การผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโคหมักร่วมกับสาหร่ายหางกระรอก

Biogas Production from cow dung with Hydrilla

วีระยุทธ ทองหนู*, รัตนชัย ไพรินทร์[2] และ ศิริชัย เทพา[1]
[1]สายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
[2]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140 E-mail: weerayut_1984@windowslive.com

Weerayut Tongnu* Rattanachai Pairintra Sirichai Thepa
Division of Energy Technology, School of Energy Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi,
126 Pracha-uthit Road, Bangmod, Thung Khru District, Bangkok 10140 Thailand E-mail: weerayut_1984@windowslive.com *

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโคมาหมักร่วมกับสาหร่ายหางกระรอก ทำการทดลองหมักในถังหมักขนาด 3 L การหมักเป็นการเติมวัตถุดิบแบบครั้งเดียว (Batch) ซึ่งปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาคือ ค่า pH, อัตราส่วนและอุณหภูมิการหมัก เพื่อหาเงื่อนไขในการเกิดก๊าซ ซึ่งอัตราส่วนการหมักมูลโคต่อสาหร่างหางกระรอกที่ใช้ในการหมักคือ 1:1, 1:2 และ 1:3 โดยมีการควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 37°C เปรียบเทียบกับการหมักแบบไม่ควบคุมอุณหภูมิ ผลจากการทดลองพบว่า ที่อัตราส่วน 1:3 การหมักแบบควบอุณหภูมิผลิตก๊าซมีเทนได้ 72% ค่า pH เฉลี่ย 7.9 มีการเกิดก๊าซเกิดอย่างต่อเนื่องนาน 25 วัน และการหมักแบบไม่ควบคุมอุณหภูมิซึ่งวัดอุณหภูมิได้เฉลี่ย 34°C ที่อัตราส่วน 1:3 สามารถผลิตก๊าซมีเทนได้ 71% ค่า pH เฉลี่ยอยู่ที่ 7.7 มีการเกิดก๊าซเกิดอย่างต่อเนื่องนาน 29 วัน จากนั้นนำเงื่อนไขหมักแบบไม่ควบคุมอุณหภูมิ ไปใช้เป็นเงื่อนไขในถังหมัก 30 L ซึ่งการหมักเป็นการเติมวัตถุดิบแบบกึ่งต่อเนื่อง (semi-Batch) โดยช่วงการทดลองหมักวัดอุณหภูมิได้เฉลี่ย 35°C ซึ่งสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 10 L/วัน มีปริมาณก๊าซมีเทน 67% และมีค่า pH เฉลี่ย 7.8 ซึ่งก๊าซชีวภาพที่ได้สามารถนำไปทดแทนเชื้อเพลิงไม้ในการอบลดความชื้นแผ่นยางพาราได้ เมื่อเปรียบเทียบก๊าซชีวภาพที่ 1 m^3 ทดแทนการใช้เชื้อเพลิงไม้ฟืนได้ 1.73 kg และกากที่ได้จากการหมักยังสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพได้

คำสำคัญ: ก๊าซมีเทน, ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง, มูลโค
สาหร่ายหางกระรอก

Abstract

The purpose of this research is to study the feasibility of biogas production from mixed cow dung and hydrilla. The experiment was conducted in 3-liter bath digestion tank and the parameters for this study are pH, temperature and ratio of digestion. The ratio of cow dung and hydrilla is set at 1:1, 1:2 and 1:3 and temperature is controlled at 37°C. The results are compared with non-temperature control digestion. The results show that the mixture a 3-liter tank with the digestion ratio of 1:3 and control temperature of 37°C, having average of pH of 7.9 and yields 72% methane gas for 25 day duration. For non-temperature controlled digestion at average temperature of 34°C with average pH at 7.7, it yields 71% methane gas for 29 day duration. Use the non-temperature controlled digestion is condition to digest in a 30-liter semi-continuous digestion tank, average temperature of 35°C, having the average pH of 7.8, yields 10-liter per day with 67% methane gas. Those gases can be used as an additive fuel in rubber sheet drying process. Average production of biogas 1 m^3 replaces 1.73 kg of wood fuel and providing dreg from digestion with can be used as organic fertilizer.

