**บทที่ 4**

**ผลการดำเนินงานวิจัย**

**4.1 ผลการศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสุกร โค และกระบือ**

ศึกษาผลการผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อเป็นพลังงานทดแทนจากมูลสุกร โค และกระบือ โดยศึกษาเริ่มจากการสร้างบ่อหมักที่ทำจากพลาสติกแอลดีพีอีปริมาตร 8 ลูกบาศก์เมตร ดังรูปที่ 4.1 และเติมวัตถุดิบที่ใช้ในการหมักคือมูลสุกร โค และกระบือ หาปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นใน 1 วันและทดสอบการจุดติดไฟของก๊าซชีวภาพเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนใช้ในการหุงต้มทดแทนก๊าซ LPG



**รูปที่ 4.1** บ่อหมักแบบพลาสติกแอลดีพีอีปริมาตร 8 ลูกบาศก์เมตร

ปริมาตรก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักมูลของ สุกร โค และกระบือ ในสภาวะไร้อากาศ ในถุงหมักแบบพลาสติกแอลดีพีอี ศึกษาปริมาตรที่สามารถผลิตได้ใน 1 วัน ในช่วงเวลา 08:00-16.00 น.เก็บทั้งหมด 3 วัน ดังตารางที่ 4.1 และเก็บข้อมูลอุณหภูมิแวดล้อม ในวันที่ 2 – 4 เมษายน 2560 ดังตารางที่ 4.1

**ตารางที่ 4.1** อุณหภูมิแวดล้อม จากอำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| เวลา | อุณหภูมิอากาศแวดล้อม (°C) | | |
| วันที่ 2 | วันที่ 3 | วันที่ 4 |
| 8:00-9:00 | 27 | 28 | 29 |
| 9:00-10:00 | 29 | 30 | 32 |
| 10:00-11:00 | 34 | 31 | 34 |
| 11:00-12:00 | 37 | 33 | 35 |
| 12:00-13:00 | 38 | 35 | 37 |
| 13:00-14:00 | 39 | 37 | 38 |
| 14:00-15:00 | 37 | 38 | 36 |
| 15:00-16:00 | 36 | 36 | 35 |

**ตารางที่ 4.2** ปริมาตรก๊าซที่วัดได้โดยการแทนที่น้ำของก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักมูลของสุกรในสภาวะไร้อากาศ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **เวลา** | **วันที่ 1** | **วันที่ 2** | **วันที่ 3** |
| **ปริมาตรก๊าซ(m3)** | **ปริมาตรก๊าซ(m3)** | **ปริมาตรก๊าซ(m3)** |
| 8:00-9:00 | 0.24 | 0.28 | 0.28 |
| 9:00-10:00 | 0.24 | 0.24 | 0.29 |
| 10:00-11:00 | 0.31 | 0.31 | 0.31 |
| 11:00-12:00 | 0.29 | 0.29 | 0.34 |
| 12:00-13:00 | 0.30 | 0.28 | 0.32 |
| 13:00-14:00 | 0.25 | 0.29 | 0.29 |
| 14:00-15:00 | 0.30 | 0.29 | 0.29 |
| 15:00-16:00 | 0.24 | 0.29 | 0.31 |
| **รวม** | **2.17** | **2.24** | **2.29** |

ก) ข)



ค)

**รูปที่ 4.2** การจุดติดไฟของก๊าซชีวภาพ

ก) เปลวไฟของก๊าซชีวภาพจากมูลสุกร

ข) เปลวไฟของก๊าซชีวภาพจากมูลโค

ค) เปลวไฟของก๊าซชีวภาพจากมูลกระบือ

จากรูปที่ 4.2 การทดสอบการจุดติดไฟของก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักมูลของสุกรโค และกระบือในถังหมักแบบพลาสติกแอลดีพีอีโดยการหมักในสภาวะไร้อากาศพบว่าหลังจากที่ทำการเติมวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก คือ มูลของ สุกร โค และกระบือในปริมาณ 700 กิโลกรัมผสมกับน้ำในแบบกะประมาณพบก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักมูลของสุกร โค และกระบือเริ่มจุดติดไฟได้ในวันที่ 8, 9, 11 ตามลำดับหลังจากมีการเติมวัตถุดิบที่ใช้เป็นสารตั้งต้นในการหมักก๊าซชีวภาพในสภาวะไร้อากาศ และเปลวไฟจะมีลักษณะ ดังรูปที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าลักษณะเปลวไฟจะเป็นสีฟ้าและเปลวไฟที่ได้จากการหมักมูลสัตว์ทั้งสามชนิดไม่แต่ต่างกันมากเนื่องจากก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักมูลของสัตว์ทั้งสามชนิด มีองค์ประกอบที่ใกล้เคียงกันมากจึงส่งผลให้มีลักษณะเปลวไฟที่ใกล้เคียงกัน และในก๊าซชีวภาพมีก๊าซมีเทนเป็นองค์ประกอบหลักซึ่งเมื่อก๊าซมีเทนสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศจะสามารถจุดติดไฟได้และลักษณะของเปลวไฟจะเป็นสีน้ำเงินสำหรับการจุดติดไฟต้องใช้ประกายไฟช่วยในการจุดติดไฟ

