การปรับปรุงคุณภาพแก๊สชีวภาพโดยการลดความชื้นด้วยแกลบเปรียบเทียบกับซิลิกาเจล

Improving Bio-gas Quality by Decreasing Moisture Content with Rice Husk Comparing with Silica-gel

พชรนันท์ สิงห์แก้ว [1], ผศ.ดร. รัตนชัย ไพรินทร์ [2], ดร.เก้ากันยา สุดประเสริฐ [3]
[1]นักศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพลังงาน
คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
[2]ภาควิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
[3]ภาควิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแก๊สชีวภาพจากน้ำเสียโดยใช้วิธีหมักร่วมกับกากถั่วเหลืองซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทน การหมักจะใช้อัตราส่วนที่แตกต่างกันในถังหมักขนาด 5 ลิตร ระยะเวลาทดลอง 30 วัน เป็นการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน และทำการหมักแบบครั้งเดียว (Batch) ที่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมปกติ (ประมาณ 32 ^{o}C) โดยแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นถูกเก็บด้วยการแทนที่น้ำและนำไปวิเคราะห์หาสัดส่วนปริมาณแก๊สชีวภาพด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี จากการทดลองพบว่าสภาวะที่ดีที่สุดคือ ที่อัตราส่วนของน้ำเสีย:กากถั่วเหลืองเป็น 4:1 ได้มีเทนโดยเฉลี่ย 63% ปริมาณแก๊สชีวภาพมากสุด 535.53 มิลลิลิตร/วัน ค่าความร้อน 13.23 เมกะจูล/ลูกบาศก์เมตร ค่า pH ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 7.5 - 8.0 เมื่อนำแก๊สชีวภาพไปผ่านการลดความชื้นด้วยขี้เถ้าแกลบที่ผ่านการเผาแกลบที่อุณหภูมิ 800 oC เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ใช้เวลาในการลดความชื้น 40 นาที โดยน้ำหนักแกลบที่ใช้คือ 35 กรัม สามารถลดความชื้นได้ 6.03% และที่เงื่อนไขเดียวกันเมื่อใช้ซิลิกาเจลโดยน้ำหนัก 105 กรัมสามารถลดความชื้นได้ 0.13%

คำสำคัญ : การลดความชื้นในแก๊สชีวภาพ / แกลบ / ซิลิกาเจล

Abstract

This research studies about biogas production from fermentation of wastewater and soybean. There are five different ratios of anaerobic fermentation which varied from 1:4, 2:3, 1:1, 3:2, 4:1. Wastewater and soybean are fermented in 5-liter reactor for 30 days. The biogas is collected and measured by the water replacement. The composition of biogas is analyzed by Gas Chromatography. The results showed that the best ratio of wastewater to soybean was 4:1 with the average of methane of 63%, while the maximum biogas was 535.53 ml/day. The appropriate pH was varied from 7.5 - 8.0 and the heating value is 13.23 MJ/m3. Rice husk, 35g, which calcined at 800°C for 8 hours and silica gel of 105 g.

were used in moisture reduction experiment. The moisture content decreased by 6.03% and 0.13% respectively.

Keywords: Moisture content reduction / Rice Husk / Silica gel

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการทำเกษตรกรรมมาเป็นเวลานาน ซึ่งวัสดุที่เหลือใช้จากการเกษตรส่วนใหญ่ไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์ ปัจจุบันได้มีการนำเอาผลผลิตที่เหลือใช้จากทางการเกษตรมาเพิ่มมูลค่าในด้านต่าง ๆ ให้มากขึ้น เช่น การทำปุ๋ยหมัก แก๊สชีวภาพ การทำถ่าน เป็นต้น การผลิตแก๊สชีวภาพจึงเป็นเทคโนโลยีที่มีบทบาทสำคัญและเป็นประโยชน์มาก สำหรับการผลิตพลังงานทดแทน โดยการนำแก๊สชีวภาพมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้ม และการผลิตกระแสไฟฟ้า ดังนั้น การผลิตแก๊สชีวภาพจากกระบวนการหมักจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งในการเลือกใช้พลังงานทดแทน