key words : cow dung, Hydrilla, methane, pH

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมซึ่งมีการทำการเพาะปลูกอยู่ทั่วทุกภูมิภาคอย่างเช่น ในภาคใต้ของประเทศไทยเกษตรกรนิยมปลูกยางพาราเป็นส่วนใหญ่โดยมีพื้นที่เพาะปลูกรวม 1,912,899 ไร่ [1] ซึ่งในการเพาะปลูกจำเป็นต้องใช้น้ำจากห้วย หนอง คลอง บึงในพื้นที่มารดต้นยางพาราที่เพาะปลูกไว้ ซึ่งแหล่งน้ำเหล่านั้นมีสาหร่ายหางกระรอกที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วเป็นขัดขวางทางไหลของน้ำ และเมื่อมีการสูบน้ำขึ้นมาใช้เป็นสาเหตุที่ทำให้ท่อสูบน้ำอุดตัน ดังนั้นเกษตรกรจึงทำการกำจัดสาหร่ายหางกระรอกเพื่อไม่ให้เกิดผลดังกล่าว นอกจากนี้เกษตรกรนิยมเลี้ยงโคเป็นอาชีพเสริมซึ่งทำรายได้ให้กับเกษตรกรปีละไม่น้อย ซึ่งจากรายงานของกรมปศุสัตว์ ปี 2551 พบว่าประเทศไทยมีปริมาณการเลี้ยงโคโดยรวมประมาณ 9,112,093 ตัว [2] โคที่มีน้ำหนักตัว 250 kg สามารถถ่ายมูลออกมาได้ 11 kg/วัน และเมื่อคิดปริมาณมูลโคจากจำนวนโคทั้งหมดได้ประมาณ 100,234 ตัน/วัน ซึ่งเห็นได้ว่ามีมูลโคอยู่ในปริมาณที่สูงโดยมูลโคเหล่านี้ส่งกลิ่นเหม็นอีกทั้งเป็นแหล่งเชื้อโรคและเมื่อมีการย่อยสลายก็กลายเป็นก๊าซมีเทนที่ส่งผลต่อปรากฏการเรื่อนกระจกมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซถึง 24 เท่า [3] ดังนั้นจำเป็นต้องมีการกำจัดมูลโคทิ้งโดยนำเอามูลโคมาหมักเป็นก๊าซชีวภาพซึ่งก๊าซชีวภาพที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ ซึ่งจากปริมาณมูลโคดังกล่าวเป็นแหล่งที่สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้เป็นอย่างดี จากงานวิจัยพบว่ามูลโคมีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพมากสุดถึง 822 ล้านลูกบาศก์เมตร และกากที่ได้จากการหมักยังสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพได้เนื่องจากมีแร่ธาตุไนโตรเจน ซึ่งอยู่ในรูปของแอมโมเนียที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

ซึ่งงานวิจัยที่ผ่านมาของหลายๆ ผู้วิจัยที่ได้ทำการทดลองการผลิตก๊าซชีวภาพจากวัตถุดิบชนิดต่างๆ และรูปแบบลักษณะของถังหมักที่ใช้กัน จากการวิจัยทดลองผลิตก๊าซชีวภาพจากผักตบชวาในขวดหมักขนาด 9 L โดยใช้หลักการการเก็บก๊าซด้วยวิธีแทนที่ด้วยน้ำ ซึ่งการหมักมีการเติมวัตถุดิบแบบครั้งเดียว โดยใช้เวลาในการศึกษา 30 วัน ผลที่ได้พบว่าเกิดก๊าซชีวภาพเฉลี่ย 2.26 L/day และยังได้สรุปเพิ่มเติมได้ว่า ถังหมักที่ใช้ผักตบชวาเป็นวัตถุดิบจะมีขนาดใหญ่กว่าถังที่ใช้มูลสัตว์ประมาณ 4.2 เท่า และต้องใช้ผักตบชวามากกว่ามูลสัตว์ประมาณ 17 เท่า โดยเสริมพล รัตนสุข [4] จากการได้ค้นคว้าและพัฒนาต้นแบบผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหาร ซึ่งได้นำเศษอาหารในปริมาณ 5 Ton/day มาผลิตก๊าซมีเทน โดยใช้กระบวนการหมักซึ่งได้ออกแบบถังหมักขนาด 60 L ที่อัตราการสูบน้ำเสียเข้าถัง 42 L/day และใช้ระยะเวลาเก็บกัก 1.5 day ในการทดลองสามารถผลิตก๊าซมีเทนได้ในอัตรา 50-60 L/day ที่ก๊าซมีเทน 70-80% และน้ำเสียที่ผ่านการผลิตก๊าซแล้วจะมีสารอินทรีย์ลดลงถึง 90-98% โดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย [5] ในการศึกษาวิจัยถังหมักเพื่อเปลี่ยนสารอินทรีย์ ให้กลายเป็นก๊าซชีวภาพที่สามารถจุดติดไฟได้ ตัวระบบประกอบด้วย 2 ถัง ได้แก่ ถังสำหรับทำปฏิกิริยา และถังเก็บก๊าซ กระบวนการเกิดก๊าซของถังหมักเลียนแบบการทำงานของกระเพาะอาหารของมนุษย์กล่าวคือ มีการกินอาหารลงไปแล้วกระเพาะจะมีการบีบตัวให้อาหารที่กินลงไปเกิดการย่อยสลายได้ก๊าซแล้วปล่อยก๊าซด้วยการผายลม อาหารส่วนที่ไม่หมดก็จะกลายเป็นกากออกมาเป็นอุจจาระ แต่กรณีของถังหมักอาหารในถังผสมกันด้วยใบกวน ผายลมมาใส่ถังเก็บไว้ใช้ และกากที่ถ่ายออกมาใช้เป็นปุ๋ยน้ำถังขนาด 200 L จะรับอาหารได้ไม่เกิน 10 kg จะได้ก๊าซชีวภาพ CH_4 55% ประมาณ 60 L/day โดยบุญมา ป้านประดิษฐ์ [6]