**4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซจากมูลของสุกร โค และกระบือ**

ศึกษาวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพโดยการใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพเพื่อหาองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพซึ่งองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพก็จะมี ดังนี้คือ CH4 CO2 H2S และก๊าซอื่นๆ ในปริมาณที่น้อยมาก

**4.2.1 ผลการศึกษาองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพจากการหมักมูลของ สุกร โค และกระบือ ในสภาวะไร้อากาศที่วิเคราะห์โดยจากเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพ**

**ตารางที่ 4.3** องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **วัตถุดิบ** | **ปริมาณองค์ประกอบ** | | | | |
| **CH4(%)** | **CO2(%)** | **O2(%)** | **H2S(ppm)** | **ก๊าซอื่นๆ(%)** |
| **สุกร** | 54.7 | 34.72 | 0.17 | 190.75 | 10.4 |
| **โค** | 54.3 | 41.4 | 0.02 | 24.5 | 4.15 |
| **กระบือ** | 53.8 | 33.8 | 0.22 | 162 | 12.05 |

จากตารางที่ 4.3 องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่วิเคราะห์ได้โดยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพ พบว่า องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักมูลของ สุกร โค และกระบือ ในสภาวะไร้อากาศ ประกอบไปด้วย มีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน ชีวภาพซัลไฟด์และก๊าซอื่นๆเช่น ไนโตรเจนชีวภาพ ไอน้ำ ในปริมาณที่น้อยมากซึ่งมีความสอดคล้องกับองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ จากตารางที่ 2.1 และจากตารางที่4.3 พบว่าก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์ทั้ง 3 ชนิด มีก๊าซมีเทน และคาร์บอนไดออกไซน์ เป็นองค์ประกอบหลัก โดยมูลของสุกรมีก๊าซมีเทน 54.7% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซน์ 34.72% ก๊าซออกซิเจน 0.17 ก๊าซชีวภาพซัลไฟด์ 190.75 ppm และก๊าซอื่นๆ 10.4มูลของสุกรมีก๊าซมีเทน 54.7% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซน์ 34.72% ก๊าซออกซิเจน 0.17 ก๊าซชีวภาพซัลไฟด์ 190.75 ppm และก๊าซอื่นๆ 10.4มูลของโคมีก๊าซมีเทน 54.3% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซน์ 41.4% ก๊าซออกซิเจน 0.02 ก๊าซชีวภาพซัลไฟด์ 24.5 ppm และก๊าซอื่นๆ 4.15 และมูลของกระบือมีก๊าซมีเทน 53.8% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซน์ 33.85% ออกซิเจน 0.22 ชีวภาพซัลไฟด์ 162 ppm และก๊าซอื่นๆ 12.05

**4.3 ผลการเปรียบเทียบปริมาณมีเทนที่ได้จากมูลของสุกร โค และกระบือ**

เปรียบเทียบปริมาณมีเทนที่ได้จากการวิเคราะห์โดยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพเพื่อบอกถึงคุณภาพของก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักมูลของ สุกร โค และกระบือ

**ตารางที่ 4.4** เปรียบเทียบปริมาณมีเทนที่ได้จากการวิเคราะห์โดยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพ

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **CH4 (%)** | **ครั้งที่** | **ปริมาณองค์ประกอบ** | | |
| **สุกร** | **โค** | **กระบือ** |
| 1 | 54.7 | 53 | 53.2 |
| 2 | 54.8 | 54.6 | 53.9 |
| 3 | 54.6 | 54.9 | 54.0 |
| 4 | 54.8 | 54.8 | 54.1 |
| **เฉลี่ย** | **54.7** | **54.3** | **53.8** |

จากตารางที่ 4.4 พบว่าปริมาณ CH4ของก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักมูลของ สุกร โค และกระบือ โดยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพ พบว่า ก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักมูลของสุกรในสภาวะไร้อากาศมีองค์ประกอบที่มีปริมาณ CH4 เฉลี่ยที่ 54.7 มูลของโคเฉลี่ยที่ 54.3 และมูลของกระบือเฉลี่ยที่ 53.8 จากข้อมูลที่ได้ จากตารางที่ 4.4 สามารถบอกคุณภาพของก๊าซชีวภาพได้ว่ามูลของ สุกร มีคุณภาพสูงสุด เนื่องจากก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักมูลของสุกรมีปริมาณ CH4 สูงที่สุด ซึ่งสมบัติของ CH4 จะจุดติดไฟเมื่อสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศเนื่องจากปริมาณมีเทนที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่าใกล้เคียงกันมากจึงไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนจึงมีการพิจารณาองค์ประกอบอื่นร่วมด้วย คือ ถ้าก๊าซชีวภาพที่มีเปอร์เซ็นของ CO2 สูงในกรณีนี้จะส่งผลให้ก๊าซชีวภาพที่ได้มีสัดส่วนของก๊าซมีเทนต่ำมากจนอยู่ในระดับที่จุดไฟติดยาก ส่วนก๊าซชีวภาพที่มีปริมาณ ชีวภาพซัลไฟด์สูงจะส่งผลเสียต่อชุดอุปกรณ์เนื่องจาก ชีวภาพซัลไฟด์มีสมบัติเป็นก๊าซพิษเมื่อสัมผัสกับน้ำหรือไอน้ำ จะเปลี่ยนสภาพเป็นกรดซัลฟูริก (H2SO4) ซึ่งเป็นสาเหตุของฝนกรดหรือไอกรดที่สามารถกัดกร่อนโลหะและวัสดุอุปกรณ์ได้ ดังนั้นเมื่อพิจารณาองค์ประกอบอื่นๆร่วมด้วย จากตารางที่ 4.4 สามารถสรุปได้ว่ามูลของสุกรเหมาะที่จะพิจารณาเพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการหมักก๊าซชีวภาพเป็นอันดับแรกรองลงมาคือ มูลของโคและกระบือ ตามลำดับ

