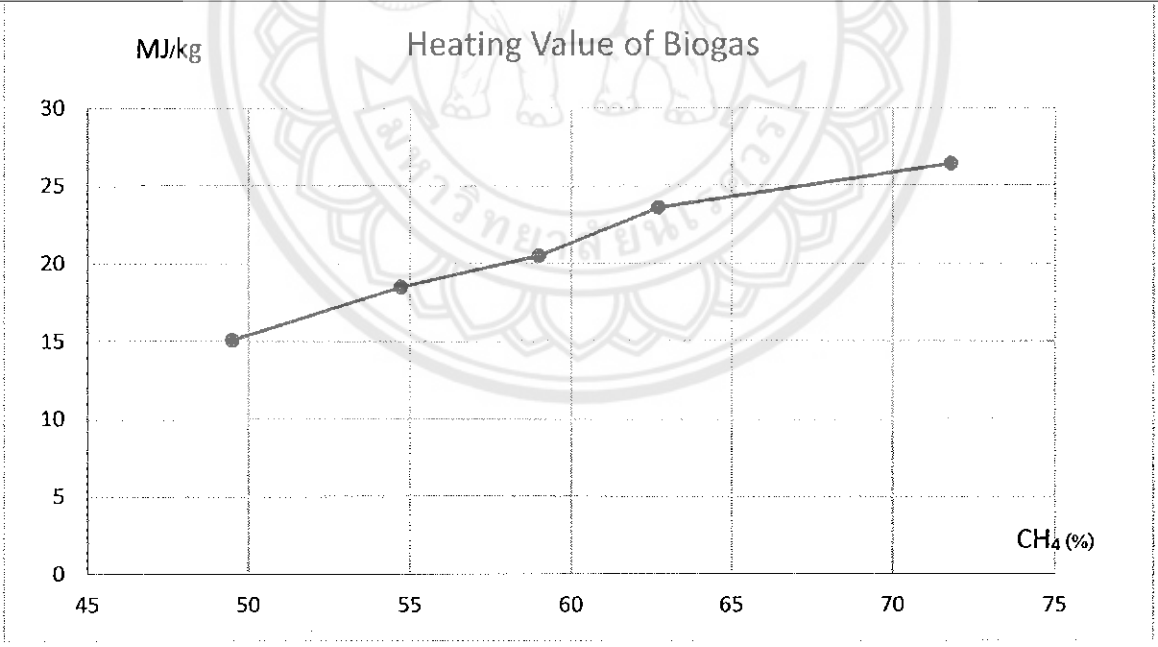
2. การสูบน้ำในกรณีที่เกิดปัญหาภัยแล้ง ส่วนใหญ่เป็นปัญหาของชุมชนที่ขาดแคลนน้ำ การสูบน้ำแบบนี้จึงต้องเริ่มจากการสำรวจแหล่งน้ำซึ่งผลการสำรวจแหล่งน้ำตามธรรมชาติที่มีในชุมชนทั่วไป คือ แหล่งน้ำใต้ดินซึ่งบางแห่งก็ขุดบ่อน้ำหรือบางแห่งก็เป็นท่อน้ำใต้ดินซึ่งต้องใช้สูบน้ำทำการสูบจากแหล่งน้ำที่อยู่ระดับที่ต่ำ การสูบน้ำจึงต้องใช้กำลังของสูบน้ำต่อสู้กับแรงโน้มถ่วงของโลกทำให้อัตราการไหลของน้ำลดลง โดยสามารถเลือกสูบน้ำให้เหมาะสมได้ตามกำลังของสูบที่ได้รับจากเครื่องยนต์ซึ่งมีตัวแปร คือ กำลังของเครื่องยนต์ที่ส่งให้กับสูบน้ำ ความลึกของแหล่งน้ำซึ่งจะเรียกว่าเฮดของน้ำและสุดท้ายคืออัตราการไหลของน้ำ