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำของเสียจากการเกษตรมาทำให้เกิดประโยชน์โดยการหมักก๊าซชีวภาพจากมูลโคซึ่งหมักร่วมกับสาหร่ายหางกระรอก เพื่อศึกษาถึงกระบวนการเกิดก๊าซและปริมาณของก๊าซชีวภาพที่ผลิตจากระบบการหมักก๊าซชีวภาพแบบไม่ใช้อากาศ โดยเริ่มศึกษาจากการหมักในถังหมักขนาดเล็ก จากนั้นจะขยายถังหมักให้มีขนาดใกล้เคียงกับการใช้งานจริงและนำก๊าซชีวภาพที่ได้มาใช้เป็นพลังงานเสริมในการอบลดความชื้นแผ่นยางพาราในตอนกลางคืน

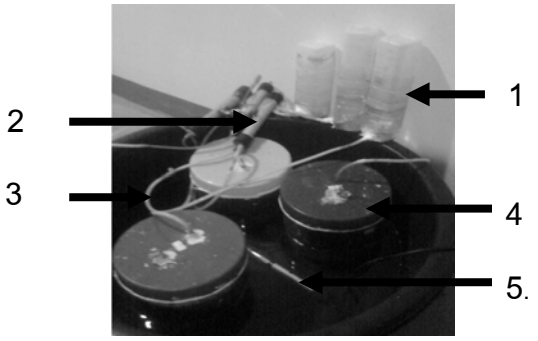
2. วัสดุ อุปกรณ์.และ การทดลอง

2.1. วัสดุ

วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการศึกการผลิตก๊าซชีวภาพคือ มูลโคและสาหร่ายหางกระรอก

2.2. อุปกรณ์การทดลอง

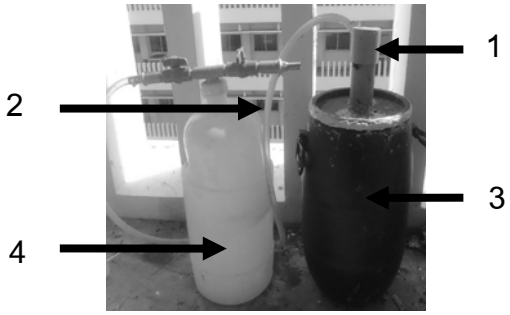
2.2.1 ชุดถังหมักขนาด 3 L เป็นการหมักเพื่อหาเงื่อนไขในการเกิดก๊าซ ของมูลโคที่หมักร่วมกับสาหร่ายหางกระรอกโดยมีการออกแบบที่ง่ายต่อการใช้งานระบบไม่ยุ่งยากซับซ้อนซึ่งใช้หลักการการเก็บก๊าซด้วยวิธีแทนที่ด้วยน้ำและสามารถตรวจสอบปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพในแต่ละวันได้โดยง่ายซึ่งมีรายละเอียด แสดงไว้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การหมักทดสอบในถังหมัก 3 ลิตร

1. ขวดพลาสติกทรงสี่เหลี่ยม ขนาด 310 mL ใช้เก็บก๊าซชีวภาพ (Biogas) โดยแทนที่น้ำ
2. หลอดPVCเก็บตัวอย่างก๊าซใช้ฉีด GC
3. สายยางซิลิโคนใช้เป็นท่อทางเดินของก๊าซไปยังที่เก็บก๊าซ
4. ขวดพลาสติกขนาด 3 ลิตร ใช้เป็นถังหมัก
5. Heater ที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 37°C (ปรับอุณหภูมิในถังน้ำที่แช่ถังหมักขนาด 3 ลิตรไว้)