**4.4 การผลิตกระแสไฟฟ้าจากก๊าชชีวภาพ**

ขั้นที่ 1 เตรียมความพร้อมของเครื่องให้กำเนิดไฟฟ้า

วัสดุ

1. สามทางพีวีซี¾-1 นิ้ว จำนวน 3 อัน

2. ท่อนำก๊าซยาว 2 เมตร

3. ข้องอพีวีซี¾-1 นิ้ว จำนวน 2 อัน

4. วาล์วเปิดปิด ¾-1 นิ้ว จำนวน 3 อัน

5. ท่อพีอีขนาด ¾-1 นิ้ว จำนวนขึ้นกับความยาวของท่อส่งก๊าซที่ต้องการ (0.50 เมตร)

6. เกลียวนอก-ใน พีวีซี ¾-1นิ้ว จำนวน 2 อัน

ขั้นที่ 2 วิธีการดัดแปลงเครื่องให้กำเนิดไฟฟ้า

1. เจาะด้านข้างของกรองอากาศให้มีขนาด ¾ -1 นิ้ว

2. นำสามทางพีวีซี ¾-1 นิ้ว จำนวน 1 อัน ต่อเข้ากับกรองอากาศที่เจาะแล้ว

ดังรูปที่ 4.3 หมายเลข 1

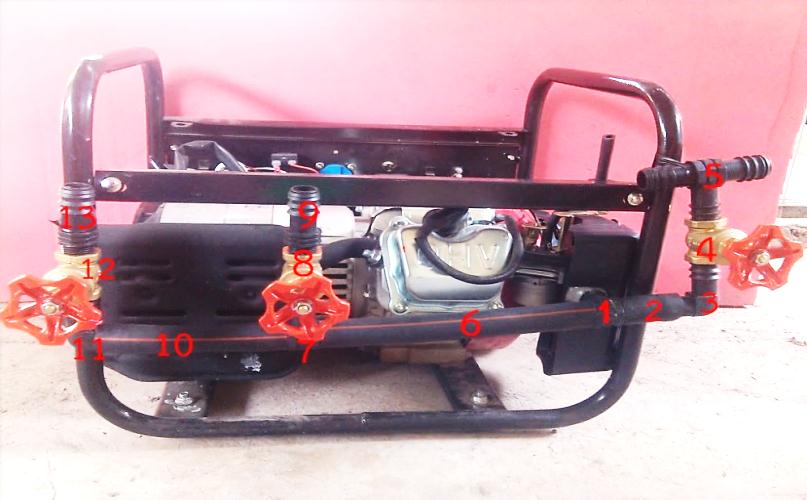
3. ต่อท่อพีอี หรือท่อพีวีซี ขนาด ¾-1 นิ้ว ยาว 0.20 เมตร ดังรูปที่ 4.3 หมายเลข 6 และ 0.05 เมตร ดังรูปที่ 4.3 หมายเลข 2 เข้ากับสามทางที่ต่อกับกรองอากาศแล้ว

4. ต่อข้องอเข้ากับท่อพีอีที่ยาว 0.05 เมตร ดังรูปที่ 4.3 หมายเลข 3 พร้อมกับต่อวาวเปิด-ปิด ที่ข้องอ ดังรูปที่ 4.3 หมายเลข 4 และต่อสามทางที่วาล์วเปิด-ปิด ดังรูปที่ 4.3 หมายเลข 5

5. ต่อสามทางเข้ากับท่อพีอี ที่ยาว 0.20 เมตร ดังรูปที่ 4.3 หมายเลข 7 พร้อมกับต่อวาล์วเปิด-ปิด ที่สามทาง ดังรูปที่ 4.3 หมายเลข 8 และต่อเกลียวในขนาด ¾ -1 นิ้วที่วาวเปิด-ปิดดังรูปที่ 4.3 หมายเลข 9

6. ต่อท่อพีอีขนาด ¾-1 นิ้ว ยาว 0.15 เมตร ดังรูปที่ 4.3 หมายเลข 10

7. ต่อข้องอเข้ากับท่อพีอี ที่ยาว 0.15 เมตร ดังรูปที่ 4.3 หมายเลข 11 พร้อมกับต่อวาล์วเปิด-ปิด ที่ข้องอ หมายเลข 12 และต่อเกลียวในขนาด ¾ -1 นิ้ว ที่วาวเปิด-ปิด ดังรูปที่ 4.3 หมายเลข 13