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

การผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์และของเสียต่างๆจากฟาร์มปศุสัตว์เป็นก๊าซชีวภาพที่มีสมบัติแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ เมื่อวัดปริมาณก๊าซต่างๆที่เป็นส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้พบว่าปริมาณก๊าซมีเทนเป็นสิ่งที่แสดงคุณภาพของเชื้อเพลิง โดยวัดค่าคุณภาพเชื้อเพลิงจากปริมาณมีเทนซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนได้โดยทำความสะอาดก๊าซเพื่อเพิ่มปริมาณก๊าซมีเทนและลดปริมาณก๊าซที่ไม่ต้องการเช่น H_2S, CO_2, N_2, ซึ่งไม่เป็นเชื้อเพลิงและบางชนิดเป็นอันตรายต่ออุปกรณ์ จึงดำเนินการทดลองโดยวัดค่าความร้อนของเชื้อเพลิงหลังจากที่ทำการกำจัดก๊าซไม่ต้องการออกจนปริมาณก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้น หลังจากนั้นจึงเลือกใช้ก๊าซที่มีค่าความร้อนสูงเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์และนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานสำหรับเครื่องสูบน้ำและทำการทดลองวัดค่าพลังงานที่ได้กับค่าอัตราการไหลของน้ำที่ค่าเฮดของน้ำต่างๆ

4.1 การทดลองนำก๊าซชีวภาพมาวัดค่าความร้อน

เมื่อเก็บก๊าซชีวภาพจากแหล่งกำเนิดก๊าซในชุมชนแล้วได้นำมาวิเคราะห์หาค่าปริมาณก๊าซที่เป็นองค์ประกอบพบว่าปริมาณก๊าซมีเทนจากวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการหมักก๊าซมีความแตกต่างกัน แต่เมื่อนำมาทำการสกัดก๊าซที่ปนเปื้อนออก พบว่ากระบวนการที่ใช้ในการกำจัดก๊าซ CO_2 สามารถลดปริมาณก๊าซ CO_2 ได้และเพิ่มปริมาณก๊าซมีเทนให้มากขึ้น ทำให้ค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพที่ค่าเพิ่มขึ้นตามการทดลองในตารางที่ 3.2 เมื่อนำผลการวัดมาเปรียบเทียบค่าที่ได้เป็นไปตามกราฟดังภาพที่ 4.1



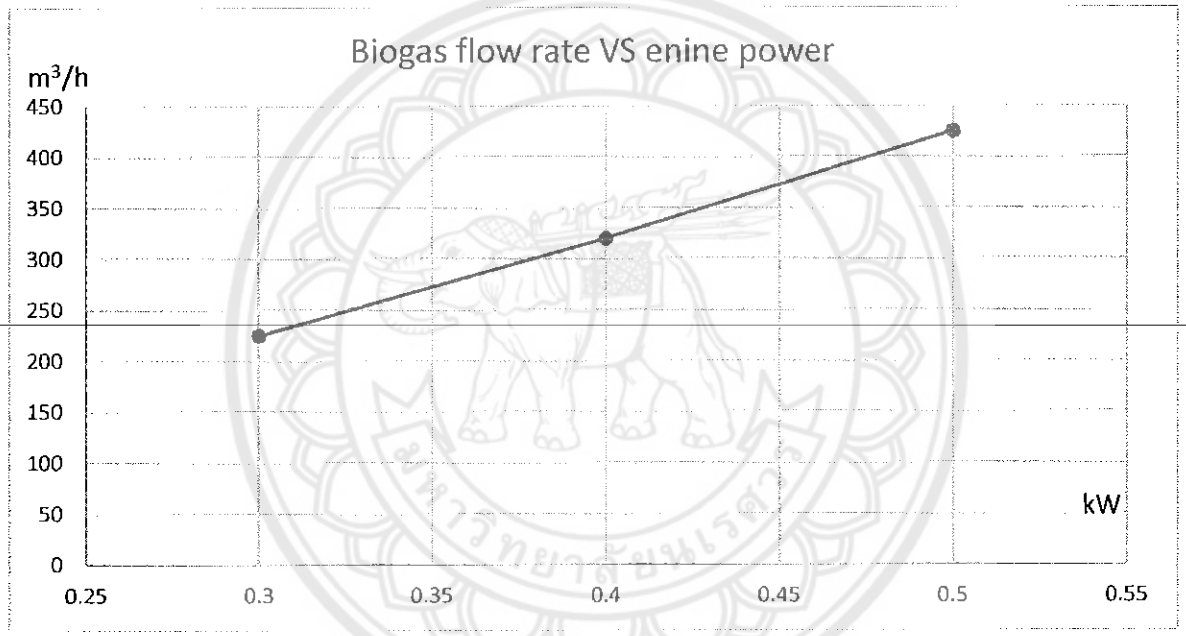
ภาพที่ 4.1 ค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพที่ปริมาณมีเทนต่าง ๆ

จากภาพที่ 4.1 จะเห็นว่าปริมาณมีเทนที่เป็นส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพนั้นสามารถทำให้ค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพเพิ่มขึ้นจนเป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพดี การทำความสะอาดก๊าซจึงได้ประโยชน์สองประการคือเป็นการกำจัดก๊าซที่ไม่ต้องการออกจากก๊าซชีวภาพเพื่อลดการกัดกร่อนและความไม่