2.2.2 ถังหมักขนาด 30 L เป็นการหมักเพื่อทดลองการทำงานของเครื่องผลิตก๊าซชีวภาพและเพิ่มปริมาณการเกิดก๊าซ โดยมีรูปแบบการหมักเป็นการเติมวัตถุดิบแบบกึ่งต่อเนื่องซึ่งเป็นชุดถังหมักที่ได้ทำการออกแบบโดยใช้หลักการการเก็บก๊าซด้วยวิธีแทนที่น้ำเนื่องจากว่าเป็นระบบการหมักที่เล็กถังหมักสามารถสร้างขึ้นเองได้ง่ายไม่มีความซับซ้อนและอุปกรณ์ที่ใช้มีราคาถูก [6] ซึ่งมีรายละเอียดแสดงไว้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ถังหมักก๊าซชีวภาพขนาด 30 ลิตร

1. ช่องทางเติมมูลโคและสาหร่าย
2. สายยางใช้เป็นทางเดินของก๊าซไปยังที่เก็บก๊าซ
3. ถังพลาสติกขนาด 30 ลิตร
4. ถังเก็บก๊าซแบบยกลอย ขนาด 10 ลิตร

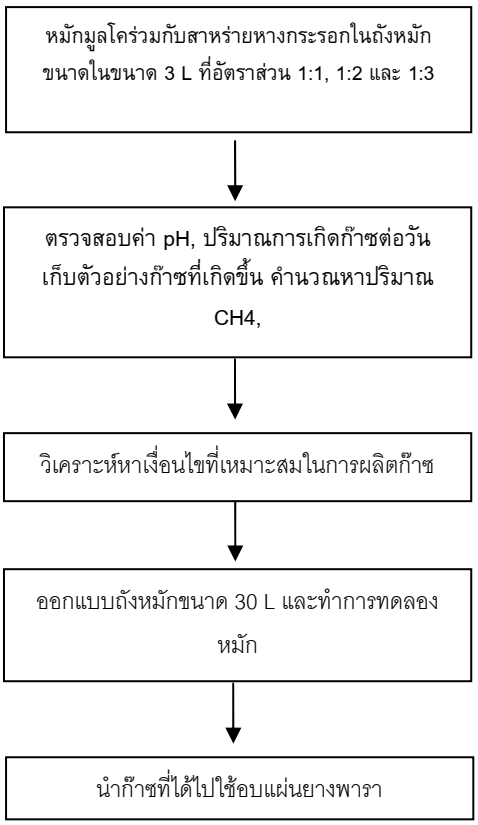
2.2.3. เครื่อง pH meter ใช้ในการวัด pH ในขณะการหมัก

2.2.4. เครื่องก๊าซโครโมโตกราฟีใช้ในการตรวจสอบปริมาณมีเทนในก๊าซชีวภาพ

2.2.5. Thermometer .ใช้วัดอุณหภูมิในการหมักหมัก

2.3. วิธีการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ได้มีขั้นตอนการทดลองดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ขั้นตอนการทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยทดลองหมักจากถังขนาด 3 L การหมักเป็นการเติมแบบครั้งเดียว มีการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างควบคุมอุณหภูมิและไม่ควบคุมอุณหภูมิแล้วนำผลที่ดีที่สุดไปขยายถังหมักเป็น 30 L การหมักเป็นการเติมแบบกึ่งต่อเนื่องเพื่อเพิ่มปริมาณการเกิดก๊าซ

2.3.1 การทดลองหมักมูลโคที่หมักร่วมกับสาหร่ายหางกระรอกระดับห้องปฏิบัติการในถังขนาด 3 L

ขั้นตอนในการทดลองใช้วัตถุดิบในหมักก๊าซชีวภาพ (Biogas) ได้แก่ มูลโคและสาร่ายหางกระรอกมีอัตราส่วนมูลโคต่อสาหร่ายในการหมัก 1:1, 1:2 และ 1:3 การหมักเป็นการเติมแบบครั้งเดียว [7] มีปริมาตรในการหมัก 2.8 L มีการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 37 °C และไม่ควบคุมอุณหภูมิ มีการวัดปริมาณก๊าซชีวภาพ แล้วมีการบันทึกค่าตลอดระยะเวลาการทดลองหมักพร้อมทั้งนำก๊าซตัวอย่างไปวิเคราะห์ปริมาณมีเทนด้วยเครื่อง Gas Chromatography เพื่อเป็นข้อมูลเปรียบเทียบในการวิเคราะห์หาปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพ (ต่อหน่วยต่อวัน) ค่า pH และ ค่าปริมาณมีเทนที่ดีที่สุดไปขยายถังหมักให้มีขนาด 30 L