**รูปที่ 4.3** การเตรียมเครื่องให้กำเนิดไฟฟ้า

หมายเลข 1 คือ ข้อต่อสามทางพีวีซี ¾-1 นิ้ว

หมายเลข 2 คือ ท่อพีอีขนาด ¾-1 นิ้วยาว 0.05 เมตร

หมายเลข 3 คือ ข้องอพีวีซี ¾-1 นิ้ว

หมายเลข 4 คือ วาล์วเปิดปิด ¾-1 นิ้ว

หมายเลข 5 คือ ข้อต่อสามทางพีวีซี ¾-1 นิ้ว

หมายเลข 6 คือ ท่อพีอีขนาด ¾-1 นิ้ว ยาวยาว 0.20 เมตร

หมายเลข 7 คือ ข้อต่อสามทางพีวีซี ¾-1 นิ้ว

หมายเลข 8 คือ วาล์วเปิดปิด ¾-1 นิ้ว

หมายเลข 9 คือ เกลียวนอก-ใน พีวีซี ¾-1นิ้ว

หมายเลข 10 คือ ท่อพีอีขนาด ¾-1 นิ้วยาว 0.15 เมตร

หมายเลข 11 คือ ข้องอพีวีซี ¾-1 นิ้ว

หมายเลข 12 คือ วาล์วเปิดปิด ¾-1 นิ้ว

หมายเลข 13 คือ เกลียวนอก-ใน พีวีซี ¾-1นิ้ว

ขั้นที่ 3 การผลิตไฟฟ้า

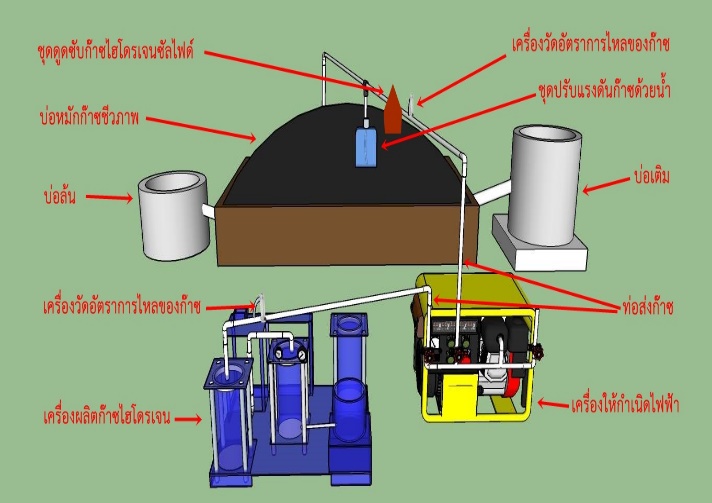
1. สตาร์ทเครื่องให้กำเนิดไฟฟ้าโดยใช้น้ำมัน

2. ได้ก๊าซชีวภาพตามขั้นตอนการผลิตข้างต้น พร้อมกับต่อสายส่งก๊าซที่ยาว 2 เมตรเข้าเกลียวในดังรูปที่ 4.3 หมายเลข 13

3. ต่อสายส่งก๊าซชีวภาพยาว 2 เมตรเข้าเกลียวในดังรูปที่ 4.3 หมายเลข 9 พร้อมกับเปิดวาล์ว

4. หลังจากที่เครื่องให้กำเนิดไฟฟ้าทำงานแล้ว ปิดวาล์วน้ำมันพร้อมกับเปิดวาล์วก๊าซ

5. เมื่อเครื่องให้กำเนิดไฟฟ้าทำงานโดยใช้ก๊าชชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง ปรับอัตราการไหลของก๊าชชีวภาพ เพื่อให้เครื่องให้กำเนิดไฟฟ้าทำงานได้เสถียรที่สุด

****

**รูปที่ 4.4** ชุดต้นแบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าร่วมระหว่างก๊าซชีวภาพและก๊าซไฮโดรเจน(ตัวเสริม)

**การศึกษาเสถียรภาพของระบบ**

การศึกษาเสถียรภาพของระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าก๊าชชีวภาพขนาดเล็กมีการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

1. ศึกษาการปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดก๊าซชีวภาพที่ความเข้มข้นต่างๆ

2. ศึกษาปริมาณก๊าซชีวภาพที่เครื่องให้กำเนิดไฟฟ้าใช้ในเวลา 1 ชั่วโมง

1. ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดก๊าซชีวภาพที่ความเข้มข้นต่างๆ

กากมันสำปะหลังที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร และยาว 5 เซนติเมตร โดยใช้ปริมาณทั้งหมด 80 กิโลกรัม และใช้น้ำละลาย 320 ลิตร ที่ความเข้มข้นดังนี้

**รูปที่ 4.5** เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซชีวภาพกับเวลา

จากรูปที่ 4.5 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพกับเวลา โดยเตรียมกากมันสำปะหลังเส้นกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร และยาว 5 เซนติเมตร โดยใช้ปริมาณทั้งหมด 80 กิโลกรัม และใช้น้ำละลาย 320 ลิตร มาทำปฏิกิริยาตามลำดับ จะเห็นว่า