สมบูรณ์ประการหนึ่งและอีกประการหนึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณก๊าซมีเทนให้ได้เชื้อเพลิงที่มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น จากแนวโน้มของค่าความร้อนของก๊าซแสดงว่าค่าปริมาณมีเทนที่สูงขึ้นอาจทำให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพมีค่ามากกว่าเชื้อเพลิงชีวมวลอื่น

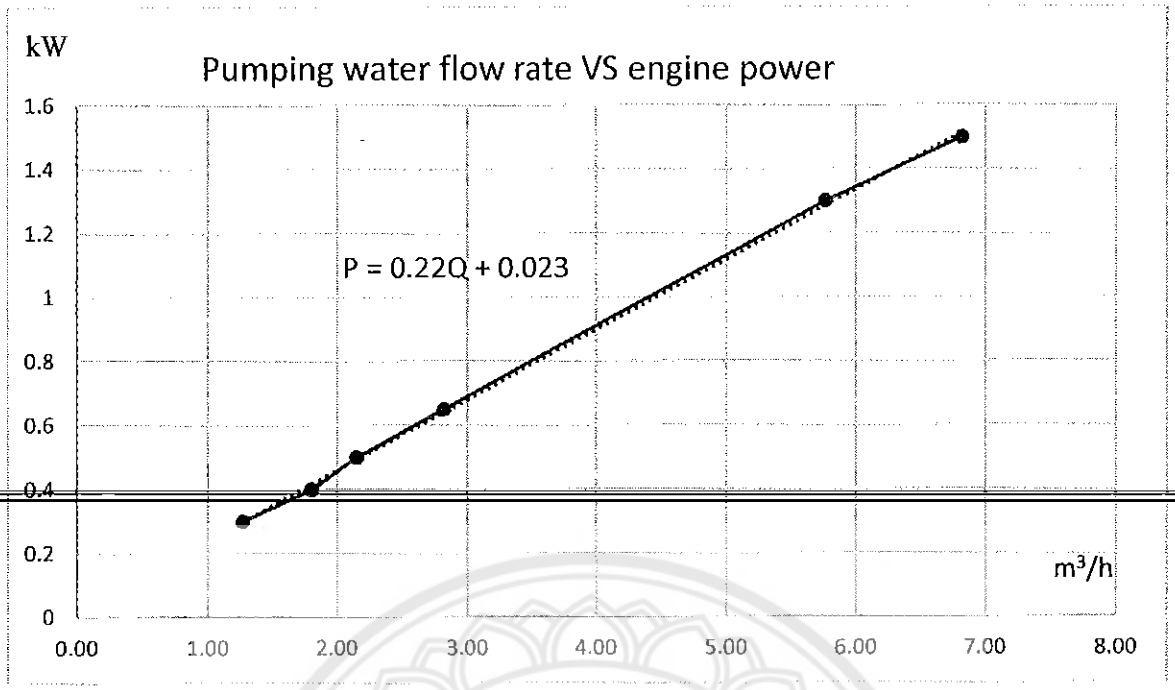
4.2 การทดลองใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์

ก๊าซชีวภาพที่มีปริมาณก๊าซมีเทนเกิน 50% เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ได้ดี โดยเฉพาะก๊าซชีวภาพที่มีปริมาณก๊าซ H_2S ปนเปื้อนน้อยที่สุด เพราะก๊าซนี้จะทำให้เครื่องยนต์เกิดการเสียหายจากการกัดกร่อนของกรดกำมะถันซึ่งเกิดจากการที่ก๊าซ H_2S ทำปฏิกิริยากับน้ำ (H_2O) ในขณะที่เกิดการเผาไหม้ ผลการทดลองเมื่อใช้ก๊าซชีวภาพเป็นที่ เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์และวัดกำลังของเครื่องยนต์เทียบกับอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ ได้ผลการทดลองตามตารางที่ 3.3 และวิเคราะห์ตามภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 ค่ากำลังของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพเทียบกับอัตราการใช้เชื้อเพลิง

