

การพัฒนาโรงไฟฟ้าต้นแบบด้วยระบบก๊าซชีวภาพจากฟางข้าว The Prototype Development of Biogas Powerplant from Rice Straw

พิสิษฐ์ มณีโชติ บงกช ประสิทธิ์* พัชรินทร์ เยาวรัตน์ ศักดา สมกุล พรทิพย์ เม่นสิน และ อัญชลีภรณ์ ศรีษะธาตุ
Pisit Maneechot, Bongkot Prasit*, Phatcharin Yaowarat, Pornthip Mensin, Sakda Somkun and
Anchaleepon Seesatat

วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000
School of Renewable Energy and Smart Grid Technology, Naresuan University, Phitsanulok 65000

* Corresponding author, e-mail: bongkotprasit19@gmail.com, Tel.: 083-6259396

Received: 12 October 2020, Revised: 3 July 2021, Accepted: 7 September 2021, Published online: 25 December 2021

Abstract

Biomass can be used as a raw material for energy production as a renewable energy to raise the level of electricity and heat generation for communities. The development of a prototype biogas production process from rice straw using microorganisms is necessary and urgently need to act as it will reduce the burning of rice straw which produces PM 2.5 dust. The article reported a model of rice straw utilization in electricity and income generation within the community that from the sale of electricity at 525,600 baht per year ($15 \text{ kW} \times 24 \text{ hours} \times 365 \text{ days} \times 4 \text{ baht} / \text{kWh} = 525,600 \text{ baht per year}$). The model resulted in the reduction of greenhouse gas emissions from burning at 354.78 tCO₂eq per year (262.8 tons per year $\times 1.350 \text{ tCO}_2\text{eq/ton}^2 = 354.78 \text{ tCO}_2\text{eq per year}$). The reduction of PM2.5 particle emissions was at 3.075 ton PM2.5 per year (262.8 tons per year $\times 11.7 \text{ kgPM}_2.5/\text{ton leftovers}$. Discard² = 3.075 ton PM2.5 per year). The generated income from the sale of carbon credits (purchase price 10-200 baht/tCO₂eq⁵) is expected at 3,548-70,956 baht per year. Degradation of rice straw was 525,600 baht per year ((20% of raw material rice straw) $0.20 \times 262,800 \text{ kilogram per year} \times 10 \text{ baht per kilogram} = 525,600 \text{ baht per year}$) and reduce illness due to smog problem.

Keywords: Biogas, Rice straw, Microorganisms

บทคัดย่อ

ชีวมวลสามารถเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเป็นพลังงานทดแทนเพื่อยกระดับการผลิตไฟฟ้าและความร้อนสำหรับชุมชน การพัฒนากระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพต้นแบบจากฟางข้าวโดยใช้จุลินทรีย์เร่งกระบวนการ จึงมีความจำเป็นและต้องรีบดำเนินการอย่างเร่งด่วนเพราะจะช่วยลดการเผาฟางข้าวที่ก่อให้เกิดฝุ่นละออง PM 2.5 ก่อให้เกิดโมเดลการใช้ประโยชน์จากฟางข้าวในการผลิตไฟฟ้าเพื่อก่อให้เกิดรายได้ภายในชุมชนจากการขายไฟฟ้า $15 \text{ kW} \times 24 \text{ ชม.} \times 365 \text{ วัน} \times 4 \text{ บาท/kWh} = 525,600 \text{ บาท}$ ต่อปี ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาฟาง 262.8 ตันต่อปี $\times 1.350 \text{ tCO}_2\text{eq/ตัน}$

เศษวัสดุเหลือทิ้ง² = 354.78 tCO₂eq ต่อปี ลดการปล่อยอนุภาค PM_{2.5} 262.8 ตันต่อปี × 11.7 kgPM_{2.5}/ตันเศษวัสดุเหลือทิ้ง² = 3.075 tonPM_{2.5} ต่อปี เกิดรายได้จากการขายคาร์บอนเครดิต (ราคาซื้อขาย 10-200 บาท/tCO₂eq³) ซึ่งคาดว่าจะสร้างรายได้ 3,548-70,956 บาทต่อปี รายได้จากการขายปุ๋ยหมักที่ได้จากการย่อยสลายของฟางข้าว (เหลือ 20% ของฟางข้าววัตถุดิบ) 0.20 × 262,800 กิโลกรัมต่อปี × 10 บาทต่อกิโลกรัม = 525,600 บาทต่อปี และลดการเจ็บป่วยเนื่องจากปัญหาหมอกควัน

คำสำคัญ: ชีวภาพ ฟางข้าว จุลินทรีย์

บทนำ

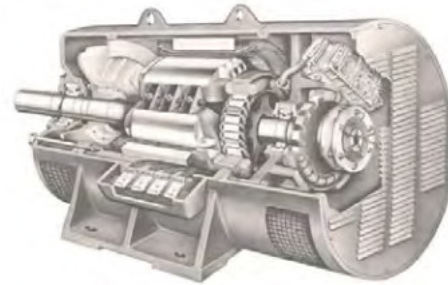
ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีผลผลิตทางการเกษตรจำนวนมาก ผลผลิตที่สำคัญ ได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และปาล์มน้ำมัน ซึ่งภายหลังการเก็บเกี่ยวพืชทางการเกษตรต่าง ๆ เหล่านี้ จะมีชีวมวลหรือเศษวัสดุเหลือใช้ เช่น ฟางข้าว แกลบ กากอ้อย เหง้ามันสำปะหลัง เป็นต้น ที่เราเรียกว่า ชีวมวล (Biomass) ในภาคอุตสาหกรรม การผลิตกระแสไฟฟ้าและพลังงาน สามารถนำชีวมวลมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตพลังงานเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ โดยชีวมวลเหล่านี้มีแหล่งของคาร์บอนเป็นแกนหลักของโมเลกุล เชื่อมต่อกับไฮโดรเจนอะตอมก่อเกิดอัลเคนสายสั้น มีคาร์บอนอะตอมไม่เกิน 4 อะตอม หรือ C1 - C2 ซึ่งสารประกอบนี้สามารถเผาไหม้ในอากาศได้อย่างสมบูรณ์ให้พลังงานความร้อน เทียบเท่ากับการเผาไหม้พลังงานจากฟอสซิล [1] และมีศักยภาพนำมาผลิตก๊าซชีวภาพ ก๊าซชีวภาพ (Biogas) คือก๊าซที่เกิดจากกระบวนการหมักสารอินทรีย์ ภายใต้สภาวะไร้อากาศ (Anaerobic digestion) กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพนั้นเป็นกระบวนการทางธรรมชาติที่อาศัยการทำงานของจุลินทรีย์จำพวกที่ไม่ชอบออกซิเจน โดยจุลินทรีย์ประเภทสร้างมีเทนนี้จะใช้สารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนเป็นสารอาหาร และให้ผลิตภัณฑ์หลักเป็นก๊าซมีเทน (สูตรโมเลกุล CH₄) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (สูตรโมเลกุล CO₂) ผลิตภัณฑ์รองเป็น ก๊าซไนโตรเจน (สูตรโมเลกุล N₂) ก๊าซไฮโดรเจน (สูตรโมเลกุล H₂) ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (สูตรโมเลกุล H₂S) และก๊าซออกซิเจน (สูตรโมเลกุล O₂) [2]