2.3.2 การทดลองหมักมูลโคที่หมักร่วมกับสาหร่ายหางกระรอกในถังขนาด 30 L

ขั้นตอนในการทดลองใช้วัตถุดิบชนิดเดียวกับที่ได้ผลจากการทดลองที่ 1 มาใช้กับถังหมักขนาด 30 L การหมักเป็นการเติมแบบกึ่งต่อเนื่อง โดยมีการเติมมูลโค 1 kg สาหร่ายหางกระรอก 3 kg ทุกๆ 7 วัน[8] หลังจากก๊าซชีวภาพสามารถจุดติดไฟแล้ว ซึ่งพารามิเตอร์ ที่ต้องการศึกษาในชุดถังหมักที่ 2 คือ ปริมาณก๊าซชีวภาพ ค่า pH, ปริมาณมีเทน ซึ่งมีการวัดปริมาณก๊าซชีวภาพและมีการบันทึกค่าตลอดระยะเวลาการทดลองหมักพร้อมทั้งนำก๊าซตัวอย่างไปวิเคราะห์ปริมาณมีเทนด้วยเครื่อง Gas Chromatography

2.4 การตรวจวัดปริมาณก๊าซมีเทน ค่า pH และ อุณหภูมิในการหมัก

นำตัวอย่างก๊าซที่ได้จากหลอด PVC ที่ใช้เก็บก๊าซมาฉีดเข้าเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟีเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ, มีการวัดค่า pH โดยใช้ เครื่อง pH meter และ วัดอุณหภูมิถังหมักใช้แท่ง Thermometer

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณก๊าซมีเทนและระยะเวลาเกิดก๊าซอย่างต่อเนื่องจากถังหมักขนาด 3 L แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณก๊าซชีวภาพ ค่า pH และปริมาณมีเทนในถังหมัก 3L มีการควบคุมอุณหภูมิที่ 37°C และที่สภาพแวดล้อมปกติ

อัตราส่วนมูลโคต่อสาหร่าย	ควบคุมอุณหภูมิ (37°C)				สภาพอุณหภูมิแวดล้อมปกติ เฉลี่ย34°C			
	ปริมาณก๊าซชีวภาพเฉลี่ย/วัน (L)	pH เฉลี่ย	ปริมาณมีเทน (%)	ระยะเกิดก๊าซชีวภาพ (วัน)	ปริมาณก๊าซชีวภาพเฉลี่ย/วัน (L)	pH เฉลี่ย	ปริมาณมีเทน (%)	ระยะเกิดก๊าซชีวภาพ (วัน)
1:1	0.42	7.5	63	20	0.33	7.4	60	25
1:2	0.56	7.7	67	23	0.49	7.5	64	26
1:3	0.60	7.9	72	25	0.52	7.7	71	29

3.1 ผลของอุณหภูมิต่อการหมักก๊าซชีวภาพ

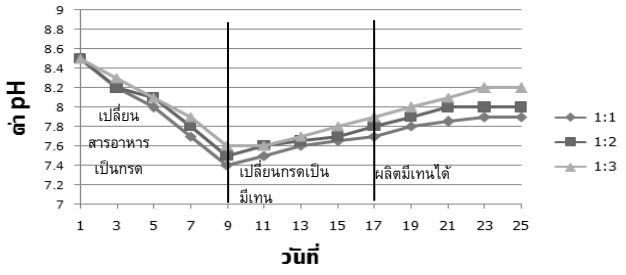
จากผลการทดลองหมักก๊าซชีวภาพในถังขนาด 3 L มีระยะเวลาในการทดลอง 45 วัน ผลการทดลองหมักก๊าซชีวภาพในถังขนาด 3 L จากตารางที่ 4.1 พบว่าการหมักที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 37°C มีอุณหภูมิสูงกว่าการหมักที่สภาพอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมปกติ (เฉลี่ยอยู่ที่ 34°C) ซึ่งการหมักที่อุณหภูมิสูงมีผลช่วยทำให้จุลินทรีย์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือสามารถย่อยสลายวัตถุดิบได้รวดเร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งส่งผลให้การหมักที่ควบคุมอุณหภูมิสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้รวดเร็วขึ้น [9] ทำให้ช่วงระยะเวลาการเกิดก๊าซสั้นกว่าการหมักที่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณก๊าซชีวภาพโดยเฉลี่ยต่อวัน พบว่าการหมักที่มีการควบคุมอุณหภูมิมีปริมาณก๊าซชีวภาพที่สูงกว่าการหมักที่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมปกติคิดเป็น 13.33%