ทั้งนี้ผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญ ได้แก่ ข้าว ซึ่งเป็นสินค้าที่สำคัญทางการเกษตรที่มียอดการส่งออกไปต่างประเทศเป็นจำนวนมากต่อปีทำให้มีวัสดุชีวมวลเหลือทิ้งจำนวนมากในการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร ตัวอย่างเช่น แกลบถือเป็นวัสดุเหลือใช้ที่ได้จากกระบวนการสีข้าวเปลือก และแกลบเหลือทิ้งเหล่านี้บางส่วนถูกนำไปใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในหลายด้านด้วยกัน เช่น ใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้มในภาคครัวเรือน ใช้เป็นเชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรม ใช้ในการเผาถ่าน ใช้เป็นส่วนผสมของวัสดุก่อสร้าง ใช้ในการปรับปรุงดิน และใช้ประโยชน์ในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ จากการสำรวจ ปริมาณชีวมวล (แกลบ-นาปีและนาปรัง) 4537199, 991191 ตัน/ปี ตามลำดับ ส่วนปริมาณชีวมวลที่เหลือ (แกลบ-นาปีและนาปรัง) 4233568, 878962 ตัน/ปี ตามลำดับ(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2556) ดังนั้นแกลบจึงนับเป็นชีวมวลชนิดหนึ่งที่สมควรนำมาใช้ประโยชน์ ซึ่งพบว่าในแกลบและขี้เถ้าแกลบมีสารประกอบซิลิกาเป็นสารประกอบหลัก อยู่ถึงร้อยละ 95 นับว่าเป็นแหล่งวัตถุดิบที่สำคัญอีกแหล่งหนึ่ง ซิลิกาเป็นสารประกอบอนินทรีย์ ประกอบด้วยธาตุซิลิคอน และออกซิเจน มีชื่อเรียกทางเคมีว่า ซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2) สารประกอบชนิดนี้มีสมบัติเป็นฉนวน ไม่นำไฟฟ้าและความร้อน ทนต่อการกัดกร่อนจากสารเคมี นอกจากนี้ ซิลิกามีความสามารถในการดูดซับความชื้น และสารเคมีได้ดี จึงนิยมใช้เป็นสารดูดความชื้น ซึ่งใช้มากในอุตสาหกรรมอาหารและยา ใช้เป็นสารช่วยเพิ่มแรงตึงผิวช่วยในการกระจายตัวของยาชนิดที่เป็นของเหลว ใช้เป็นสารเพิ่มความแข็งแรง ในอุตสาหกรรมการผลิตยางรถยนต์ ใช้เป็นตัวทำให้สารบริสุทธิ์ (refining agent) ในอุตสาหกรรมปิโตรเลียมและปิโตรเคมี ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและตัวตรึงสารช่วยเร่งปฏิกิริยาในอุตสาหกรรมเคมี และใช้ผลิตสารซิลิคอนบริสุทธิ์ เพื่อผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ได้อีกด้วย จะเห็นได้ว่า ซิลิกามีประโยชน์มากมายในเชิงอุตสาหกรรม

งานวิจัยครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาแก๊สชีวภาพที่ได้จากการหมักร่วมระหว่างน้ำเสียและกากถั่วเหลือง เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของแก๊สชีวภาพ โดยผ่านกระบวนการลดความชื้นด้วยแกลบเปรียบเทียบกับซิลิกาเจล โดยที่วัตถุดิบทั้งหมดหาได้ง่ายจึงสามารถลดต้นทุนสำหรับค่าใช้จ่าย และนำแก๊สชีวภาพที่ผลิตได้ไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านพลังงาน ด้านสิ่งแวดล้อม และด้านการเกษตร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาผลของอัตราส่วนน้ำเสียต่อกากถั่วเหลืองที่มีผลต่อการเกิดแก๊ส และส่วนประกอบของแก๊สชีวภาพ โดยเฉพาะมีเทน

2. ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพแก๊สชีวภาพโดยการลดความชื้นด้วยแกลบเปรียบเทียบกับซิลิกาเจล

ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษากระบวนการเกิดแก๊สชีวภาพในระบบการหมักที่สภาวะไร้อากาศ

2. วัตถุดิบที่ใช้คือน้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นหมี่ และกากถั่วเหลือง เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตแก๊สชีวภาพ

3. ถังหมักที่ใช้มีขนาด 5 ลิตร เป็นการหมักแบบเติมครั้งเดียว (Batch Operation) เวลาทดลอง 30 วัน

4. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อุณหภูมิ ระยะเวลาในการหมัก ปริมาณของแก๊สมีเทน ค่าความร้อนของแก๊ส ค่าความชื้น

5. นำแก๊สชีวภาพที่ได้ไปผ่านการลดความชื้นด้วยแกลบและซิลิกาเจลเพื่อเพิ่มคุณภาพแก๊สชีวภาพ และลดการกัดกร่อนในระบบทางเดินแก๊สชีวภาพ

การทบทวนวรรณกรรม

1. แก๊สชีวภาพ คือ แก๊สที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Digestion) มีส่วนประกอบดังนี้ แก๊สมีเทน (CH4) ประมาณ 50-70% แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO2) ประมาณ 20-50% แก๊สอื่น ๆ เช่นไฮโดรเจน(H2) ไนโตรเจน(N2) ไอน้ำ (H2O) และไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H2S) [1]

2. การลดความชื้น

เมื่อน้ำหรือความชื้นที่มีอยู่ในแก๊สชีวภาพจะรวมตัวกับ CO2 และ H2S เกิดเป็นสารกัดกร่อนทำลายอุปกรณ์ท่อและระบบทางเดินแก๊สชีวภาพที่จะนำไปใช้งานและทำให้สูญเสียค่าความร้อน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการแยกดูดความชื้นก่อนจะนำไปใช้งาน โดยวิธีการลดความชื้นแบ่งได้เป็น 2 วิธี

2.1 วิธีการควบแน่น (Condensation Method) ซึ่งจะอาศัยหลักการควบแน่นของไอน้ำที่อุณหภูมิต่ำลง เช่น อุปกรณ์ดักน้ำ เป็นต้น