วัตถุดิบชีวมวลอีกหนึ่งประเภทที่สนใจนำมาทดลองการผลิตก๊าซชีวภาพ ได้แก่ ฟางข้าว (Rice straw) เป็นวัตถุดิบที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวของเกษตรกรที่มีอยู่จำนวนมากในปัจจุบัน จึงนับได้ว่าเป็นแหล่งวัตถุดิบเหลือใช้ทางการเกษตร สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ ฟางข้าว มีองค์ประกอบทางเคมีที่ประกอบด้วย เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ซึ่งเป็นอาหารของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ แต่โดยทั่วไปใช้ระยะเวลาการย่อยสลาย (Hydraulic Retention Time, HRT) นานกว่า 20 วัน โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงชีวภาพของเหลวในกระเพาะรูเมนสัตว์เคี้ยวเอื้อง (rumen fluid) สำหรับเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการผลิตก๊าซชีวภาพจากวัตถุดิบฟางข้าว ดังนั้นการทดลองนี้จึงหาวิธีลดระยะเวลาการหมักก๊าซชีวภาพ ซึ่งเป็นการนำวัตถุดิบฟางข้าวมาย่อยด้วยกรดให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำตาลกลูโคส เกิดจากปฏิกิริยาแอซิดไฮโดรไลซิส (Acid hydrolysis) เป็นปฏิกิริยาที่นำกรดเข้าไปสลายพันธะของสารที่มีโมเลกุลใหญ่ แยกตัวเป็นสารที่มีโมเลกุลเล็กได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นน้ำตาลกลูโคส ก่อนนำไปหมักก๊าซชีวภาพ ส่งผลให้การย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลเล็กจากการย่อยวัตถุดิบด้วยกรด สามารถเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายได้อย่างรวดเร็ว ช่วยลดระยะเวลาในการผลิตก๊าซชีวภาพได้ การหาสภาวะที่เหมาะสมของตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงชีวภาพ โดยใช้จลนพลศาสตร์ ในการหาอันดับปฏิกิริยา ค่าคงที่อัตรา (k) และครึ่งชีวิตอันดับปฏิกิริยา (t_{1/2}) รวมถึงการศึกษาอุณหภูมิศาสตร์ สำหรับการหาค่าพลังงานการกระตุ้น (Activation Energy, E_a) ค่าคงที่ของอาร์เรเนียส (Arrhenius constant, A) พร้อมทั้งศึกษาพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาการหมักก๊าซชีวภาพจากน้ำตาลกลูโคส จึงมีจำเป็นและต้องรีบดำเนินการอย่างเร่งด่วน การผลิตไฟฟ้าที่มีเครื่องยนต์สันดาปภายในเป็นเครื่องต้นกำลังในการผลิตไฟฟ้าดังกล่าวที่ 1 (ก) โดยส่วนใหญ่จะใช้ขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซิงโครนัสดังแสดงในภาพที่ 1 (ข) ซึ่งประกอบด้วยขดลวดสเตเตอร์และขดลวดโรเตอร์ โดยมีหลักการทำงานด้วยการป้อนกระแสตรงเข้าไปที่ขดลวดโรเตอร์ผ่านทางวงแหวน Slip ring เพื่อสร้างสนามแม่เหล็ก เมื่อเครื่องต้นกำลังหมุนโร

เตอร์ทำให้มีเส้นแรงแม่เหล็กจากโรเตอร์ตัดผ่านขดลวดสเตเตอร์ทำให้มีแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเกิดขึ้น โดยที่ขนาดของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขึ้นอยู่กับความเร็วรอบและความเข้มของสนามแม่เหล็กที่ตัวโรเตอร์ ส่วนความถี่ของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับแปรผันกับความเร็วรอบของโรเตอร์ ดังนั้นจึงต้องตั้งมีระบบควบคุมแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic voltage regulator) และต้องมีการปรับความเร็วรอบของเครื่องยนต์เมื่อมีโหลดเพิ่มขึ้น เพื่อรักษาระดับของแรงดันและความถี่ไฟฟ้าให้อยู่ในย่านที่ยอมรับได้



(ก)



(ข)

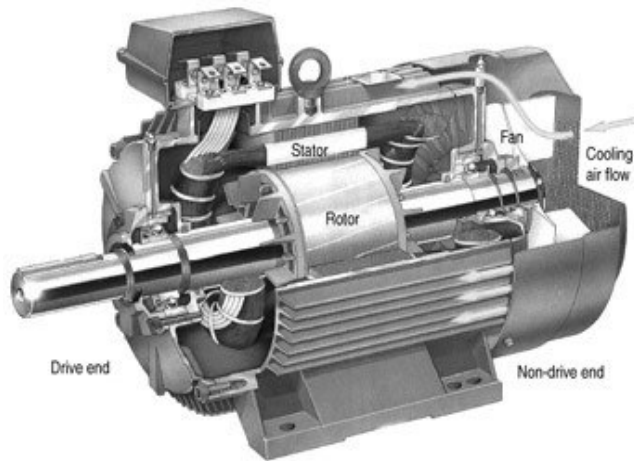
ภาพที่ 1 (ก) ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้น้ำมันเบนซิน [3]

(ข) โครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส Error! Reference source not found.[4]

ขดลวดโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส สามารถใช้แม่เหล็กถาวรสำหรับสร้างสนามแม่เหล็กได้ ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดนี้โดยทั่วไปเรียกว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวร (Permanent magnet generator) โดยที่ขนาดกำลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าประมาณ MW [5] แรงดันและความถี่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวรแปรผันตามความเร็วรอบที่เพลา ดังนั้นถ้าเครื่องต้นกำลังมีความเร็วรอบที่เปลี่ยนแปลง เช่น กังหันลม ทำให้ต้องใช้รวมวงจรแปลงผันอิเล็กทรอนิกส์กำลังเพื่อให้มีคุณภาพไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับใช้งานหรือจ่ายเข้าสายส่ง

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสต้องใช้วงแหวน Slip ring และแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กทำให้ต้องการการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ เช่น การเปลี่ยนแปลงถ่าน ส่วนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวรการใช้แม่เหล็กถาวรเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ โดยที่แม่เหล็กถาวรส่วนใหญ่ทำจากแร่ Neodymium ซึ่งเป็นแร่ที่หายาก (Rare earth material) โดยที่พบมากในประเทศจีน ในปัจจุบันประเทศไทยต้องนำเข้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวรเพื่อนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้า

นอกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสแล้ว เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง (Self-excited Induction generator) ก็เป็นอีกทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับใช้ผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ โดยที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามารถดัดแปลงจากมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก (Squirrel-cage Induction motor) ซึ่งมีโครงสร้างดังแสดงในภาพที่ ที่ประกอบด้วยขดลวดสเตเตอร์เหมือนกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส แต่โรเตอร์เป็นอลูมิเนียมหล่อขึ้นรูปบน 2 แกนเหล็กที่เปรียบเสมือนขดลวดที่มีการลัดวงจร ซึ่งเห็นได้ว่ามอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกมีโครงสร้างที่ง่ายไม่ซับซ้อนและต้องการการบำรุงรักษาต่ำ ทำให้มอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกมีราคาถูกและนิยมใช้งานอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ปัจจุบันมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก สามารถผลิตได้เองภายในประเทศซึ่งเมื่อนำมาดัดแปลงเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้านำจะทำให้ต้นทุนไฟฟ้าต่อหน่วยต่ำลง และง่ายต่อการใช้งานและบำรุงรักษา