เมื่อนำเครื่องยนต์ที่ได้ปรับปรุงระบบการใช้เชื้อเพลิงมาเชื่อมต่อเข้ากับปั๊มสูบน้ำโดยการใช้สายพานในการส่งกำลังของเครื่องยนต์และทำการวัดอัตราไหลของน้ำในการสูบน้ำด้วยปั๊มแบบแรงเหวี่ยงและปรับกำลังของเครื่องยนต์ด้วยการเปลี่ยนอัตราการไหลของเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพและปรับเปลี่ยนให้เครื่องยนต์มีกำลังที่แตกต่างจากการทดลองครั้งแรกเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของอัตราการไหลของน้ำที่ระบบสามารถสูบน้ำด้วยอัตราการไหลต่างๆได้ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 กราฟอัตราการไหลของน้ำจากปั๊มที่ได้กำลังค่าต่างๆจากเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ

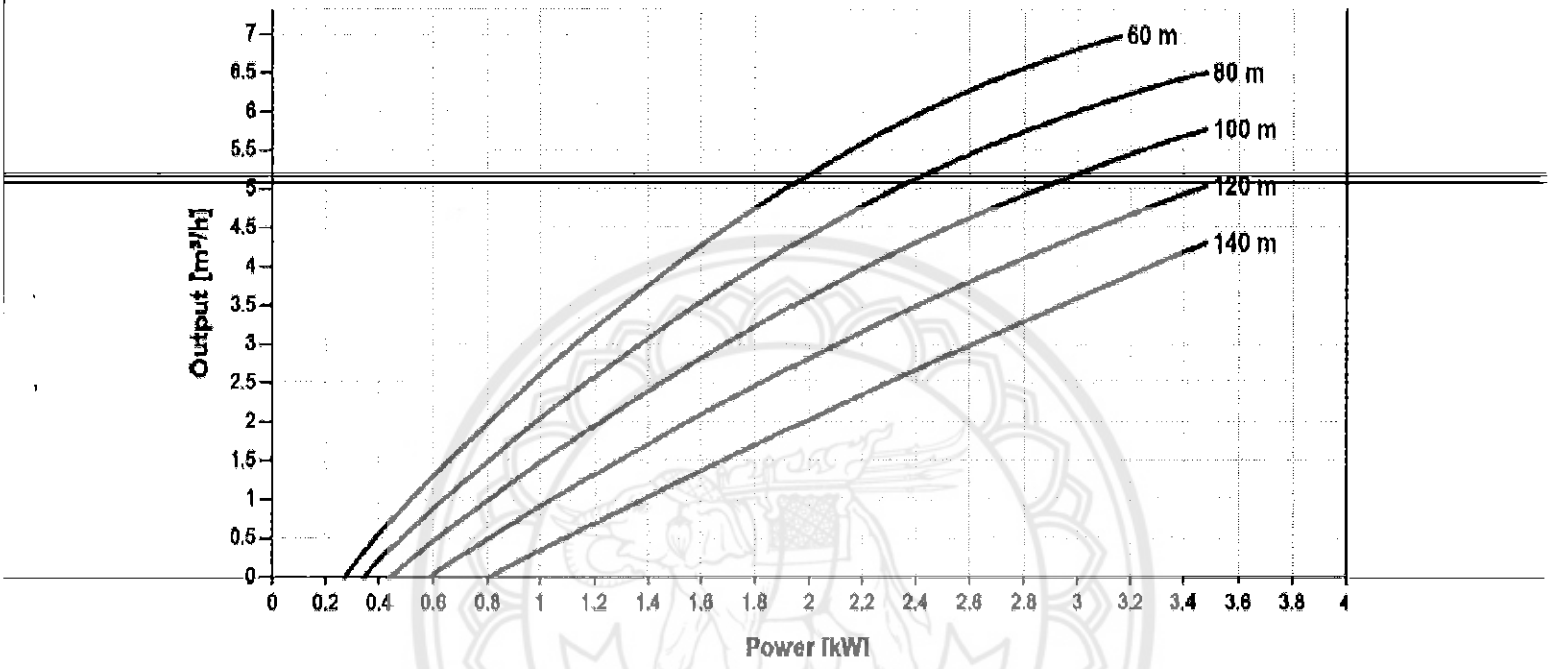
จากภาพที่ 4.3 จะเห็นว่าอัตราการสูบน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพทำให้เครื่องยนต์มีกำลังเพิ่มขึ้น ดังนั้นการสูบน้ำจึงสามารถเลือกขนาดของเครื่องยนต์ได้ตามความต้องการสูบน้ำในพื้นที่ซึ่งจะมีค่าขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ต้องการ

4.3 การทดลองสูบน้ำด้วยเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพในกรณีต่างๆ