2.2 วิธีทำให้แห้ง (Drying Method) สามารถแบ่งได้ 2 วิธี [2]

2.2.1 วิธีการทำให้แก๊สเย็นลง (Cool Dryer Methods) เป็นวิธีการลดอุณหภูมิของแก๊สชีวภาพโดยการให้ไหลผ่านตะแกรงที่มีรูขนาดเล็ก ซึ่งมีความชื้นที่กลั่นตัวที่อุณหภูมิต่ำจะติดที่ตะแกรง ในขณะที่แก๊สไหลผ่านไปตามปกติ

2.2.2 วิธีการทำให้แห้งโดยการดูดซับของแข็ง เช่น Activated alumina หรือ Silica Gel ทำได้โดยการปล่อยแก๊สชีวภาพไหลไปตามท่อส่งแก๊สไปยังซิลิกาเจลที่บรรจุในคอลัมน์ ซึ่งมีสมบัติในการดูดซับความชื้นและน้ำได้ดี โดยปกติจะมีการออกแบบลักษณะการทำงานเป็น 2 คอลัมน์สลับกัน โดยที่คอลัมน์แรกมีการดูดซับความชื้น อีกคอลัมน์จะทำหน้าที่กำจัดน้ำที่ได้จากการดูดซับออกจากซิลิกาเจลด้วยการให้ความร้อน เพื่อระเหยน้ำออกจากซิลิกาเจลทำให้สามารถนำซิลิกาเจล กลับมาใช้งานใหม่ได้อีกครั้ง

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วรพจน์ และรัชพล [3]การผลิตแก๊สชีวภาพจากกากตะกอนบ่อพักน้ำเสียจากกระบวนการผลิตแป้งมันได้ทำการศึกษาการหมักแก๊สชีวภาพกากตะกอนบ่อพักน้ำเสียร่วมกับน้ำเสียจากกระบวนการล้างหัวมันสำปะหลังที่ผ่านการสับโดยหมักส่วนผสมแบบไร้อากาศในท่อพีวีซีขนาด 6 นิ้ว ใช้มอเตอร์ในการกวนผสมปริมาตรความจุ 13.7 ลิตร ปริมาตรน้ำหนัก 10 ลิตรเวลา 24 วันได้ผลการทดลองพบว่าอัตราส่วน 1:4 สามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้มากที่สุด 1.03 ลูกบาศก์เซนติเมตร (แก๊ส)/ลูกบาศก์เมตร (ปริมาตรน้ำหนัก) เมื่อเปรียบเทียบผลของการผสมการเติมสารอาหารแบบกึ่งต่อเนื่องผลิตแก๊สได้มากกว่าแบบเติมสารอาหารครั้งเดียว 1.44 เท่าสามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้สูงสุด 1.48 ลูกบาศก์เซนติเมตร (แก๊ส)/ลูกบาศก์เมตร (ปริมาตรน้ำหนัก) เมื่อศึกษาผลของค่า pH พบว่า การปรับค่าก่อนเข้าระบบและในระบบสามารถผลิตแก๊สได้มากกว่าไม่มีการปรับค่า pH ถึง 4.19 เท่า ที่การกวนผสม 15 นาทีหยุด 15 นาที ผลิตแก๊สได้สูงสุด 1.48 ลูกบาศก์เซนติเมตร (แก๊ส)/ลูกบาศก์เมตร (ปริมาตรน้ำหนัก)

บุญสม จิตโสภณปัญญา [4] ได้ศึกษาการผลิตแก๊สชีวภาพความชื้นต่ำจากนมโคหมดอายุ ซึ่งได้ทำการทดลองหมักนมหมดอายุร่วมกับมูลโคและฟางข้าว โดยใช้ถังหมักขนาด 3 ลิตร 30 ลิตร และ 200 ลิตรเป็นการหมักแบบควบคุมอุณหภูมิที่ 32 องศาเซลเซียส จากการทดลองพบว่าผลที่ดีที่สุดเป็นการทดลองเงื่อนไขที่ 1 ที่อัตราส่วนของ นมหมดอายุ (รสจืด):มูลโค:ฟางข้าว เป็น 1:0.25:0.05 ได้เปอร์เซ็นต์มีเทนเฉลี่ย 63% ปริมาณเฉลี่ยแก๊สชีวภาพมากสุด 1,875 มิลลิลิตร/ วัน ค่าความร้อน 23.5 เมกะจูล/ ลูกบาศก์เมตร ค่า pH ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 7.5-8.0 นำผลการทดลองอัตราส่วนนมหมดอายุ (รสจืด) : มูลโค:ฟางข้าว เท่ากับ 1:0.25:0.05 และ 2:0.5:0.05 มาขยายขนาดเป็นถังหมัก 30 ลิตร ผลการทดลองพบว่า ได้เปอร์เซ็นต์มีเทนโดยเฉลี่ย 72.8% ปริมาณเฉลี่ยแก๊สชีวภาพมากสุด 18.5 ลิตร/ วัน ได้ค่าความร้อน 27.5 เมกะจูล/ ลูกบาศก์เมตร จากนั้นมาขยายใช้กับถังหมักขนาด 200 ลิตร จากผลการทดลองพบว่า ได้ปริมาณเปอร์เซ็นต์มีเทนสูงสุดที่ 77.1% ได้ค่าความร้อน 29.1 เมกะจูล/ ลูกบาศก์เมตร ผลิตแก๊สชีวภาพได้สูงสุด 120 ลิตร/วัน สามารถลดค่า COD ได้ 65.7% และลดค่า BOD ได้ 38.4% เมื่อนำแก๊สชีวภาพไปผ่านการลดความชื้นด้วยซิลิกาเจลที่ 450 กรัม สามารถลดความชื้นได้ 3.5% หากนำนมหมดอายุ 1 ตัน มาทำการหมักแก๊สชีวภาพจะผลิตแก๊สชีวภาพโดยเฉลี่ยได้ 3.75 ลูกบาศก์เมตร ได้ค่าความร้อน 80.63 เมกะจูล/ลูกบาศก์เมตร สามารถทดแทนพลังงานแก๊สหุงต้ม (LPG) ได้ 1.73 กิโลกรัม พลังงานไฟฟ้าคิดเป็น 4.50 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง พลังงานชีวมวลถ่านได้ 6.00 กิโลกรัม น้ำมันดีเซลได้ 1.50 ลิตร น้ำมันเบนซิลได้ 2.25 ลิตร น้ำมันเตาเกรด A ได้ 1.76 ลิตร