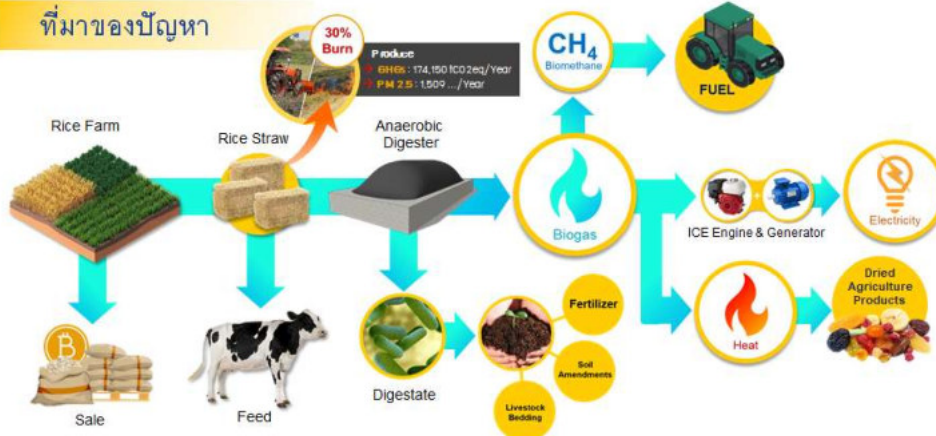


ภาพที่ 2 โครงสร้างของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก [6]

ถึงแม้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำมีข้อดีเมื่อเทียบกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซิงโครนัส และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวร แต่อย่างไรก็ตามเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำต้องการกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟสำหรับกระตุ้นและควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดของเครื่องกำเนิดให้อยู่ในย่านที่ใช้งานได้ โดยทั่วไปนิยมใช้ตัวเก็บประจุต่อขนานกับขดลวดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แต่เมื่อมีโหลดเปลี่ยนแปลงทำให้แรงดันไฟฟ้าและความถี่เปลี่ยนแปลงไปด้วย ดังนั้นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำจำเป็นต้องต่อใช้งานร่วมกับเครื่องควบคุมที่ดี จากปัญหาการผลิตไฟฟ้าก๊าซชีวภาพโดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง การออกแบบสร้างต้นแบบเครื่องควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ สำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในที่ตัดแปลงสำหรับใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้งานในชุมชน การพัฒนากระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพต้นแบบจากฟางข้าวโดยใช้จุลินทรีย์เร่งกระบวนการเพื่อยกระดับผลิตไฟฟ้าและความร้อนในอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ด้วยกระบวนการ Microorganism สู่ชุมชนจึงมีความจำเป็นและต้องรีบดำเนินการอย่างเร่งด่วนเพราะจะช่วยลดการเผาฟางข้าวที่ก่อให้เกิดฝุ่นละออง PM 2.5 สอดคล้องกับ Energy 4.0 ซึ่งปัญหาดังกล่าวจะถูกนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงพลังงานซึ่งสอดคล้องกับความต้องการของชุมชนถือเป็นการขาดแคลนการผลิตเชื้อเพลิงเพื่อนำไปสู่การผลิตกระแสไฟฟ้าใช้เองภายในชุมชนที่ห่างไกลช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อน ลดการนำเข้าพลังงานไฟฟ้าจากต่างประเทศ รวมถึงก๊าซธรรมชาติเพื่อผลิตไฟฟ้าจากประเทศเพื่อนบ้านที่ต้องนำเข้ากว่า 70% และช่วยลดอุปสรรคในการใช้งานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำและเพิ่มสมรรถนะของระบบโดยรวมเป็นการสนับสนุนให้เกิดการใช้เทคโนโลยีที่สามารถผลิตได้เองภายในประเทศเพื่อการพัฒนาประเทศที่ยั่งยืนซึ่งสอดคล้องกับแผน EEP อดหนุนการดำเนินงานเกี่ยวกับอนุรักษ์พลังงาน/มาตรการช่วยเหลือ 5 และมีความเชื่อมโยงกับนโยบายไทยแลนด์ 4.0 และนโยบายเร่งด่วนของรัฐบาลในปัจจุบันโดยในการเปรียบเทียบเทคโนโลยีเก่าและใหม่ในการพัฒนากระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพต้นแบบจากฟางข้าวโดยใช้จุลินทรีย์เร่งกระบวนการเพื่อยกระดับผลิตไฟฟ้าและความร้อนในอุตสาหกรรมขนาดเล็ก โดยรูปแบบเทคโนโลยีเก่าในการผลิตจะใช้การหมักก๊าซชีวภาพโดยตรงจากวัตถุดิบ เช่น เศษอาหาร มูลสัตว์ หรือของเสียทางการเกษตร ด้วยกระบวนการบ่มเมทาโนเจนอย่างน้อย 21 วัน จากนั้นเติมวัตถุดิบแหล่งคาร์บอนข้างต้นให้เกิดก๊าซชีวภาพอย่างสม่ำเสมอ สามารถเริ่มใช้งานก๊าซชีวภาพหลังวันที่ 21 ของการหมัก ปริมาณก๊าซชีวภาพจะเกิดสม่ำเสมอหรือไม่ขึ้นกับความสม่ำเสมอของแหล่งคาร์บอนที่เติม อายุการใช้งานขึ้นกับการดูแลรักษา มีความซับซ้อนในการบำรุงรักษาจากผลความหลากหลายของก๊าซหลายชนิดที่เกิดร่วมในก๊าซชีวภาพมีการใช้เทคโนโลยีแบบเดิมที่มีผลผลิตผสมทั้งมีเทนและแก๊สไข่เน่า H_2S คุณภาพของมีเทนจึงแปรปรวนตามวัตถุดิบตั้งต้น (ส่วนใหญ่ใช้เศษอาหาร) ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตจากมีเทนคุณภาพต่ำจึงไม่คงที่ การนำใช้ประโยชน์สร้างโรงไฟฟ้าชุมชนอาจเกิดปัญหาโดยอัตราส่วน C/N ซึ่งเป็นปัจจัยหลักของการหมักก๊าซชีวภาพนั้น ควบคุมได้ เนื่องจากความหลากหลายของ