การสูบน้ำเพื่อแก้ปัญหาด้านการดำรงชีพให้ปลอดภัยจากน้ำท่วมเป็นการใช้อุกรณ์และเชื้อเพลิงที่ชุมชนผลิตได้จากก๊าซชีวภาพโดยนำก๊าซชีวภาพมาใช้กับเครื่องยนต์เพื่อประหยัดเชื้อเพลิงและประยุกต์ใช้งานเนื่องจากในชุมชนที่มีฟาร์มสัตว์สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้จากของสัยในฟาร์มหรือขยะอินทรีย์จากครัวเรือนการสูบน้ำจากพื้นที่ประสบอุทกภัยที่มีน้ำท่วมเป็นการสูบน้ำที่ต้องการอัตราการไหลของน้ำจำนวนมาก และในกรณีที่ชุมชนต้องการแก้ปัญหาภัยแล้ง ซึ่งมักจะเกิดจากการขาดแคลนน้ำเนื่องจากแหล่งน้ำที่มีมักอยู่ใต้ดินที่มีความลึกซึ่งต้องใช้พลังงานในการสูบน้ำจำนวนมาก การสูบน้ำจากแหล่งน้ำใต้ดินจึงมีความจำเป็นต้องใช้พลังงานมนการสูบน้ำซึ่งในกรณีนี้สามารถประยุกต์ใช้ระบบเครื่องสูบน้ำที่ใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพโดยการออกแบบจากการคำนวณความลึกของน้ำตามสมการ 3.4-3.6 และเนื่องจากการใช้ระบบสูบน้ำดังกล่าวต้องปรับค่าตามความลึกของแหล่งน้ำที่สำรวจได้ จึงมีการนำค่าอัตราการไหลมาพลอตกราฟเทียบกับกำลังของเครื่องสูบน้ำและอัตราการไหลของน้ำที่สูบน้ำสามารถสูบได้ การหาค่าความลึกจากค่าเฮดของน้ำจึงสามารถดูได้จากกราฟที่คำนวณดังกล่าว

4.4 การคำนวณหาค่าเฮดน้ำที่เหมาะสมกับเครื่องสูบน้ำจากกราฟ

เนื่องจากความลึกของแหล่งน้ำมีค่าต่างกันตามภูมิประเทศ เมื่อใช้เครื่องยนต์ที่สามารถให้กำลังจากเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพได้เท่าใดก็สามารถนำมาเปรียบเทียบกับกราฟในภาพที่ 4.4 ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าอัตราการไหลที่ต้องการ



ภาพที่ 4.4 ค่ากำลังของปั๊มสูบน้ำและอัตราการไหลของน้ำเมื่อเฮดของน้ำมีค่า 60-140 m

จากภาพที่ 4.4 เมื่อต้องการสูบน้ำจากแหล่งน้ำที่มีความลึกในกรณีที่เกิดภัยแล้งโดยแหล่งน้ำมีความลึกปตกต่างกันตามพื้นที่ การใช้แผนภูมิในภาพที่ 4.4 เป็นการเลือกค่ากำลังของสูบน้ำที่มีค่าตั้งแต่ 0.3-3 kW และสามารถเลือกใช้เพื่อทำการสูบน้ำที่มีความลึกตั้งแต่ 60 m – 140 m หรือสามารถคำนวณในกรณีที่ไม่มีค่าตามแผนภูให้เลือก เมื่อสังเกตจากแผนภูมิพบว่าอัตราการไหลของน้ำมีค่าขึ้นอยู่กับกำลังของสูบและเฮดของน้ำ

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ภัยพิบัติจากธรรมชาติเป็นเรื่องที่สามารถทำการป้องกันและบรรเทาได้โดยมีวิธีการที่แตกต่างกันตามบริบทของพื้นที่ที่ประสบภัย ในชุมชนที่มีการจัดการที่ดีสามารถเลือกใช้วิธีที่ประหยัดและปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งในเวลานั้นเป็นช่วงที่ประชาชนกำลังเดือดร้อนเนื่องจากปริมาณน้ำ การเลือกวิธีการสูบน้ำโดยใช้เครื่องมือจึงต้องพิจารณาความเป็นไปได้จากวัสดุอุปกรณ์ที่มีอยู่และสามารถจัดการได้ภายในพื้นที่ เนื่องจากก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จากของเสียในครัวเรือนหรือสัตว์เลี้ยง วัสดุเหลือทิ้งและขยะอินทรีย์ ทำให้สามารถใช้เป็นพลังงานทางเลือกที่มีความเหมาะสมกับสถานการณ์ เมื่อมีความต้องการใช้พลังงานจากก๊าซชีวภาพจึงต้องมีกระบวนการจัดการตามผลการวิจัยซึ่งดำเนินการตามวัตถุประสงค์ได้ผลดังนี้