ก๊าซชีวภาพจะค่อยๆ เกิดในปริมาณที่น้อย ในช่วงเวลาประมาณ 30 นาทีแรก โดยก๊าซชีวภาพจะมีอัตราการไหลเฉลี่ยอยู่ที่ 0.17 ลิตร/นาที แต่เมื่อถึงนาทีที่ 35-60 อัตราการไหลของก๊าซชีวภาพก็เพิ่มขึ้น โดยมีอัตราการไหลอยู่ที่ประมาณ 0.65 ลิตร/นาที แต่พอถึงนาทีที่ 65 อัตราการไหลของก๊าซชีวภาพก็ลดลง โดยมีอัตราการไหลอยู่ที่ 0.16 ลิตร/นาที แล้วจะเพิ่มขึ้นอีกในช่วงนาทีที่ 85-100 โดยมีอัตราการไหลเฉลี่ยอยู่ที่ 0.6 ลิตร/นาที แล้วก็จะลดลงในนาทีที่ 105-120 โดยมีอัตราการไหลเฉลี่ยอยู่ที่ 0.55 ลิตร/นาที ซึ่งลักษณะการเกิดก๊าซจะไม่คงที่ และไม่เพียงพอต่อการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องให้กำเนิดไฟฟ้า หลังจากกากมันสำปะหลังทำปฏิกิริยากับสารละลาย จะพบว่าในช่วงแรกก๊าซชีวภาพจะค่อยๆเกิด จนถึงช่วงนาทีที่ 20 เป็นช่วงเวลาที่อัตราการไหลของก๊าซสูงที่สุด โดยจะมีอัตราการไหลของก๊าซอยู่ที่ 1.36 ลิตร/นาที จากนั้นปริมาณก๊าซจะลดลงเรื่อยๆ จนถึงช่วงนาทีที่ 35 อัตราการไหลของก๊าชจะเริ่มคงที่ จนถึงนาทีที่ 90 ซึ่งอัตราการไหลของก๊าชจะคงที่อยู่ที่ 0.56 ลิตร/นาที ซึ่งเป็นอัตราการไหลของก๊าซที่พอเหมาะต่อการนำไปเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องให้กำเนิดไฟฟ้า สารละลายที่ความเข้มข้นร้อยละ 15 โดยมวล หลังจากกากมันสำปะหลังทำปฏิกิริยากับสารละลาย จะพบว่าเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรก จนถึงช่วงนาทีที่ 10 ซึ่งจะมีอัตราการไหลของก๊าซสูงสุดอยู่ที่ 2.46 ลิตรต่อนาที จากนั้นอัตราการไหลของก๊าซจะลดลงเรื่อยๆ จนถึงช่วงนาทีที่ 20 ถึงนาทีที่ 45 อัตราการไหลของก๊าซจะเริ่มคงที่ ซึ่งจะอัตราการไหลของก๊าซคงที่อยู่ที่ 0.4 ลิตรต่อนาที ซึ่งปริมาณก๊าซไม่พอเหมาะต่อการนำไปเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องให้กำเนิดไฟฟ้า เพราะว่าปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นไม่คงที่ปริมาณก๊าซในช่วงแรกมีมากและช่วงหลังมีปริมาณก๊าซน้อยเกินไป

หากใช้น้ำละลายมากขึ้นพบว่าหลังจากกากมันสำปะหลังทำปฏิกิริยากับสารละลาย จะพบว่าอัตราการไหลของก๊าซจะเกิดขึ้นอย่างมาก ซึ่งในช่วงนาทีที่ 5 อัตราการไหลของก๊าซจะสูงที่สุดอยู่ที่ 2.5 ลิตรต่อนาที ซึ่งเป็นอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพที่มากที่สุดในทุกความเข้มข้น จากนั้นปริมาณก๊าซก็ลดลงอย่างรวดเร็ว และจะเกิดก๊าซชีวภาพเพียงแค่ 30 นาที ซึ่งระยะเวลาในการผลิตก๊าซชีวภาพน้อย จึงไม่เหมาะต่อการนำไปเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องให้กำเนิดไฟฟ้า เพราะว่าปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นไม่คงที่ปริมาณก๊าซในช่วงแรกมีมากและช่วงหลังมีปริมาณก๊าซน้อยเกินไปและหยุดทำปฏิกิริยาเร็วทำให้ไม่เกิดก๊าซ

ดังนั้นจะพบว่าความเข้มข้นของน้ำที่เหมาะสมในการนำไปผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อนำไปเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องให้กำเนิดไฟฟ้า คือ ความเข้มข้นของน้ำประมาณ 320 ลิตร ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่พอเหมาะต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ เพราะว่าทั้งปริมาตรของก๊าซที่คงที่ และระยะเวลาในการเกิดก๊าซเหมาะสำหรับเป็นการนำไปเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องให้กำเนิดไฟฟ้า

**รูปที่ 4.6** เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา

จากรูปที่ 4.6 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา โดยเตรียมกากมันสำปะหลังเส้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร และยาว 5 เซนติเมตร โดยใช้ปริมาณทั้งหมด