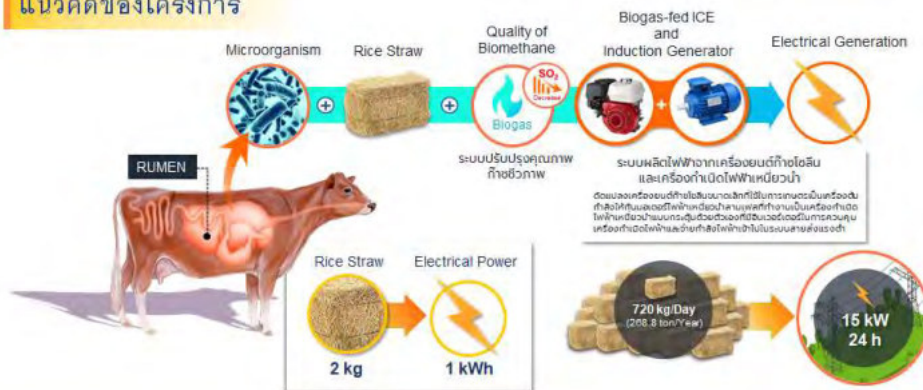
สารประกอบในวัตถุบป้อน (ส่วนใหญ่ N ได้จากโปรตีน) อาจส่งผลต่อผลผลิตมีเทนที่เกิดขึ้นได้ รวมถึงความคงที่ของปริมาณมีเทนจะมีปัญหาด้วยเช่นกันและเมื่อดำเนินการหมักในระดับ 1,000 กิโลกรัมขึ้นไปนั้น ต้องพื้นที่กักเก็บหรือกักตุนกากมันเป็นจำนวนมาก เนื่องจากต้องใช้เวลาสำหรับหมักที่ยาวนาน อาจเกิดปฏิกิริยาการย่อยโดยใช้อากาศก่อเกิด H_2S ซึ่งมีกลิ่นเหม็นเป็นปัญหาต่อสุขภาพประชาชน เนื่องจากเทคโนโลยีเดิมใช้เวลาหมักนานกว่า 21 วันจึงจะเริ่มใช้งานมีเทนได้เมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนการผลิตก๊าซชีวภาพด้วยวัตถุบป้อนปริมาณเท่ากันจะใช้พลังงานที่แปลงเป็นต้นทุนที่สูงกว่า หรือกล่าวอีกนัยคือ ได้กำไรต่ำกว่า การผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพส่วนใหญ่เป็นการดัดแปลงเครื่องยนต์ก๊าซโซลีนของรถยนต์เป็นเครื่องต้นกำลังในการขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซิงโครนัสเตอร์ ดังนั้นจึงต้องตั้งมีระบบควบคุมแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic voltage regulator) ที่ควบคุมโดยการปรับค่ากระแสสำหรับสร้างสนามแม่เหล็กในโรเตอร์ผ่านทางวงแหวน Slip ring นอกจากนั้นต้องมีการปรับความเร็วรอบของเครื่องยนต์เมื่อมีโหลดเพิ่มขึ้นเพื่อรักษาความถี่ให้อยู่ในย่านที่ยอมรับได้ ระบบผลิตไฟฟ้าดังกล่าวส่วนมากมีขนาด 30 kVA ขึ้นไปและไม่สามารถเชื่อมต่อกับสายส่งได้เนื่องจากต้องมีระบบควบคุมความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (Speed governor) ที่แม่นยำ ดังนั้นการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพในลักษณะนี้เหมาะสำหรับแหล่งก๊าซที่ค่อนข้างใหญ่และต้องมีโหลดไฟฟ้าที่เพียงพอกับกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จึงจะคุ้มทุนส่วน รูปแบบเทคโนโลยีใหม่ในการผลิตจะผลิตโดยใช้น้ำตาลจากฟางข้าวด้วยแบคทีเรียที่คัดเลือกสายพันธุ์จากดินบริสุทธิ์ จากนั้นหมักน้ำตาลเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพที่อุณหภูมิห้อง ให้ผลผลิตส่วนใหญ่เป็นมีเทน เริ่มตั้งแต่วันที่ 4 ของการหมัก และเพิ่มปริมาณขึ้นไปเรื่อย ๆ ให้มีปริมาณมีเทนสูงกว่าร้อยละ 55 สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า ลดเวลาในการหมักลงกว่า 5 เท่า และสามารถใช้งานต่อเนื่องได้มากกว่า 5 ปี การดูแลรักษาง่ายกว่าเพราะก๊าซส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นคือมีเทน ส่วนก๊าซกักกร่อน ($H_2O + H_2S = H_2SO_4$) สามารถกำจัดออกไปด้วยการดูดซับ H_2S ใช้เทคโนโลยีการดูดซับด้วยคอมโพสิต Sand based- $Fe(OH)_3$ ช่วยดูดซับ H_2S ที่ผสมมากับมีเทน ช่วยให้มีเทนมีความบริสุทธิ์ได้ถึงร้อยละ 90 นอกจากนี้ความสามารถในการควบคุมวัตถุบป้อนประเภทฟางข้าว ที่สามารถมีใช้งานได้ตลอดทั้งปี ส่งผลให้ผลผลิตมีเทนที่ได้มีปริมาณคงที่ ไม่แปรปรวนในสัดส่วน สามารถพัฒนาสำหรับใช้มีเทนบริสุทธิ์ผลิตกระแสไฟฟ้าในโรงไฟฟ้าชุมชนอย่างมีประสิทธิภาพและเป็นที่ยอมรับว่าการหมักน้ำตาลนั้นมีปัญหาเรื่องปริมาณ N การหมักด้วยเทคโนโลยีนี้สามารถเติมปุ๋ย N ปริมาณน้อยมาก เพื่อควบคุมอัตราส่วน C/N ให้มีค่าคงที่ตลอดทุก ๆ ครั้งที่ดำเนินการหมัก ปริมาณมีเทนที่เกิดขึ้นจึงมีค่าคงที่ เสริมการใช้งานมีเทนสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าในโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าป้อนชุมชนและเมื่อดำเนินการหมักในระดับ 1,000 กิโลกรัมขึ้นไปนั้น สามารถปรับเปลี่ยนพื้นที่กักเก็บหรือกักตุนกากมันในปริมาณเท่ากันมาผลิตน้ำตาลด้วยแบคทีเรียแล้วค่อยผลิตก๊าซชีวภาพในระบบไร้อากาศในเวลาต่อมา ลดการย่อยกากมันในบรรยากาศที่อาจก่อเกิด H_2S ซึ่งเป็นปัญหาต่อสุขภาพของประชาชน เนื่องจากเทคโนโลยีใหม่เริ่มเกิดผลผลิตมีเทนเมื่อใช้เวลาหมักผ่านไป 4 วัน

ที่มาของปัญหา



ภาพที่ 3 ที่มาของปัญหา

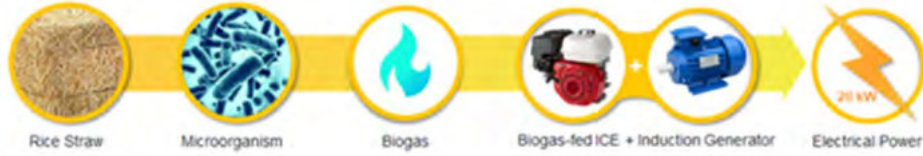
แนวคิดของโครงการ



ภาพที่ 4 กรอบแนวคิดการพัฒนาโครงการ

เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตก๊าซชีวภาพด้วยวัตถุดิบป้อนปริมาณเท่ากัน พบว่าเทคโนโลยีใหม่จะเสร็จเร็วกว่า 4-5 เท่า หรือกล่าวอีกนัยคือ สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ปริมาณสูงกว่า 4-5 เท่าเมื่อใช้เวลาหมักเท่ากัน ดังนั้นจะใช้พลังงานที่แปลงเป็นต้นทุนที่ต่ำกว่าได้กำไรมากกว่า การเกิดแนวคิดการอนุรักษ์ป่าชุมชนให้เป็นที่อยู่ของแบคทีเรียบริสุทธิ์สำหรับใช้เป็นแหล่งเจริญของแบคทีเรียท้องถิ่นที่สามารถนำมาคัดแยกสำหรับผลิตน้ำตาลเพื่อลดระยะเวลาการหมักก๊าซชีวภาพในสภาวะไร้อากาศ โดยการดัดแปลงจากเครื่องยนต์ก๊าซโซลีน 4 จังหวะ ขนาดประมาณ 10 แรงม้า ให้สามารถใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพเพื่อเป็นเครื่องต้นกำลังให้กับมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟสที่ทำงานเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง (Self-excited Induction generator) และพัฒนาชุดแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) เพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและแปลงกระแสไฟฟ้าให้จ่ายเข้าสู่สายส่งหนึ่งเฟส 220 V 50 Hz พิกัดกำลัง 5 kW