Lehtomaki และคณะ [5] ศึกษากระบวนการย่อยสลายร่วมระหว่างมูลวัวกับฟางข้าวและหญ้าเลี้ยงสัตว์เปรียบเทียบประสิทธิภาพกับการหมักโดยใช้มูลวัวอย่างเดียว ทำการทดลองโดยใช้ถังปฏิกิริยาแบบกวนสมบูรณ์ขนาด 5 ลิตร ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เริ่มทดลองโดยใช้มูลวัวเป็นเชื้อตั้งต้นที่อัตราสารอินทรีย์ 2 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร.วัน และเวลาเก็บกักน้ำ 20 วัน หลังจากนั้นเปลี่ยนอัตราส่วนของสารตั้งต้นให้อยู่ในช่วงอัตราส่วนระหว่าง 90:10 จนถึง 60:40 (มูลวัวต่อฟางข้าว,หญ้า) และเพิ่มอัตราบรรทุกสารอินทรีย์เป็น 3 และ 4 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร.วัน และเวลากักเก็บน้ำเป็น 18 และ 16 วัน สำหรับหญ้าและฟางข้าวตามลำดับ ผลจากการทดลองที่มีอัตราส่วน 70:30 จะให้อัตราการเกิดก๊าซมีเทนสูงสุดที่ 0.268 และ 0.213 ลูกบาศก์เมตร. กิโลกรัม สำหรับมูลวัวผสมกับหญ้าและฟางข้าวตามลำดับ เปรียบเทียบกับการใช้มูลวัวอย่างเดียวจะให้ค่าอัตราการเกิดก๊าซมีเทนเท่ากับ 0.15 ลูกบาศก์เมตร. กิโลกรัม และแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนระหว่างหญ้าและฟางข้าวต่อมูลวัวด้วย

Dupont และ คณะ [6] ได้ทำการทดลองหาอัตราการไหลของอากาศที่เหมาะสมแก่การดูดซับความชื้นของซิลิกาเจล โดยกำหนดความหนาของเบดของซิลิกาเจล ที่ 0.05 เมตร พื้นที่หน้าตัดของเบด 0.069 ตารางเมตร และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของเม็ดซิลิกาเจล เท่ากับ 3 มิลิเมตร พบว่า อัตราการไหลของอากาศที่เหมาะสมแก่การดูดซับความชื้นของซิลิกาเจล เท่ากับ 0.06 กิโลกรัม/วินาที

Y . saito [7] ทำการศึกษาระบบ Solar Desiccant ที่มีตัวดูดซับเป็นแบบ Interated Desiccant Solar Collector ที่มีซิลิกาเจลเป็นตัวดูดซับ และใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการรีเจนเนอเรชันลักษณะของระบบนี้คือ ตัวดูดซับเป็นแบบชั้นบางอยู่ในแผงรับรังสีอาทิตย์ จากผลการศึกษา พบว่า ประสิทธิภาพของการรีเจนเนอเรชันขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของอากาศซึ่งค่าที่เหมาะสมในช่วง Reynoles Number ภายใต้ตัวดูดซับ คือ 1.2-1.7 และการเพิ่มอุณหภูมิของอากาศเป็นผลให้มีการรีเจนเนอเรชันเพิ่มขึ้นการดูดซับความชื้นของอากาศมีผลมาจากความชื้นเริ่มต้นของวัสดุดูดซับด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยการผลิตแก๊สชีวภาพ ได้แบ่งการดำเนินงานทดลองวิจัยออกเป็น 2 ส่วน คือ (1) ออกแบบและดำเนินการสร้างอุปกรณ์ชุดถังหมักแก๊สชีวภาพโดยใช้น้ำเสียหมักร่วมกากถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบ (2) การนำแก๊สชีวภาพที่ได้ไปผ่านการลดความชื้นด้วยขี้เถ้าจากแกลบ เปรียบเทียบกับซิลิกาเจลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของแก๊สชีวภาพ