5.1 การออกแบบระบบสูบน้ำที่ใช้เครื่องยนต์ส่งกำลังให้ปั๊มเพื่อทำการสูบน้ำ

ก่อนนำก๊าซชีวภาพมาใช้กับเครื่องยนต์ต้องมีการทำความสะอาดก๊าซโดยกำจัดก๊าซ H_2S ซึ่งทำอันตรายต่อเครื่องยนต์ด้วยวัสดุที่หาง่ายในท้องถิ่น เช่น ฝอยเหล็ก ซึ่งในที่นี้สามารถลดปริมาณก๊าซ H_2S ได้จนอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อเครื่องยนต์ จากนั้นทำการปรับลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยปล่อยก๊าซชีวภาพไหลผ่านน้ำและทำการลดความชื้นอีกครั้งด้วยสารดูดความชื้น เช่น ซิลิกาเจล หรือวัสดุหาง่ายชนิดอื่น เพื่อเพิ่มปริมาณก๊าซมีเทนซึ่งเป็นก๊าซเชื้อเพลิงหลัก และสุดท้ายคือการอัดก๊าซชีวภาพลงถังเพื่อความสะดวกในการต่อเข้ากับเครื่องยนต์ การเตรียมก๊าซดังกล่าวนี้สามารถทำเตรียมไว้ก่อนเกิดภัยพิบัติได้หรือดำเนินการขณะประสบภัยในกรณีที่อุปกรณ์ดังกล่าวพร้อม ก๊าซชีวภาพที่อัดลงถังที่มีความดันมากกว่า 100 Pa สามารถต่อเข้ากับเครื่องยนต์เบนซินได้ ในกรณีที่ต้องการประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์ให้สูงขึ้นควรทำการปรับเครื่องยนต์เพื่อใช้กับเชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนต่ำ เช่น เพิ่มแรงอัดในกระบอกสูบเป็นต้น เมื่อเครื่องยนต์ทำงานได้แล้วก็ทำการต่อเชื่อมเพื่อส่งกำลังให้กับเครื่องสูบน้ำประเภทแรงเหวี่ยง ซึ่งสอดคล้องกับการทำงานของระบบโดยเลือกขนาดของปั๊มให้เหมาะสมกับขนาดของเครื่องยนต์และกำลังที่ส่งผ่านสายพาน

5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณต่างๆของการใช้เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพในการสูบน้ำ

จากผลการทดลองและการวิเคราะห์ต่างๆเมื่อเครื่องยนต์ใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพส่งกำลังเข้าสู่ปั๊มสูบน้ำและทำการสูบน้ำพบว่าการปรับอัตรากำลังของเครื่องยนต์สามารถทำได้โดยการเพิ่มปริมาณอัตราการไหลของเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพเข้าสู่เครื่องยนต์ เมื่อเครื่องยนต์ส่งกำลังเข้าสู่ปั๊มน้ำโดยสามารถปรับกำลังได้ จึงพบว่าอัตราการไหลของน้ำมีความสัมพันธ์กับกำลังขงเครื่องยนต์แบบเชิงเส้นโดยแสดงความสัมพันธ์ในรูปของสมการได้จากการลากเส้นแนวโน้มของกราฟ (Fit Curve) ทำให้การเลือกขนาดของกำลังเครื่องยนต์เพื่อใช้ในการสูบน้ำสามารถทำได้ง่าย และในขณะเดียวกันยังพบว่าอัตราการไหลของน้ำผ่านเครื่องสูบน้ำยังมีความสัมพันธ์กับความลึกของน้ำในกรณีที่ต้องการสูบน้ำจากแหล่งน้ำที่มีความลึกจึงต้องคำนวณหาขนาดของเฮดน้ำ โดยใช้ความสัมพันธ์ตามแผนภูมิหรือการคำนวณจากสมการ

5.3 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

การสูบน้ำแบ่งเป็นกรณีที่ต้องการสูบน้ำจากพื้นที่มีระดับความสูงแตกต่างกันน้อย เช่น ในกรณีเกิดน้ำท่วมซึ่งต้องการระบายน้ำออกจากพื้นที่อย่างรวดเร็วจึงต้องการอัตราการไหลของน้ำจากเครื่องสูบน้ำที่มีค่ามากควรเลือกใช้เครื่องยนต์ที่มีขนาดใหญ่เพื่อให้ผลิตกำลังได้มากโดยปรับอัตราการใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ ซึ่งต้อง