เป้าหมายของโครงการ



เพื่อผลิตไฟฟ้าผ่านกระบวนการหมักจากฟางข้าวให้เป็นก๊าซชีวภาพเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงให้กับเครื่องยนต์ขนาดเล็กสำหรับผลิตไฟฟ้ากำลังสูงสุดรวม 20 kW ซึ่งสามารถรับให้เป็นระบบขนาดเล็กซึ่งให้บริหารจัดการภายในชุมชน

ภาพที่ 5 เป้าหมายในการพัฒนากระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพต้นแบบจากฟางข้าวโดยใช้จุลินทรีย์เร่ง กระบวนการเพื่อยกระดับการผลิตไฟฟ้าและความร้อนสำหรับชุมชน

เพื่อใช้งานในชุมชนรูปแบบเทคโนโลยีนี้มีข้อดีคือสามารถใช้อุปกรณ์ที่ผลิตได้ภายในประเทศ ได้แก่ เครื่องยนต์ก๊าซโซลีน ขนาดเล็ก และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟส และสามารถจ่ายไฟเข้าสู่สายส่ง

วิธีการวิจัย

การพัฒนากระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพต้นแบบจากฟางข้าวโดยใช้จุลินทรีย์เร่งกระบวนการเพื่อยกระดับการผลิตไฟฟ้าและความร้อนสำหรับชุมชนมีการวางแผนการวิจัยและกระบวนการเพื่อให้บรรลุเป้าประสงค์

การประยุกต์ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก สำหรับผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพเหลือใช้ (แผนผัง/ความเชื่อมโยงกิจกรรมในปีที่ 1 และ 2)



ภาพที่ 6 การประยุกต์ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกสำหรับผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพเหลือใช้

การพัฒนาาระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพให้สามารถ เชื่อมต่อเข้ากับสายส่ง

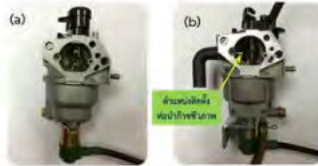
(แบบคั้ง/ความเชื่อมโยงกิจกรรมในปีที่ 1 และ 2)

- ดัดแปลงเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพให้ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง
- ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับแปลงเชิงกลจากเครื่องยนต์เป็นไฟฟ้า
- พัฒนาคอนเวอร์เตอร์สำหรับควบคุมการกานขอมอเตอร์กำเนิดไฟฟ้าและจ่ายกำลังไฟฟ้าเข้าสู่สายส่งเสถียร

ภาพที่ 7 การพัฒนาาระบบผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพให้สามารถเชื่อมต่อเข้ากับสายส่ง

เครื่องยนต์ต้นกำลัง

เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ 1 สูบ 4 จังหวะ
5.5 แรงม้า



การพัฒนาอินเวอร์เตอร์

- กระจุกอินเวอร์เตอร์ไฟฟ้าสามารถกานขอมอเตอร์กำเนิดไฟฟ้าได้
- สเปกไฟฟ้า 3 เฟส ที่ขนาดและความถี่ไม่คงที่ก็สามารถจ่ายกำลังเข้าสายส่ง 1 เฟสได้

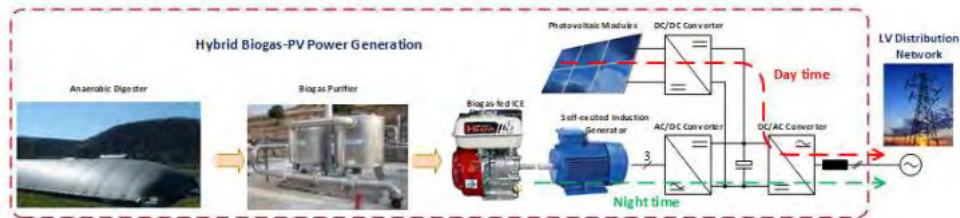
**ไม่มีอินเวอร์เตอร์
ในเชิงพาณิชย์
สำหรับระบบผลิต
ไฟฟ้า
จากก๊าซชีวภาพ
ในพิกัดกำลัง
ประมาณ 5 kW**



ภาพที่ 8 การพัฒนาอินเวอร์เตอร์

ประเด็นวิจัยสำหรับปีที่ 3

- พัฒนาคอนเวอร์เตอร์ให้ผ่านข้อกำหนด Grid code ของการไฟฟ้าทุกประเด็น
- พัฒนาระบบ Maximum power point tracking และระบบ Automation
- พัฒนาคอนเวอร์เตอร์แบบ Hybrid ร่วมกับ PV



ภาพที่ 9 ประเด็นวิจัยสำหรับปีที่ 3

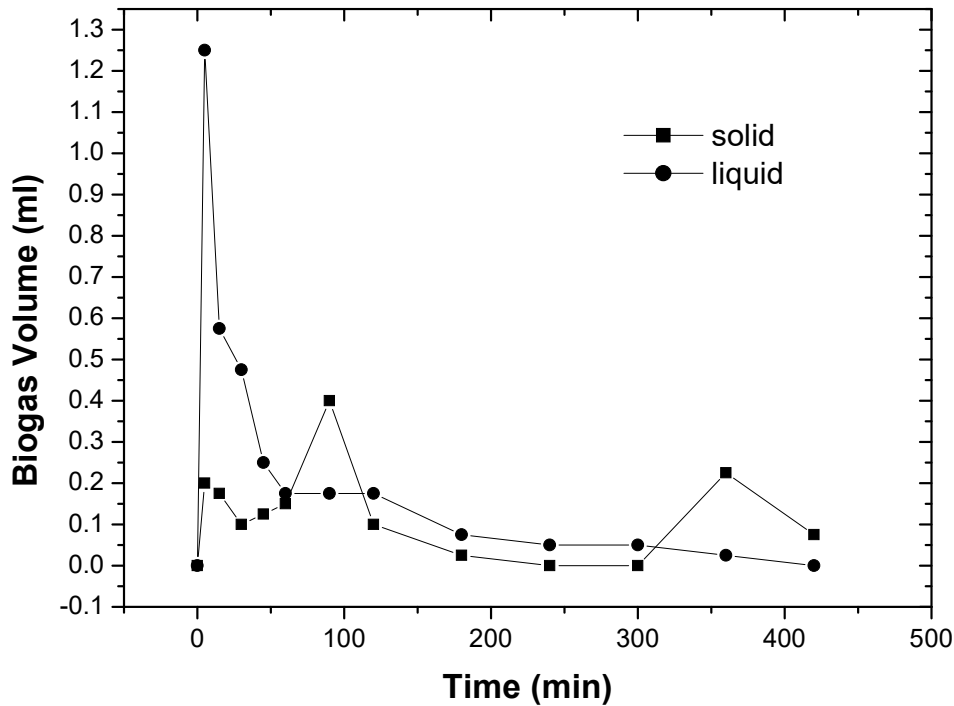
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการทดสอบการเกิดก๊าซชีวภาพจากฟางข้าวระหว่างวัตถุดิบของแข็ง และวัตถุดิบของเหลว