วัตถุดิบและอุปกรณ์การทดลอง

งานวิจัยนี้ได้จัดเตรียมวัตถุดิบคือ น้ำเสีย กากถั่วเหลือง และหัวเชื้อจากบ่อบำบัดน้ำเสีย อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลองมีดังนี้ 1) เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี 2) pH Meter และ pH Indicator Strips 3) ชุดถังหมักแก๊สชีวภาพขนาด 5 ลิตร และถังเก็บแก๊ส 4) อุปกรณ์ในการเก็บแก๊สเพื่อนำไปตรวจสอบ วัตถุดิบสำหรับการลดความชื้นคือ 1) ขี้เถ้าแกลบ 2) ซิลิกาเจล

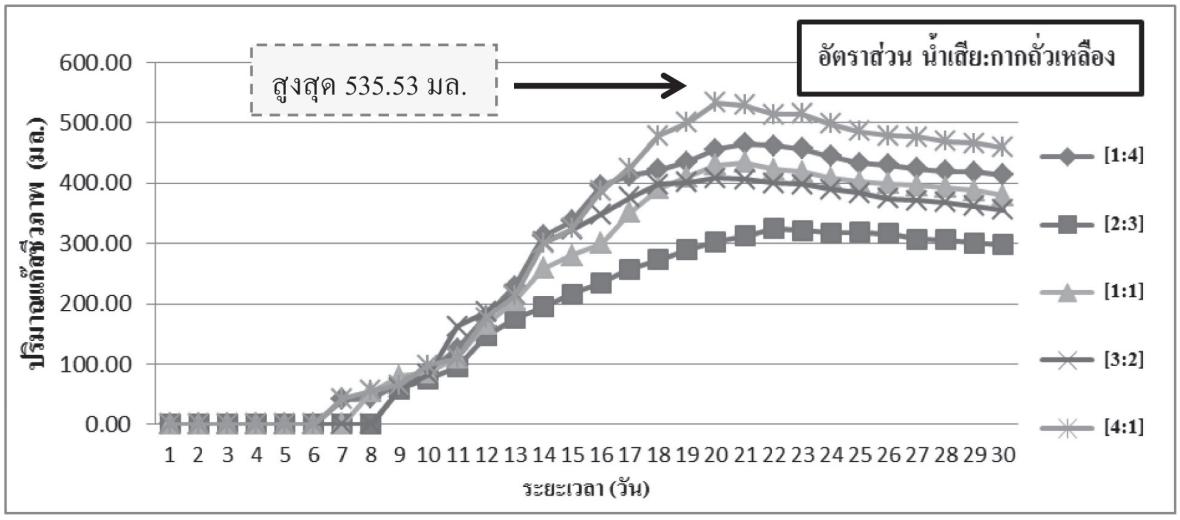
วิธีการทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ทำการชั่งน้ำหนักของน้ำเสียและกากถั่วเหลือง โดยน้ำหนักรวมของวัตถุดิบ 900 กรัมกำหนดอัตราส่วน 1:4, 2:3, 1:1, 3:2 และ 4:1 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร และใส่หัวเชื้อจากบ่อบำบัดน้ำเสีย 1,200 มิลลิลิตร และทำการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนและเป็นการหมักครั้งเดียว (Batch) คือ ทำการทดลองในสภาพอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมปกติ (ประมาณ 32 oC) ระยะเวลาหมัก 30 วัน ค่า pH เริ่มต้นอยู่ที่ 6-7 แล้วปรับค่า pH ให้สูงที่ค่า pH เท่ากับ 10 โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เพราะช่วงแรกแบคทีเรียจะผลิตกรดเป็นจำนวนมากและทำให้ค่า pH ลดลง โดยการเก็บปริมาณแก๊สด้วยการแทนที่น้ำ และวิเคราะห์องค์ประกอบแก๊สชีวภาพด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี

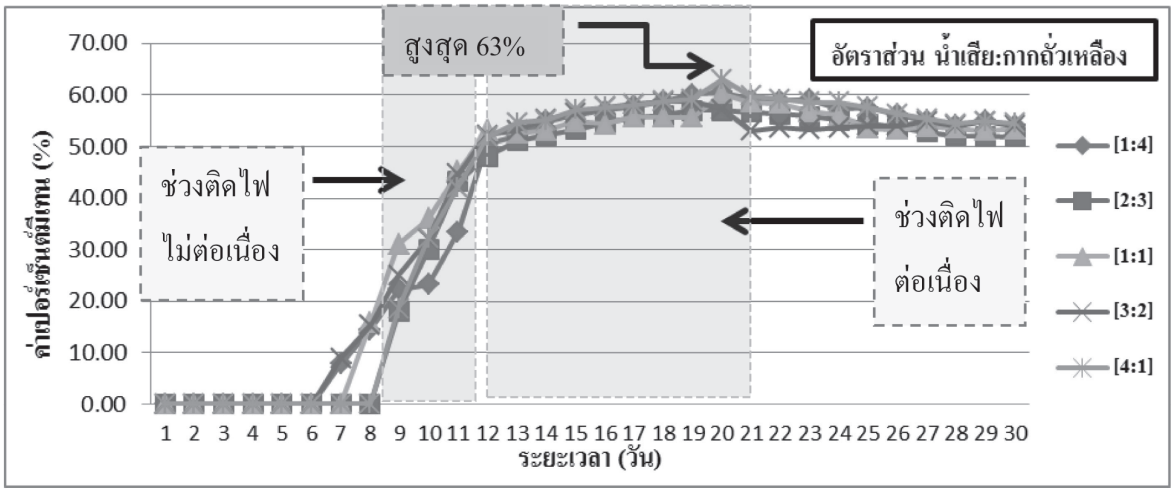
ส่วนที่ 2 ออกแบบอุปกรณ์ลดความชื้นแก๊สชีวภาพ เป็นการนำแก๊สชีวภาพที่ได้จากการหมักในถังหมัก 5 ลิตรที่อัตราส่วนที่เหมาะสม มาลดความชื้นด้วยแกลบที่ผ่านการเผาด้วยอุณหภูมิ 800 oC เป็นเวลา 8 ชั่วโมง โดยน้ำหนัก 25 , 30 และ 35 กรัม และ ซิลิกาเจลโดยน้ำหนัก 90 , 100 และ 105 กรัม เวลาที่ใช้ในการลดความชื้น 40 นาที โดยทำการชั่งน้ำหนักของแกลบและซิลิกาเจลทั้งก่อนเข้าและหลังออกจากอุปกรณ์ที่ใช้ลดความชื้น เพื่อเพิ่มคุณภาพแก๊สชีวภาพและลดการอุดตันกัดกร่อนในระบบทางเดินแก๊สชีวภาพ

ผลการวิจัย (การผลิตแก๊สชีวภาพในถังหมักขนาด 5 ลิตร)

ผลการทดลองปริมาณการเกิดแก๊สชีวภาพในถังหมักขนาด 5 ลิตร จากการนำน้ำเสียมาหมักร่วมกับกากถั่วเหลือง ด้วยกระบวนการหมักแบบไร้อากาศเป็นกระบวนการหมักแบบเติมวัตถุดิบครั้งเดียว (Batch) ทำการทดลองที่อัตราส่วนต่างกันดังนี้ 1:4, 2:3, 1:1, 3:2 และ 4:1 เพื่อหาอัตราส่วนเงื่อนไขที่เหมาะสมทำการเก็บผลและวิเคราะห์ค่าต่างๆ ได้ผลการทดลองดังนี้ จากผลการทดลองภาพที่ 1 และ 2 พบว่าที่อัตราส่วนน้ำเสีย: กากถั่วเหลือง คือ 4:1 มีปริมาณการเกิดแก๊สชีวภาพและเปอร์เซ็นต์มีเทนดีที่สุด คือ 535.53 มิลลิลิตร/วัน และ 63% ตามลำดับ ค่าความร้อน13.23 เมกะจูล/ลูกบาศก์เมตร จากผลอัตราการเกิดแก๊สชีวภาพแต่ละอัตราส่วนพบว่า ปริมาณการเกิดแก๊สชีวภาพในช่วงระยะเวลา 10 วันแรกของการเริ่มต้นมีการเกิดแก๊สชีวภาพที่น้อยมากเพราะช่วงระยะเวลานี้เป็นช่วงขั้นตอนไฮโดรไลซิส แล้วเข้าสู่ขั้นตอนสุดท้ายคือขั้นตอนการสร้างแก๊สมีเทน ด้วยการทำงานของจุลินทรีย์กลุ่ม Methanogenic ซึ่งการทำงานจะอยู่ในช่วงวันที่ 10 และจากช่วงระยะเวลา 10-20 วันขึ้นไป ผลการผลิตแก๊สชีวภาพมีประสิทธิภาพดีสามารถติดไฟได้ หลังจากระยะเวลา 20 วันปริมาณการเกิดแก๊สชีวภาพมีแนวโน้มลดลง