3.2 ผลของอัตราส่วนต่อการหมักก๊าซชีวภาพ

ผลจากการทดลองในถังหมักขนาด 3 L พบว่าที่อัตราส่วนของมูลโคต่อสาหร่ายหางกระรอกที่ 1:3 ทั้งการหมักแบบควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 37°C และการหมักที่สภาพอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมปกติ สามารถผลิตก๊าซชีวภาพและก๊าซมีเทนได้สูงกว่าอัตราส่วนมูลโคต่อสาหร่ายหางกระรอกที่ 1:1 และ1:2 เนื่องจากที่อัตราส่วน 1:3 มีส่วนผสมของสาหร่ายหางกระรอก 3 ส่วน ซึ่งในสาหร่ายหางกระรอกมีสารอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน เป็นแหล่งอาหารอย่างดีให้กับเชื้อจุลินทรีย์[10] ทำอัตราส่วน 1:3 ซึ่งมีส่วนผสมของสาหร่ายหางกระรอกมากว่าอัตราส่วนอื่น สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ดีกว่า

3.3 ผลของค่า pH ที่มีต่อการหมักก๊าซชีวภาพ

ผลจากการวัดค่า pH พบว่า การหมักแบบควบคุมอุณหภูมิและการหมักแบบสภาพอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมปกติที่อัตราส่วน 1:3 มีค่า pH สูงกว่าอัตราส่วนอื่นๆ โดยอยู่ในช่วง 7.9-8.2 และ 7.8-8 ซึ่งเป็นผลมาจากการย่อยสลายของสาหร่ายหางกระรอกที่อยู่ในระบบ ซึ่งเป็นตัวช่วยปรับค่า pH ให้สูงขึ้นได้เป็นอย่างดี ซึ่งค่า pH ที่อยู่ในช่วงดังกล่าวสามารถผลิตก๊าซมีเทน [11]ได้ดีโดยสามารถการสังเกตได้จากสีของเปลวไฟในการจุดติดไฟและการนำก๊าซตัวอย่างไปตรวจสอบ ทั้งนี้ระบบการหมักที่มีค่า pH สูงๆ ทำให้เชื้อจุลินทรีย์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นผลให้ที่อัตราส่วนดังกล่าวมีปริมาณก๊าซมีเทนสูงกว่าอัตราส่วนอื่นๆ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ค่า pH การหมักแบบควบคุมอุณหภูมิ

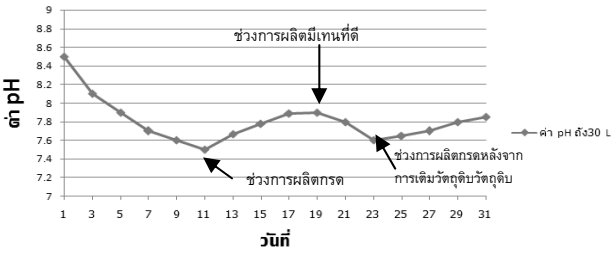
จากรูปที่ 4 พบว่าในระบบการหมักช่วงแรกมีค่า pH ลดลงเนื่องจากว่าเป็นการทำงานของจุลินทรีย์ Acetogenic bactetria ทำการย่อยสลายพวกสารอาหารในวัตถุดิบให้อยู่ในรูปของกรด เช่น กรดไขมัน กรดระเหยง่ายและหลังจากนั้นจุลินทรีย์กลุ่ม Homoacetogenic bacteria ทำการเปลี่ยนกรดไขมัน กรดระเหยง่ายให้เป็นกรดอะซิติก ซึ่งก๊าซชีวภาพที่เกิดในช่วงแรกไม่สามารถจุดติดไฟได้เนื่องจากในก๊าซชีวภาพมีปริมาณก๊าซมีเทนน้อย และมีส่วนผสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณที่สูง จากนั้นในช่วงที่ 2 จุลินทรีย์กลุ่ม Methanogenic bacteria ได้ทำหน้าที่เปลี่ยนกรดอะซิติกให้เป็นก๊าซมีเทน เมื่อค่า pH เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเป็นช่วงที่จุลินทรีย์ที่ผลิตก๊าซมีเทนสามารถผลิตก๊าซมีเทนในปริมาณที่เข้มข้นขึ้น ดังนั้น ก๊าซชีวภาพจึงสามารถจุดติดไฟได้ (CH_4 > 55%) และในช่วงที่ 3 เป็นช่วงค่า pH ที่สูงขึ้นทำให้จุลินทรีย์ที่ผลิตก๊าซมีเทนทำงานได้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นซึ่งในงานวิจัยนี้ค่า pH ที่อยู่ในช่วง 7.9-8.2 เป็นช่วงที่สามารถผลิตก๊าซมีเทนในปริมาณที่สูง