80 กิโลกรัม และใช้น้ำ 320 ลิตร มาทำปฏิกิริยาตามลำดับ จะเห็นว่า ถ้าใช้

น้ำ 320 ลิตร หลังจากกากมันสำปะหลังทำปฏิกิริยากับสารละลาย จะพบว่าในช่วงนาทีที่ 0-60 ก๊าซชีวภาพจะเกิดอย่างช้าๆ ส่งผลให้อุณหภูมิภายในถัง Reactor มีอุณหภูมิไม่สูงมาก อยู่ที่ประมาณ 40-50 องศาเซลเซียส แต่ช่วงหลังจากช่วงนาทีที่ 60 อัตราการไหลของก๊าซเพิ่มขึ้นส่งผลให้อุณหภูมิภายในถัง Reactor มีอุณหภูมิสูงขึ้น โดยมีอุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 75-95 องศาเซลเซียส หากใช้น้ำน้อยลงหลังจากกากมันสำปะหลังทำปฏิกิริยากับสารละลาย จะพบว่าในช่วงแรกก๊าซชีวภาพจะค่อยๆเกิด จนถึงช่วงนาทีที่ 20 ซึ่งจะมีอัตราการไหลของก๊าซสูงที่สุด ส่งผลให้อุณหภูมิภายในถัง Reactor มีอุณหภูมิสูง อยู่ที่ประมาณ 93-97 องศาเซลเซียส จากนั้นอัตราการไหลของก๊าซจะลดลงเรื่อยๆ จนถึงช่วงนาทีที่ 35 อัตราการไหลของก๊าซจะเริ่มคงที่ ซึ่งอัตราการไหลของก๊าซจะคงที่อยู่ที่ 3 ลิตร และอุณหภูมิภายในถัง Reactor มีอุณหภูมิคงที่ อยู่ที่ประมาณ 97 องศาเซลเซียสและพอเหมาะต่อการนำไปเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องให้กำเนิดไฟฟ้า หากใช้น้ำมากขึ้นจะพบว่าก๊าซชีวภาพจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรก ประมาณช่วงนาทีที่ 10 ส่งผลให้อุณหภูมิภายในถัง Reactor มีอุณหภูมิสูงจนถึง 94 องศาเซลเซียส จากนั้นจะค่อยๆลดลง ส่งผลให้อุณหภูมิภายในถัง Reactor มีอุณหภูมิลดลงเรื่อยๆ จนสิ้นสุดการทำปฏิกิริยา ซึ่งอุณหภูมิภายในถัง Reactor จะอยู่ที่ประมาณ 80-90 องศาเซลเซียส

น้ำปริมาณ 320 ลิตร จะพบว่าปริมาตรของก๊าซชีวภาพจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรก ประมาณช่วงนาทีที่ 5 ส่งผลให้อุณหภูมิภายในถัง Reactor มีอุณหภูมิสูงสุดจนถึง 33.8 องศาเซลเซียส จากนั้นก๊าซชีวภาพก็ค่อยๆลดลง ส่งผลให้อุณหภูมิภายในถัง Reactor ลดลงเรื่อยๆ จนสิ้นสุดการทำปฏิกิริยา ซึ่งการผลิตก๊าซในความเข้มข้นนี้จะมีระยะเวลาประมาณ 30 นาที

**รูปที่ 4.7** เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซชีวภาพกับอุณหภูมิ

จากรูปที่ 4.7เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพกับอุณหภูมิ โดยเตรียมกากมันสำปะหลังเส้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร และยาว 5 เซนติเมตร โดยใช้ปริมาณทั้งหมด 80 กิโลกรัม ทำปฏิกิริยาตามลำดับ จะเห็นว่าหลังจากกากมันสำปะหลังทำปฏิกิริยากับสารละลาย จะพบว่าในช่วงแรกก๊าซชีวภาพจะเกิดอย่างช้าๆ อุณหภูมิภายในถัง Reactor จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าความเข้มข้นอื่นๆ โดยจะมีอุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 40 องศาเซลเซียส และอัตราการไหลของก๊าซเฉลี่ยอยู่ที่ 0.17 ลิตรต่อนาที และค่อยๆลดลงจนถึงช่วงที่อัตราการไหลของก๊าซชีวภาพคงที่ ซึ่งอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพจะคงที่เฉลี่ยอยู่ที่ 0.65 ลิตรต่อนาที .ในนาทีที่ 35 ถึง 60 ซึ่งเป็นช่วงเวลาสั้นๆ และ อุณหภูมิภายในถัง Reactor ก็จะคงที่ประมาณ 55 องศาเซลเซียส หลังจากกากมันสำปะหลังทำปฏิกิริยากับสารละลาย จะพบว่าในช่วงแรกก๊าซชีวภาพจะค่อยๆเกิด ส่งผลให้อุณหภูมิภายในถัง Reactor จะค่อยๆเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนมีอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 99 องศาเซลเซียส และอัตราการไหลของก๊าซสูงที่สุดอยู่ที่ 1.36 ลิตรต่อนาที และค่อยๆลดลงจนถึงช่วงที่อัตราการไหลของก๊าซชีวภาพคงที่ ซึ่งอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพจะคงที่อยู่ที่ 0.56 ลิตร/นาที และอุณหภูมิภายในถัง Reactor ก็จะคงที่ประมาณ 97 องศาเซลเซียส ก๊าซชีวภาพจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรก และมีอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพสูงที่สุดอยู่ที่ 2.46 ลิตรต่อนาที ส่งผลให้อุณหภูมิภายในถัง Reactor มีอุณหภูมิสูงถึง 94 องศาเซลเซียส จากนั้นจะค่อยๆลดลง ส่งผลให้อุณหภูมิภายในถัง Reactor มีอุณหภูมิลดลงเรื่อยๆ และจะมีอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพคงที่อยู่ที่ 0.4 ลิตรต่อนาที

**ศึกษาการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยใช้ก๊าซชีวภาพ**

จากรูปที่ 4.8เป็นการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซชีวภาพกับเวลา โดยพบว่าเมื่อเราใช้ก๊าซชีวภาพมาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยใช้เครื่องให้กำเนิดไฟฟ้าขนาด 1 กิโลวัตต์ ซึ่งเครื่องให้กำเนิดไฟฟ้าทำงานเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ปรับเครื่องให้กำเนิดไฟฟ้าให้มีแรงดันไฟฟ้าที่ 220 โวลต์ เพื่อให้เท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในครัวเรือนทั่วไป ปรากฏว่าเครื่องให้กำเนิดไฟฟ้าจะใช้ก๊าซชีวภาพที่อัตราการไหลของก๊าซประมาณ 9-10 ลิตรต่อนาที ถ้าในระยะเวลา 1 ชั่วโมง เครื่องให้กำเนิดไฟฟ้าจะใช้ก๊าซชีวภาพไปทั้งหมดประมาณ 558 ลิตร หรือประมาณ 0.558 ลูกบาศก์เมตร

**รูปที่ 4.8** เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซชีวภาพกับเวลา

**รูปที่ 4.9** เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับเวลา

จากรูปที่ 4.9 เป็นการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับเวลา โดยพบว่าเมื่อเราใช้ก๊าซชีวภาพมาเป็นเชื้อเพลิงผลิตกระแสไฟฟ้า โดยใช้เครื่องให้กำเนิดไฟฟ้าขนาด 1 กิโลวัตต์ ซึ่งเครื่องให้กำเนิดไฟฟ้าทำงานเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ปรากฏว่าเครื่องให้กำเนิดไฟฟ้าจะมีแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 220 โวลต์

**รูปที่ 4.10** เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับเวลา

จากรูปที่ 4.10 เป็นการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับเวลา โดยพบว่าเมื่อเราใช้ก๊าซชีวภาพมาเป็นเชื้อเพลิงผลิตกระแสไฟฟ้า โดยใช้เครื่องให้กำเนิดไฟฟ้าขนาด 1 กิโลวัตต์ ซึ่งเครื่องให้กำเนิดไฟฟ้าทำงานเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ปรับเครื่องให้กำเนิดไฟฟ้าให้มีแรงดันไฟฟ้าที่ 220 โวลต์ เพื่อให้เท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในครัวเรือนทั่วไป จากนั้นวัดค่ากระแสไฟฟ้าได้ที่ทุกๆ 3 นาที จะพบว่าค่ากระแสไฟฟ้าจะคงที่ ที่ 3.1 แอมแปร์

**ศึกษาศึกษาอัตราการไหลของก๊าชชีวภาพ**

จากรูปที่ 4.11พบว่าเมื่อปรับเครื่องให้กำเนิดไฟฟ้าให้มีแรงดันไฟฟ้าที่ 220 โวลต์ เครื่องจะมีการใช้ก๊าซชีวภาพที่อัตราสูงสุดที่ 2.5 ลิตร/นาที และต่ำสุดที่ 1 ลิตร/นาที ส่วนก๊าซชีวภาพที่ระบบคงตัวเครื่องจะมีการใช้ก๊าซที่อัตราสูงสุดที่ 9 ลิตร/นาที และต่ำสุดที่ 7.5 ลิตร/นาที เมื่อให้เครื่องให้กำเนิดไฟฟ้าทำงานเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะมีการใช้ก๊าซชีวภาพไปทั้งหมดประมาณ 104.7 ลิตร หรือประมาณ 0.104 ลูกบาศก์เมตร และในระบบที่คงตัวจะใช้ก๊าซชีวภาพไปทั้งหมดประมาณ 493.2 ลิตร หรือประมาณ 0. 493 ลูกบาศก์เมตร จะเห็นได้ว่าเครื่องให้กำเนิดไฟฟ้าจะมีอัตราการใช้ก๊าซรวมที่ 10 ลิตร/นาที ดังนั้นจึงเห็นได้ชัดว่าการใช้ก๊าซชีวภาพเครื่องให้กำเนิดไฟฟ้าจะนำไปใช้ได้ทั้งหมดเท่าที่เครื่องผลิตก๊าซชีวภาพผลิตได้ ส่วนก๊าซโฮโดรเจนมีไว้สำหรับเสริมระบบการทำงานเท่านั้น

**รูปที่ 4.11** เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซชีวภาพกับเวลา

**รูปที่ 4.12** เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับเวลา

จากรูปที่ 4.12 เมื่อเครื่องมีการใช้ก๊าซชีวภาพที่อัตราสูงสุดที่ 2.5 ลิตร/นาที และต่ำสุดที่ 1 ลิตร/นาที และเครื่องมีการใช้ก๊าซที่อัตราสูงสุดที่ 9 ลิตร/นาที และต่ำสุดที่ 7.5 ลิตร/นาที พบว่าเครื่องให้กำเนิดไฟฟ้าจะให้แรงดันไฟฟ้าที่ 220 โวลต์