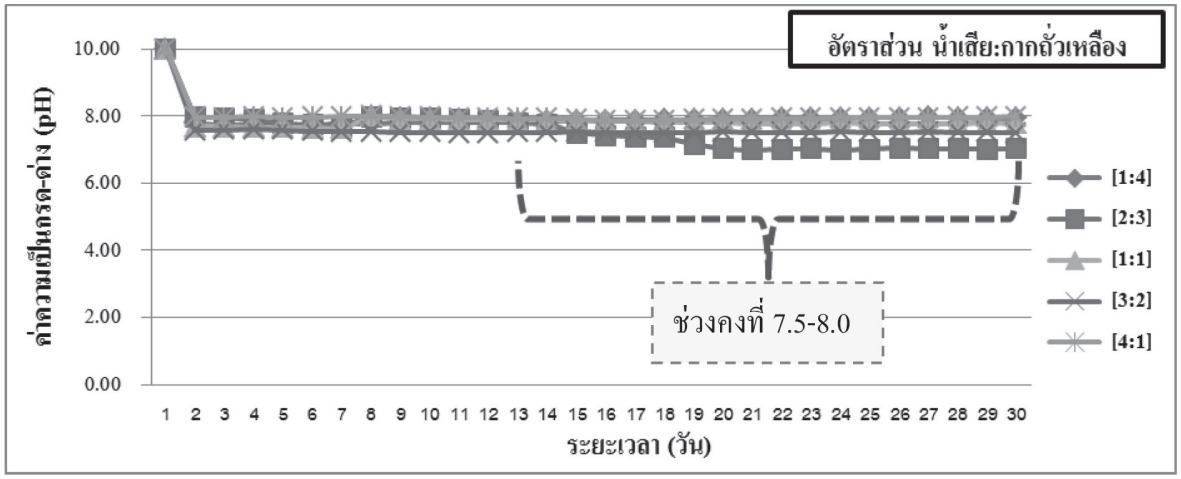


ภาพที่ 1 ผลการทดลองปริมาณแก๊สชีวภาพในถังหมัก 5 ลิตร



ภาพที่ 2 ผลการทดลองปริมาณเปอร์เซ็นต์มีเทนในถังหมัก 5 ลิตร

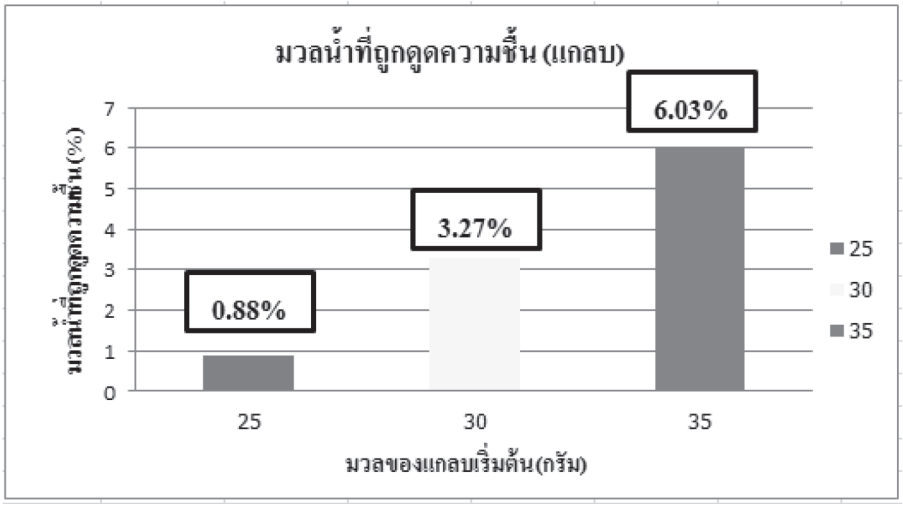
ผลของค่าความเป็นกรด - ด่าง (ค่า pH) ต่อการหมักแก๊สชีวภาพดังภาพที่ 3 จากผลการทดลองพบว่า มีค่า pH ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 7.5-8.0 และหากค่า pH ต่ำกว่า 6.5 ส่งผลให้แบคทีเรียและหยุดกระบวนการย่อยและหมักทั้งหมด



ภาพที่ 3 ผลของค่า pH ต่อการผลิตแก๊สชีวภาพในถังหมัก 5 ลิตร

ผลการวิจัย (การลดความชื้นในแก๊สชีวภาพ)

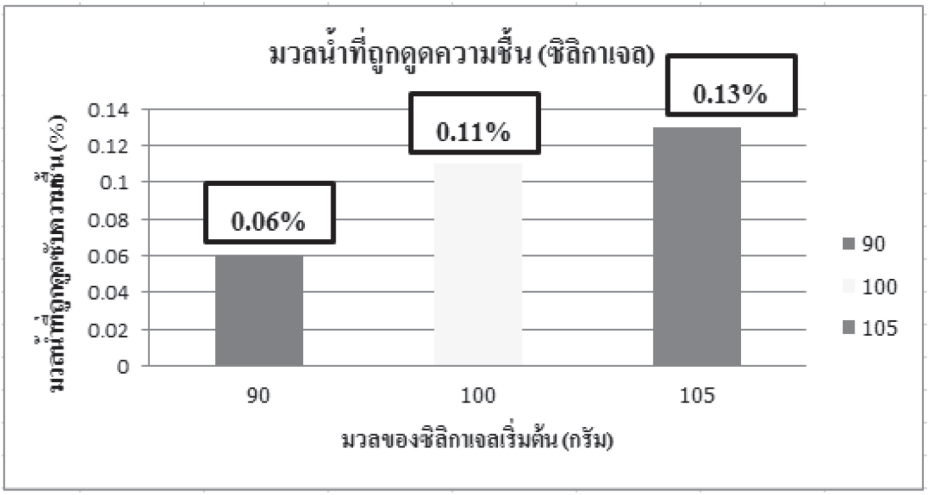
จากผลการทดลองการลดความชื้นโดยการชั่งน้ำหนักของแกลบที่ผ่านการเผาด้วยอุณหภูมิ 800 oC เป็นเวลา 8 ชั่วโมง โดยน้ำหนัก 25 , 30 และ 35 กรัม ที่เวลา 40 นาที ทั้งก่อนเข้าและหลังออกจากอุปกรณ์ที่ใช้ลดความชื้น จากการทดลองพบว่า ที่น้ำหนักแกลบ 35 กรัม สามารถลดความชื้นได้ดีที่สุดคิดเป็น 6.03% และที่น้ำหนักแกลบ 30 และ 25 กรัม ความสามารถในการลดความชื้นได้ลดลงตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ผลการดูดซับความชื้นต่อมวลของไอน้ำที่ถูกดูดซับโดยน้ำหนักแกลบ 25, 30 และ 35 กรัม