3.4 ผลจากหมักในถังขนาด 30 L

การหมักในถังขนาด 30 L ได้ใช้อัตราส่วน 1:3 แบบไม่มีการควบคุมอุณหภูมิมาใช้ในการหมัก เนื่องจากได้พิจารณาความคุ้มค่าทางด้านพลังงาน ผลที่ได้จากการวันอุณหภูมิในการหมักเฉลี่ย 35°C และ ค่า pH อยู่ในช่วง 7.8-7.9 ซึ่งสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 10 L/วัน โดยปริมาณก๊าซมีเทน 67%

การหมักในถังขนาด 30 L ได้เลือกการหมักของมูลโคร่วมกับสาหร่ายที่อัตราส่วน1:3 โดยมีการทดลองที่สภาพอุณหภูมิแวดล้อมปกติมาใช้เป็นเงื่อนไขในการหมัก เนื่องจากได้พิจารณาจากหลักความคุ้มค่าทางด้านพลังงาน ซึ่งการหมักมีการเติมวัตถุดิบแบบกึ่งต่อเนื่อง โดยใช้ส่วนผสมมูลโค 250 g สาหร่ายหางกระรอก 750 g และใช้น้ำ 900 ml ผสมกับน้ำหมักเชื้อก๊าซชีวภาพ 900 ml เติมทุกๆ 7 วัน จากการตรวจวัดอุณหภูมิ ค่า pH และปริมาณมีเทน ในช่วงสัปดาห์แรกหลังจากเดินระบบการหมักแล้ว พบว่าถังหมักก๊าซชีวภาพขนาด 30 L สามารถเกิดก๊าซได้อย่างต่อเนื่องไม่มีการรั่วซึมของชุดถังหมัก

ผลจากการตรวจวัดพบว่า อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมในการหมักเฉลี่ยอยู่ที่ 35°C และ ค่า pH อยู่ในช่วง 7.8-7.9 เป็นช่วงที่ระบบนี้สามารถผลิตก๊าซมีเทนได้ดี ซึ่งค่า pH ของการหมักในขนาดถัง 30 L แสดงดังรูปที่ 5

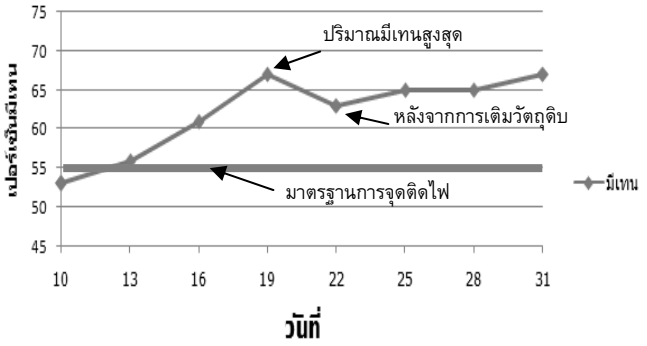


รูปที่ 5. ค่าpH ของการหมักในขนาดถัง 30 L

จากรูปที่ 5 พบว่าในช่วงแรกของระบบการหมักมีการลดลงของค่า pH อย่างต่อเนื่องซึ่งเกิดจากการย่อยสลายวัตถุดิบของจุลินทรีย์แล้วหลังจากนั้นค่า pH ค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นเนื่องจนถึงอยู่ในสภาวะคงด้วยเหตุผลที่กล่าวไว้ขั้นต้นดังในรูปที่ 4 และหลังจากนั้นซึ่งสังเกตได้ว่าค่า pH มีการลดลงอีกครั้ง ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องจากได้มีการเติมวัตถุดิบลงไปในระบบเพื่อเป็นการเพิ่มอาหารให้กับจุลินทรีย์จากนั้นค่า pH เริ่มปรับตัวสูงขึ้นจนอยู่ในสภาวะที่ผลิตก๊าซมีเทนได้ดีอีกครั้ง

ผลจากการนำก๊าซชีวภาพตัวอย่างจากถังเก็บก๊าซขนาด 10 L ไปตรวจสอบหาปริมาณก๊าซมีเทนด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟี พบว่าก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้มีปริมาณก๊าซมีเทนผสมอยู่ 67% ส่วนที่เหลือเป็น

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซอื่น ซึ่งปริมาณการเกิดก๊าซมีเทนของถังหมักขนาด 30 L แสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ปริมาณการเกิดก๊าซมีเทนของถังหมักขนาด 30 L