การทดลองนี้เปรียบเทียบปริมาณ การผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักฟางข้าวที่เป็นวัตถุดิบของแข็ง และวัตถุดิบของเหลว ฟางข้าวที่เป็นวัตถุดิบของแข็ง เตรียมจากการอบฟางข้าวแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ปั่นฟางข้าวที่อบแล้วให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร ฟางข้าวที่เป็นวัตถุดิบของเหลว เตรียมจากการอบฟางข้าวแห้ง ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ปั่นฟางข้าวที่อบแล้วให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร ซึ่งฟางข้าวที่ร่อนแล้ว 0.5 กรัม ย่อยด้วยกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) 2% เติมกรดซัลฟิวริก 100 มิลลิลิตร ต้มให้เดือด จับเวลา 30 นาที กรองเอาเฉพาะของเหลว ปรับ pH ให้เป็นกลาง สุดท้ายจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำตาลกลูโคส เพื่อนำวัตถุดิบของแข็ง และวัตถุดิบของเหลวไปหมักก๊าซชีวภาพ [1] จากนั้นนำวัตถุดิบของแข็งและวัตถุดิบของเหลวมาหมักในกระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศ โดยใช้ปริมาณสารตั้งต้น 0.2 กรัม ความเข้มข้นตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงชีวภาพ 40%v/v ทดลองที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส เวลาการทดลอง 420 นาที ในขวดทดลองขนาด 60 มิลลิลิตร ผลการทดลองพบว่า ปริมาณก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นสูงสุดทั้งวัตถุดิบของแข็ง และวัตถุดิบของเหลว จำนวน 0.2 และ 1.25 มิลลิลิตร ตามลำดับ ในเวลา 5 นาที หลังจากนั้น 5 นาที พบว่าปริมาณ ก๊าซชีวภาพทั้งวัตถุดิบของแข็ง และวัตถุดิบของเหลวเริ่มลดลงอย่างต่อเนื่องไปจนถึงเวลาที่ 420 นาที ดังแสดงตามภาพที่ 10 เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพ พบว่าวัตถุดิบของเหลว มีประสิทธิภาพสำหรับการหมักก๊าซชีวภาพสูงกว่าวัตถุดิบของแข็ง

เนื่องจากวัตถุดิบของเหลวเปลี่ยนโครงสร้างจากเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส เป็นกลูโคสซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาแอซิดไฮโดรไลซิส (Acid hydrolysis) ที่ช่วยลดปริมาณเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ที่มีปริมาณสูงในฟางข้าว ดังนั้นการทดสอบการเกิดก๊าซชีวภาพจากฟางข้าวที่ใช่วัตถุดิบของเหลว จึงมีความเป็นไปได้สูงที่จะนำฟางข้าวที่ย่อยด้วยกรดแล้วเปลี่ยนเป็นน้ำตาลกลูโคสไปใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตก๊าซชีวภาพต่อไป [2] การผลิตก๊าซชีวภาพจากวัตถุดิบของเหลวที่ย่อยด้วยกรดให้ได้น้ำตาลกลูโคส พบว่าผลิตก๊าซชีวภาพได้ปริมาณสูงกว่า การหมักโดยใช่วัตถุดิบของแข็ง เนื่องจากการหมักในกระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศ จากน้ำตาลกลูโคสจะถูกย่อยสลายได้ดีกว่าเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส

เกิดปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วบวกกับกรดไขมันระเหยง่ายที่มีปริมาณน้อยลง ทำให้ความหลากหลายของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นตามค่าความเป็นกรด – ด่าง จึงทำให้เกิดปริมาตรก๊าซชีวภาพสูงกว่าวัตถุดิบของแข็ง [3] ดังนั้นการผลิตก๊าซชีวภาพจากฟางข้าวจึงเลือกใช้วัตถุดิบของเหลวเป็นสารตั้งต้นสำหรับหมักก๊าซชีวภาพ เนื่องจากสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ปริมาตรสูงกว่าวัตถุดิบของแข็ง เพื่อลดระยะเวลาในการหมักก๊าซชีวภาพ และทดสอบสภาวะที่ดีที่สุดของกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพต่อไป

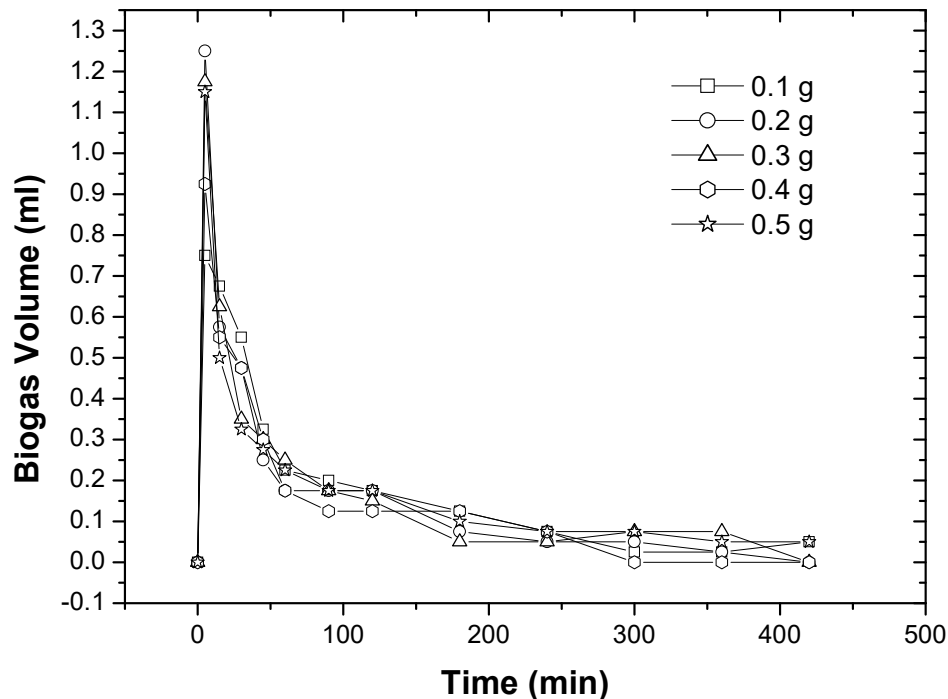


ภาพที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบปริมาตรก๊าซชีวภาพระหว่างของแข็ง และของเหลว ที่ปริมาณสารตั้งต้น 0.2 กรัม ตัวเร่งปฏิกิริยาชีวภาพ 40 %v/v อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส เวลา 420 นาที