จากผลการทดลองการลดความชื้นโดยการชั่งน้ำหนักของซิลิกาเจลโดยน้ำหนัก 90 , 100 และ 105 กรัม ที่เวลา 40 นาที ทั้งก่อนเข้าและหลังออกจากอุปกรณ์ที่ใช้ลดความชื้น จากการทดลองพบว่า ที่น้ำหนัก

ซิลิกาเจล 105 กรัม สามารถลดความชื้นได้ดีที่สุดคิดเป็น 0.13% และที่น้ำหนักซิลิกาเจล 100 และ 90 กรัม ความสามารถในการลดความชื้นได้ลดลงตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ผลการดูดซับความชื้นต่อมวลของไอน้ำที่ถูกดูดซับโดยน้ำหนักซิลิกาเจล 90, 100 และ 105 กรัม

อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยพบว่า ที่อัตราส่วนน้ำเสีย : กากถั่วเหลือง คือ 4:1 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด มีปริมาณแก๊สชีวภาพสูงสุดถึง 535.53 มิลลิลิตร/วัน ค่าเปอร์เซ็นต์มีเทนเฉลี่ยอยู่ที่ 63% ค่าความร้อน13.23 เมกะจูล/ลูกบาศก์เมตร และค่า pH ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 7.5-8.0 จากผลการลดความชื้นโดยใช้แกลบที่ผ่านการเผาด้วยอุณหภูมิ 800 ^{o}C เป็นเวลา 8 ชั่วโมง และซิลิกาเจล ใช้เวลาในการลดความชื้น 40 นาที พบว่าที่น้ำหนักแกลบ 35 กรัม สามารถลดความชื้นได้ดีที่สุดคิดเป็น 6.03% และที่น้ำหนักซิลิกาเจล 105 กรัม สามารถลดความชื้นได้ดีที่สุดคิดเป็น 0.13% ณ เวลาเดียวกัน แต่เนื่องจากกระบวนการที่ใช้ในการหมักแก๊สชีวภาพเป็นกระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจน จึงจำเป็นต้องมีการป้องกันระบบถังหมักที่อาจจะเกิดการรั่วซึมเพื่อป้องกันในการเกิดแก๊สชีวภาพล้มเหลวได้ นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการดูดความชื้นเพิ่มขึ้น เช่น แคลเซียมออกไซด์ อลูมิเนียมออกไซด์ เป็นต้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลดความชื้นจากแกลบและซิลิกาเจล และศึกษาการเพิ่มค่าความร้อนของแก๊สชีวภาพโดยใช้กระบวนการลดคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ [8]

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2556). **คู่มือการปฏิบัติงานเกี่ยวกับการออกแบบการผลิต การควบคุมคุณภาพและการใช้แก๊สชีวภาพ (Biogas) สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม.** สืบค้นเมื่อ กุมภาพันธ์ 20, 2558, จาก http://www.diw.go.th/km/safety/pdf/biogas_2.pdf.

ชัยธร เกิดลำเจียก. (2552). **การผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลโคหมักร่วมกับสาหร่ายหางกระรอกเพื่อให้เป็นพลังงานเสริมในการอบลดความชื้นแผ่นยางพาราดิบ.** ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

วรพจน์ คำจันลา และรัชพล สันติวรากร. (2553). **การผลิตแก๊สชีวภาพจากกากตะกอนบ่อพักน้ำเสียจากกระบวนการผลิตแป้งมัน.** ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

บุญสม จิตโสภณปัญญา. (2556). **การผลิตแก๊สชีวภาพความชื้นต่ำจากนมโคหมดอายุเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการพาสเจอไรส์นม.** ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

Lehtomaki, A., Huttunen, s. and Rintala, J.A. (2007). **Laboratory investigations on co-digestion of energy crops and crop residues with cow manure for methane production: Effect of crop to manure ratio Resources.** Conservation and Recycling ,Vol.51, pp. 591-609.

Dupont, M., Celestine, B., Nguyen, P.H., Merigoux, J. and Brandon, B. (1994). **Desiccant Solar Air Conditioning in Topicsl Clinates , I-Dynamic Experiment and Numerical Studies of Silica Gel and Actvated Alumina.** Solar Energy, Vol. 52, No. 6, pp. 509-517.

Saito Y. (1993). **Rrgenertion Characteristics of Adsorbent ln The intergraded Desiccant/Collector.** Journal of Solar Energy Engineering, Vol. 115, No. 8, pp. 169-175.

Steven, N., Michelle, A., Jennifer, A., Michael, S. and Olivia, H. (2014). **Increasing biogas production from sewage sluge anaerobic co-digestion process by adding crude glycerol from biodiesel industry.** Waste management, vol. 34, pp.2567-2571.