นำเอาผลการวิจัยนี้ไปใช้ดัดแปลงและเปลี่ยนขนาดของเครื่องยนต์ และปั๊มสูบน้ำที่มีขนาดเหมาะสมรวมทั้งแหล่งผลิตก๊าซชีวภาพต้องมีขนาดใหญ่สามารถผลิตก๊าซชีวภาพจำนวนมากได้ จึงจะพียงพอต่อการทำงานในกรณีตตต้องการระบายน้ำที่มีปริมาณมากออกจากพื้นที่ และในทำนองเดียวกันการสูบน้ำในกรณีที่ต้องการแก้ปัญหาภัยแล้ง ซึ่งเมื่อสำรวจแหล่งน้ำที่ต้องการซึ่งอยู่ลึกจากพื้นเรียกว่าเฮดน้ำ การสูบน้ำจะมีค่าอัตราการไหลลดลงตามความลึกของแหล่งน้ำ ดังนั้นจึงหาวิธีการรักษาอัตราการไหลของน้ำเมื่อเฮดของน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นสามารถแก้ปัญหาด้วยการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ เช่น การลดขนาดของท่อที่ใช้สูบน้ำหรือการปรับเปลี่ยนขนาดของเครื่องยนต์และเลือกสูบน้ำที่มีขนาดเหมาะสม เนื่องจากเมื่อเฮดของน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น จะทำให้อัตราการไหลของน้ำลดลงถ้าเครื่องยนต์มีกำลังคงที่ ดังนั้นการสูบน้ำที่ต้องการปริมาณมากๆจึงต้องเลือกใช้เครื่องยนต์และสูบน้ำที่มีขนาดใหญ่สุด ซึ่งต้องการเชื้อเพลิงที่มีปริมาณมากขึ้นจากแหล่งผลิตกาซชีวภาพที่มีขนาดใหญ่ การนำผลการวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้จึงสามารถทำได้ในอุปกรณ์หลายขนาดตามปริมาณของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ เนื่องจากการแก้ปัญหาน้ำท่วมมีวิธีการร่วมมือกันจากผู้ที่อยู่ในพื้นที่น้ำท่วมด้วยกัน จึงสามารถใช้สูบน้ำหลายอันจากแต่ละครอบครัวที่ผลิตก๊าซชีวภาพได้จากของเสียต่างๆจากคนและสัตว์รวมทั้งขยะอินทรีย์ในครัวเรือน ทำให้เป็นการสร้างพลังจากความร่วมมือ หรือในกรณีที่ต้องนำผลการวิจัยนี้ไปใช้ในพื้นที่ขนาดใญ่ก็สามารถทำได้ในชุมชนที่มีการผลิตก๊าซชีวภาพเป็นระบบขนาดใหญ่ เช่น ชุมชนที่มีอาชีพเลลี้ยงสัตว์ในรูปของฟาร์มที่มีปรีมาณของเสียจากสัตว์จำนวนมาก หรือแหล่งกำจัดน้ำเสียของโรงงานหรืออุตสาหกรรมต่างๆ การปรับขนาดของเครื่องยนต์และสูบน้ำก็ใช้วิธีการเดียวกับที่แสดงไนผลการวิจัยนี้ จึงเป็นการแก้ปัญหาภัยพิบัติซึ่งมักเกิดเป็นประจำทุกปีและเป็นปัญหาระดับชาติ ด้วยการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่ทำงานด้วยเชื้อเพลิงที่มีราคาถูกจากขยะและของเสียในชุมชนซึ่งเป็นปัญหาระดับชาติเช่นเดียวกัน การนำผลการวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้จึงเป็นการลดปัญหาของชุมชนได้อย่างเป็นรูปธรรมและมีความประหยัดในยามที่กำลังมีความเดือดร้อน รวมทั้งมีธีการบริหารจัดการที่เป็นประโยชน์ในทุกพื้นที่

บรรณานุกรม

[1] มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. (2542). **"เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม เล่ม 2"** ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2542 กทม.