ผลของปริมาณสารตั้งต้นของเหลว (กลูโคส) ต่อการเกิดก๊าซชีวภาพ

การทดลองนี้ทดสอบประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ ที่ปริมาณสารตั้งต้นของเหลวแตกต่างกัน จากการหมักวัตถุดิบของเหลวที่ปริมาณสารตั้งต้น 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, และ 0.5 กรัม ตามลำดับ ความเข้มข้นตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงชีวภาพ 40 %v/v ทดลองที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส เวลาการหมัก 420 นาที ในขวดทดลองขนาด 60 มิลลิลิตร ผลการทดลองพบว่า ปริมาตรก๊าซชีวภาพเกิดสูงสุด ภายในเวลา 5 นาที จำนวน 0.75, 1.25, 1.17, 0.925, และ 1.15 มิลลิลิตร ตามลำดับ ปริมาตรก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นหลังเวลาที่ 5 นาที เริ่มลดลงอย่างต่อเนื่องไปจนถึงเวลาที่ 420 นาที เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลการเกิดก๊าซชีวภาพ พบว่าที่ปริมาณสารตั้งต้น 0.2 กรัม ผลิตก๊าซชีวภาพได้ในปริมาตรสูงสุด 1.25 มิลลิลิตร ดังแสดงตามภาพที่ 11 ทดสอบด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ F-test two-sample for variances พบว่าไม่แตกต่างกับการทดลองที่ใช้ปริมาณสารตั้งต้นสูง (0.3-0.5 กรัม) อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น ค่า P เท่ากับ 0.01 ปริมาณสารตั้งต้น 0.2 กรัม มีประสิทธิภาพสำหรับการหมักก๊าซชีวภาพสูงกว่าปริมาณสารตั้งต้น 0.3-0.5 กรัม เนื่องจากการทำงานของฟางข้าวที่ย่อยด้วยกรดเป็นน้ำตาลกลูโคสก่อนการนำไปหมักก๊าซชีวภาพ จะช่วยเปลี่ยนโครงสร้างจากเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส เป็นน้ำตาลกลูโคส มีผลทำให้จุลินทรีย์การหมักก๊าซชีวภาพสามารถย่อยสลายได้อย่างรวดเร็วในกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพที่

สภาวะไร้อากาศ [2] จึงเหมาะสมที่จะนำไปเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ หรือน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่เป็นน้ำตาลกลูโคสซึ่งใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตก๊าซชีวภาพต่อไป [5] ดังนั้นการทดลองนี้จึงใช้ปริมาณสารตั้งต้นที่ดีที่สุด 0.2 กรัม เพื่อทดสอบหาสภาวะที่ดีที่สุดของตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงชีวภาพ

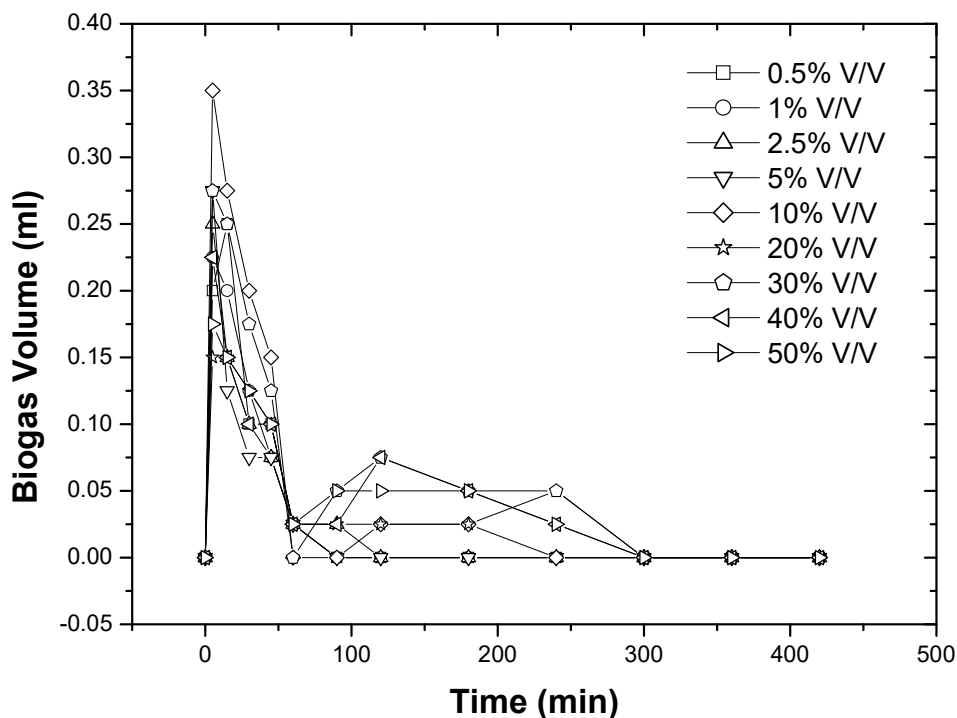


ภาพที่ 11 แสดงปริมาตรก๊าซชีวภาพเมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณสารตั้งต้น 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, และ 0.5 กรัม โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชีวภาพ 40 %v/v อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส เวลา 420 นาที

ผลการทดสอบการเกิดก๊าซชีวภาพโดยการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงชีวภาพ

การทดลองนี้ทดสอบประสิทธิภาพ ในการผลิตก๊าซชีวภาพที่ความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงชีวภาพ จากการหมักตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงชีวภาพ 0.5, 1, 2.5, 5, 10, 20, 30, 40, และ 50 %v/v ตามลำดับ ปริมาณสารตั้งต้นที่ดีที่สุด 0.2 กรัม ที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส เวลาการหมัก 420 นาที ขวดทดลองขนาด 60 มิลลิลิตร ผลการทดลองพบว่า ปริมาตรก๊าซชีวภาพเกิดสูงสุดภายในเวลา 5 นาที จำนวน 0.2, 0.225, 0.25, 0.275, 0.35, 0.15, 0.275, 0.225, และ 0.175 มิลลิลิตร ตามลำดับ ปริมาตรก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นหลังจากเวลาที่ 5 นาที เริ่มลดลงอย่างต่อเนื่องไปจนถึง 420 นาที ในทุกความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงชีวภาพ เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลการเกิดก๊าซชีวภาพ พบว่าที่ความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงชีวภาพ 10 %v/v ผลิตก๊าซชีวภาพได้ในปริมาณสูงสุด 0.35 มิลลิลิตร ดังแสดงตามภาพที่ 12 ทดสอบด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ F-test two-sample for variances พบว่าไม่แตกต่างกับการทดลองที่ใช้ความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงชีวภาพสูง (20 - 50 %v/v) อย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น ค่า P เท่ากับ 0.01 ความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงชีวภาพ 10 %v/v มีประสิทธิภาพสำหรับการหมักก๊าซชีวภาพสูงกว่าความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงชีวภาพ 10 - 50 %v/v เนื่องจากการใช้ความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงชีวภาพ 10 %v/v ช่วยลดต้นทุนในการผลิตก๊าซชีวภาพโดยการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาน้อย แต่ให้ปริมาตรก๊าซชีวภาพสูง การทดลองของ [4] พบว่าใช้ของเหลวในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยใช้เป็นสารตั้งต้น 100 มิลลิลิตร เติมในของเหลวกระเพาะรูเมนย่อยสลายแบบไร้อากาศขวดทดลองขนาด