**รูปที่ 4.13** เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับเวลา

จากรูปที่ 4.13พบว่าเมื่อปรับเครื่องให้กำเนิดไฟฟ้าให้มีแรงดันไฟฟ้าที่ 220 โวลต์ โดยเครื่องมีการใช้ก๊าซชีวภาพที่อัตราสูงสุดที่ 2.5 ลิตร/นาที และต่ำสุดที่ 1 ลิตร/นาที ส่วนระบบมี่คงตัวพบว่าเครื่องมีการใช้ก๊าซที่อัตราสูงสุดที่ 9 ลิตร/นาที และต่ำสุดที่ 7.5 ลิตร/นาที ซึ่งทำให้ได้กระแสไฟฟ้าประมาณ 3.1 แอมแปร์ ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 220 โวลต์ เครื่องให้กำเนิดไฟฟ้าจะให้กำลังไฟฟ้า ประมาณ 660 วัตต์ หาได้จากความสัมพันธ์ P = IV

**4.5 ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตก๊าชชีวภาพสู่ชุมชน**

โครงการฯ ได้จัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ ให้แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์รายย่อย นักเรียน/นักศึกษาและผู้สนใจ ในเขตพื้นที่ จังหวัดมหาสารคาม จำนวนรวม 20 ราย และสร้างบ่อก๊าซชีวภาพแบบถุงหมัก แอลดีพีอี เพื่อผู้ที่สาธิตประกอบการฝึกอบรมให้กับเกษตรกรผู้ที่สามารถนำไปถ่ายทอดหรือขยายผลเพื่อสร้างบ่อก๊าซต่อไป จำนวนทั้งสิ้น 22 บ่อก๊าช

ข้อมูลจำนวนและสถานที่ที่โครงการได้นำเนินการในรอบปี 2560 แสดงไว้ในตารางที่ 4.5

**ตารางที่ 4.5** จำนวนเกษตรกร จำนวนบ่อสาธิต และสถานที่ฝึกอบรม

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **กลุ่มเกษตรกร** | **จำนวน(คน)** | **จำนวนบ่อ**  **สาธิต (บ่อ)** | **สถานที่ฝึกอบรม** |
| 1. ผู้นำชุมชนและเกษตรกรผู้ทำ ปศุสัตว์ | 6 | 6 | ครัวเรือนสาธิต ในเขต จ.มหาสารคาม |
| 2. เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสัตว์รายย่อย | 12 | 14 | ครัวเรือนสาธิต ในเขต จ.มหาสารคาม |
| 3. ผู้นำชุมชน | 2 | 2 | ครัวเรือนสาธิต ในเขต จ.มหาสารคาม |
| **รวม** | **20** | **22** |  |

โครงการฯ ได้ทำการประเมินผลโดยใช้แบบสอบถาม ซึ่งข้อมูลถ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยี โดยให้ตอบระดับความพึงพอใจหรือการนำไปใช้ประโยชน์ได้ ในแง่ต่าง ๆ ดังนี้

* 1. ขั้นตอนการให้บริการ
  2. เจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ
  3. สิ่งอำนวยความสะดวก
  4. การนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
  5. ความเหมาะสมของเนื้อหาหลักสูตร
  6. ความเหมาะสมของวิทยากร
  7. จำนวนเวลาที่เสนอ
  8. ช่วงเวลาการอบรม
  9. ความคุ้มค่าเมื่อเทียบกับเวลาและค่าใช้จ่าย
  10. การนำไปใช้ประโยชน์
  11. การนำความรู้ไปใช้ในการสร้างรายได้เพิ่มขึ้น

จากผลการตอบแทนสอบถามของเกษตรกร 11 กลุ่ม มีผู้ตอบแบบสอบถามรวม 87 ราย สามารถสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

**ตารางที่ 4.6** แสดงความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมโครงการ

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **รายละเอียดผลการประเมิน** | **ระดับความ**  **พึงพอใจ** | **ร้อยละ**  **(%)** | **Mean**  **(X)** | **Std.Deviation** |
| 1. ด้านกระบวนการ ขั้นตอนการให้บริการ | มาก | 57.1 | 4.27 | 0.58 |
| 2. เจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ | มาก | 54.8 | 4.12 | 0.67 |
| 3. สิ่งอำนวยความสะดวก | มาก | 54.8 | 4.06 | 0.67 |
| 4. การนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ | มาก | 83.9 | 4.03 | 0.40 |
| 5. ความเหมาะสมของเนื้อหาหลักสูตร | มาก | 54.8 | 4.54 | 0.59 |
| 6. ความเหมาะสมของวิทยากร | มาก | 64.5 | 4.09 | 0.74 |
| 7. ระยะเวลาการอบรม | มาก | 64.5 | 3.83 | 0.58 |
| 8. ช่วงเวลาการอบรม | มาก | 71.0 | 3.90 | 0.53 |
| 9. ความคุ้มค่าเมื่อเทียบกับเวลาและค่าใช้จ่าย | มาก | 71.0 | 3.90 | 0.53 |
| 10. การนำไปใช้ประโยชน์ | มาก | 58.1 | 4.40 | 0.58 |
| 11. การนำความรู้ไปใช้ในการสร้างรายได้เพิ่มขึ้น | มาก | 64.5 | 4.16 | 0.58 |

จากตารางที่ 4.6 พบว่า ผู้เข้ารับการอบรมโครงการการผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อเป็นแหล่งพลังงานทดแทนสำหรับครัวเรือนในเขตชุมชน จ.มหาสารคาม ในภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก โดยส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในความเหมาะสมของเนื้อหาหลักสูตรและด้านการนำไปใช้ประโยชน์ คือ ค่าเฉลี่ย 4.54 และ 4.40 ตามลำดับ