[2] Dieter Deublein, Angelika Steinhauser. (2008) "Biodas and Renewable Resource" Wiley-VCH, Printed in the Federal Republic of Germany

[3] Teodorita Al Seadi et al. (2008). "Biogas Handbook" Published by University of Southern Denmark Esbjerg, Denmark

[4] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2554) "คู่มือการพัฒนาแลการลงทุนผลิตพลังงานทดแทนชุดที่ 5 พลังงานก๊าซชีวภาพ" กระทรวงพลังงาน

[5] เจนศักดิ์ เอกบูรณะวัฒน์ และ วัฒนา กสิกุล, (2548) "การวิเคราะห์ระบบผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กที่ใช้ก๊าซชีวภาพจากมูลสุกรเป็นเชื้อเพลิง" การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 1, 11-13 พฤษภาคม 2548 จ ชลบุรี

[6] ชาตรี วัฒนศิลป์และกชนิกา รักษาวงศ์, (2553) "ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของก๊าซชีวภาพ จากน้ำเสียในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม" การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 6, 5-7 พฤษภาคม 2553 กทม

[7] สมมาส แก้วล้วน, พิชัย อัษฎมงคล และ สุนีรัตน์ พิพัฒน์มโนมัย, (2549). "การประเมินทางด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์เพื่อนำก๊าซชีวภาพจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ขนาดเล็กมาใช้กับเครื่องยนต์เพื่อการผลิตไฟฟ้า" การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 2, 27-29 กรกฎาคม 2549 จนครราชสีมา

[8] จตุพร แก้วอ่อนและคณะ, (2548) "การผลิตแก๊สชีวภาพจากน้ำทิ้งฟาร์มสุกรและการประยุกต์ใช้ในครัวเรือนจังหวัดพัทลุง" การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 1, 11-13 พฤษภาคม 2548 จ ชลบุรี

[9] ทวีศักดิ์ ดันอร่าม ชำนาญ กุลคงและสาโรจน์ แสงหิรัญ, (2552) "การพัฒนาระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าสำหรับฟาร์มสุกรขนาดเล็ก" การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 5, 29 เม.ย-1 พ.ค 2552 จ พิษณุโลก

[10] ศุภาพร หวังศิริเจริญ และวสุ ปฐมอารีย์. (2552). "การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ปนเปื้อนในก๊าซชีวภาพโดยจุลินทรีย์" วารสารวิทยาศาสตร์ มข. ปีที่ : 37 ฉบับที่ : 2 เลขหน้า : 130-136 ปี พ.ศ. : 2552. จ. ขอนแก่น

[11] Karthik Rajendran. (2012). "Household Biogas Digesters—A Review" *Energies* **2012**, *5*, 2911-2942

[12] ศุภชัย เชาว์วิศวชัย และ ประภัสสร์ วังศกาญจน์ (2553). "การประหยัดพลังงานในเครื่องสูบแบบหอยโข่งด้วยการลดขนาดใบพัด" การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 6 5 - 7 พฤษภาคม 2553 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

[13] สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (มปป.) "พลังงานจากขยะ โครงการจัดทำระบบฐานข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์และวางแผนยุทธศาสตร์พลังงานของประเทศ" สำนักปลัดกระทรวงพลังงาน กระทรวงพลังงาน

[14] สุนันทา เขาวัณย์ศิริและคณะ (2554) "การผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และขยะอินทรีย์ในชุมชน" โครงการคลินิกเทคโนโลยี ปีงบประมาณ 2554 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

[15] Vaivudh S.(2016) "A simple model of biogas production from community waste and gas tank Compression." Proceedings of the 1st National and International Conference of Nakhon Sawan Rajabhat University on Understanding the Change of Localization in the 21th Century (ICNSRU2016). August 10, 2016 Nakhonsawan Thailand; 2016, pp. 60-67.

[16] เกียรติณรงค์ ยอดวิญญูวงศ์ (2554) การศึกษาการนำก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์มาผลิตไฟฟ้าขนาดไม่เกิน 1 kW เพื่อมาใช้เป็นพลังงานเริมในครัวเรือน" การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต 2554, วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร

[17] สิริโฉม พิเชษฐ์บุญเกียรติ และคณะ (2554) "โครงการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และเศษอาหารเพื่อใช้ในครัวเรือน" มหาวิทยาลัยเชียใหม่ 2554

[18] นงลักษณ์ ชมภูน้อย (2556) "การทำความสะอาดก๊าซชีวภาพโดยการลดปริมาณไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยการใช้ถ่านกัมมันต์" การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก

[19] C.Gopal, M. Mohanraj, P. Chandramohan and P. Chandrasekar. (2013). "Renewable Energy Source water pumping system-A literature Review" Renewable and Sustainable Energy Reviews, 25(2013) pp. 351-370.