400 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ อย่างมีนัยสำคัญ ค่า p เท่ากับ 0.05 แบคทีเรียในกระเพาะรูเมนทำให้อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 2 – 3 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยมูลสัตว์ โดยไม่มีของเหลวในกระเพาะรูเมน จึงสามารถอ้างอิงได้ว่าการทดสอบการเกิดก๊าซชีวภาพ โดยใช้ความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงชีวภาพ 10 %v/v ปริมาณที่น้อยแต่สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ในปริมาณสูง จึงเป็นผลที่ดีการทดลองเพื่อช่วยลดต้นทุน และลดระยะเวลาในการหมักก๊าซชีวภาพอีกด้วยเป็นที่ยอมรับว่า การเพิ่มขึ้นของการผลิตก๊าซชีวภาพในระดับหนึ่งคือ การตอบสนองต่อปริมาณของเหลวใน กระเพาะรูเมนที่เพิ่มเข้ามาเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ถูกลมผสมเข้ากับสารตั้งต้น ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นสภาวะที่ดีที่สุดปริมาณสารตั้งต้น 0.2 กรัม ความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงชีวภาพ 10 %v/v นำมาทดสอบผลการเกิดก๊าซชีวภาพระหว่างอุณหภูมิ 39 และ 42 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 12 แสดงการเกิดก๊าซชีวภาพเมื่อเปลี่ยนความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยาชีวภาพ 0.5, 1, 2.5, 5, 10, 20, 30, 40, และ 50 %v/v ปริมาณสารตั้งต้น 0.2 กรัม อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส เวลา 420 นาที

การพัฒนากระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพต้นแบบจากฟางข้าวโดยใช้จุลินทรีย์เร่งกระบวนการเพื่อยกระดับผลิตไฟฟ้าและความร้อนสำหรับชุมชน ด้วยกระบวนการ Microorganism จึงมีความจำเป็นและต้องรีบดำเนินการอย่างเร่งด่วน เพราะจะช่วยลดการเผาฟางข้าวที่ก่อให้เกิดฝุ่นละออง PM 2.5 ก่อให้เกิดโมเดลการใช้ประโยชน์จากฟางข้าว ในการผลิตไฟฟ้าเพื่อก่อให้เกิดรายได้ภายในชุมชนจากการขายไฟฟ้า 15kW x 24 ชม. X 365 วัน X 4 บาท/kWh = 525,600 บาท ต่อปีลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาฟาง 262.8 ตันต่อปี x 1.350 tCO₂eq/ตันเศษวัสดุเหลือทิ้ง² = 354.78 tCO₂eq ต่อปี ลดการปล่อยอนุภาค PM_{2.5} ต่อปี 8.262 5.2 x 11.7 kgPM_{2.5}/ตันเศษวัสดุเหลือทิ้ง² = 3.075 tonPM_{2.5} ต่อปี เกิดรายได้จากการขายคาร์บอนเครดิต (ราคาซื้อขาย 10-200 บาท/tCO₂eq³) ซึ่งคาดว่าจะสร้างรายได้ 3-,548 70,956 บาทต่อปี รายได้จากการขายปุ๋ยหมักที่ได้จากการย่อยสลายของฟางข้าว (เหลือ 20% ของฟางข้าววัตถุดิบ) 20.0 X 262,800 กิโลกรัมต่อปี x 10 บาทต่อกิโลกรัม = 525,600 บาทต่อปี และลดการเจ็บป่วยเนื่องจากปัญหาหมอกควัน

สรุปผลการวิจัย

เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตก๊าซชีวภาพด้วยวัตถุดิบป้อนปริมาณเท่ากัน พบว่าเทคโนโลยีใหม่จะเสร็จเร็วกว่า 4-5 เท่า หรือกล่าวอีกนัยคือ สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ปริมาณสูงกว่า 4-5 เท่าเมื่อใช้เวลามากเท่ากัน ดังนั้นจะใช้พลังงานที่แปลงเป็นต้นทุนที่ต่ำกว่าได้กำไรมากกว่า การเกิดแนวคิดการอนุรักษ์ป่าชุมชนให้เป็นที่อยู่ของแบคทีเรียบริสุทธิ์สำหรับใช้เป็นแหล่งเจริญของแบคทีเรียท้องถิ่นที่สามารถนำมาคัดแยกสำหรับผลิตน้ำตาลเพื่อลดระยะเวลาการหมักก๊าซชีวภาพในสภาวะไร้อากาศ โดยการตัดแปลงจากเครื่องยนต์ก๊าซโซลีน แร่งม้า ให้สามารถใช้ 10 จังหวะ ขนาดประมาณ 4 เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพเพื่อเป็นเครื่องต้นกำลังให้กับมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟสที่ทำงานเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ) ไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง Self-excited Induction generator) และพัฒนาชุดแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) เพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและแปลงกระแสไฟฟ้าให้ง่ายเข้าสู่สายส่งหนึ่งเฟส 220V 50 Hz พิกัดกำลัง 5kW เพื่อใช้งานในชุมชนรูปแบบเทคโนโลยีนี้มีข้อดีคือสามารถใช้อุปกรณ์ที่ผลิตได้ภายในประเทศ ได้แก่ เครื่องยนต์ก๊าซโซลีน ขนาดเล็ก และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟส และสามารถจ่ายไฟเข้าสู่สายส่ง

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ได้ทุนอุดหนุนการวิจัย สำหรับโครงการแผนงานวิจัย การจัดการตนเองด้วยพลังงานทดแทน และมีโครงการวิจัยย่อยทั้งหมด 4 โครงการประกอบด้วย (1) โครงการพัฒนาระบบต้นแบบตู้ผลิต RDF โดยใช้เทคโนโลยี ไบโอดีรายเพื่อจัดการขยะชุมชน (2) การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำ มันพืชที่ใช้แล้วโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมกับถ่านกัมมันต์จากชีวมวล (3) การเพิ่มคุณภาพแก๊สชีวภาพโดยกระบวนการดูดซับทางเคมีในระบบผลิตแก๊ส ชีวภาพเพื่อใช้ชุมชน (4) การประยุกต์ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกสำหรับ ผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพเหลือใช้ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ ผู้อำนวยการแผนงานวิจัยขอขอบพระคุณ เทศบาลนครพิษณุโลก และ นายกองดีการบริหารส่วนตำบลท่ามะนาว อ.ชัยบาดาล จ.ลพบุรี และบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอำนวยความสะดวกสำหรับทดสอบวิจัย รวมถึง ชุมชนเป้าหมายต่าง ๆ ที่มีความเกี่ยวข้อง คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมรรถกฤตเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้สนับสนุนเวลาและสถานที่ รวมคณะผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ฝ่ายสนับสนุนทุกท่าน ตลอดระยะเวลาดำเนินงานของโครงการวิจัยนี้ สุดท้ายนี้คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ครอบครัวของคณะผู้วิจัยที่อยู่เคียงข้างและเป็นกำลังใจ จนกระทั่งโครงการนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] ทพียชนก มุสิกพันธุ์, 2560 “การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่สภาวะปราศจากออกซิเจน”, รายงานวิจัย, ภาควิชาสาขาเคมี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด, 2560
- [2] Hendriks and Zeeman, “Pretreatments to enhance the digestibility of lignocellulosic biomass”, *Bioresource Technology*, 2009, January 2009, 10-18
- [3] Fang and Liu, “Effect of pH on hydrogen production from glucose by a mixed culture”, *Bioresource Technology*, 2002, March 2002, 87-93

- [4] Sunarso, O., Widiasta, S.J., & Budiyono, I.N., “The Effect of Feed to Inoculums Ratio on Biogas Production Rate from Cattle Manure Using Rumen Fluid as Inoculums”, *International Journal of Waste Resources*, 2012, 2(1), 1-4
- [5] วิภาดา ศิริอนุสรณ์ศักดิ์ และนุชรา สีนบัวทอง, “การย่อยสลายฟางข้าวเพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นสำหรับการผลิตพลังงานทดแทน”, รายงานวิจัย, สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2556