จากรูปที่ 6 พบว่าในช่วงแรกระบบมีการผลิตก๊าซมีเทนอยู่ในปริมาณต่ำกว่ามาตรฐานการจุดติดไฟเนื่องจากในช่วงนี้จุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตมีเทนเริ่มเปลี่ยนกรดให้เป็นก๊าซมีเทน จากนั้นเมื่อจุลนทรีย์สามารถเปลี่ยนกรดเป็นก๊าซมีเทนได้สมบูรณ์ ทำให้ปริมาณก๊าซมีเทนเพิ่มสูงขึ้นกว่ามาตรฐานการจุดติดไฟ ซึ่งเป็นการบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของก๊าซชีวภาพที่ทดลองได้ จากนั้นประมาณหลังวันที่ 19 ปริมาณก๊าซมีเทนเริ่มลดลง เนื่องจากมีการเติมวัตถุดิบลงไปในระบบ ซึ่งในช่วงที่มีการเติมวัตถุดิบ จุลินทรีย์กลุ่มที่ทำหน้าย่อยสลายวัตถุดิบเริ่มย่อยสลายวัตถุดิบที่เติมลงไป ซึ่งในช่วงนี้ จุลินทรีย์จะผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณที่สูง ทำให้ปริมาณก๊าซมีเทนเจือจาง

4. การนำก๊าซชีวภาพไปใช้เป็นพลังงาน

ในงานวิจัยชิ้นนี้ได้มีการผลิตก๊าซชีวภาพที่ได้จากถังหมักขนาด 30 L มีการเกิดปริมาณก๊าซชีวภาพ 10 L/วัน มีปริมาณมีเทน 67% ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นพลังงานเสริมในการอบลดความชื้นแผ่นยางพาราในตอนกลางคืน การนำก๊าซชีวภาพไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการอบแผ่นยางพาราแทนไม้ฟืนมีข้อดีคือ มีการเผาไหม้ที่ดีและสะอาดกว่าไม้ฟืน แผ่นยางพาราที่ได้จากการอบมีลักษณะสีที่สวยกว่า เนื่องไม่มีคราบเขม่าที่เหลือจากการเผาไหม้ เมื่อเปรียบเทียบก๊าซชีวภาพ 1 m^3 มีค่าความร้อนเทียบเท่า ไม้ฟืน 1.73 kg และสามารถช่วยประหยัดเงินค่าไม้ฟืนได้ 2.5 บาท/ตัน [12] ซึ่งในการหมักก๊าซชีวภาพนอกจากจะได้ก๊าซมาเป็นพลังงานทดแทนแล้วยังสามารถช่วยกำจัดของเสียจากการเกษตรได้โดยสามารถลดการปล่อยก๊าซมีเทนที่มีผลต่อปรากฏการเรือนกระจกมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซถึง 24 เท่า และกากที่ได้จากการหมักยังสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพได้

5. สรุปการวิจัย

ปริมาณก๊าซมีเทนที่ได้จากมูลโคหมักร่วมกับสาหร่ายหางกระรอกที่อัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 1:3 แบบไม่ควบคุมอุณหภูมิมีค่า 60%, 64% และ 71% และแบบควบคุมอุณหภูมิมีค่า 63%, 67% และ 72% ตามลำดับ การหมักที่อัตราส่วน 1:3 แบบควบคุมอุณหภูมิที่ 37°C ค่า pH เฉลี่ยอยู่ที่ 7.9 มีปริมาณก๊าซมีเทนสูงสุดคือ 72% เนื่องจากอัตราส่วนนี้มีส่วนผสมของสาหร่ายหางกระรอก 3 ส่วน ซึ่งสาหร่ายหางกระรอกมีสารอาหารจำพวก คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน ซึ่งเป็นอาหารให้กับเชื้อจุลินทรีย์ได้เป็นอย่างดี และในระบบมีค่า pH อยู่ในช่วงที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับการหมักในถังขนาด 30 L ใช้อัตราส่วน 1:3 ที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิซึ่งในช่วงที่มีการทดลอง อุณหภูมิในการหมักเฉลี่ย 35°C ผลที่ได้คือสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 10 L ต่อวัน มีปริมาณก๊าซมีเทน 67% และเมื่อพิจารณาจากผลการทดลองแล้วปัจจัยหลักที่มีผลต่อปริมาณการเกิดก๊าซมีเทนคือ ค่า pH เนื่องจากค่า pH ที่สูงขึ้นส่งผลให้ปริมาณก๊าซมีเทนสูงขึ้นเช่นกัน และก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้นั้นสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการอบแผ่นยางพาราแทนไม้ฟืนได้ซึ่งมีข้อดีคือมีการเผาไหม้ที่ดีและสะอาดกว่าไม้ฟืน แผ่นยางพาราที่ได้จากการอบมีลักษณะสีที่สวยกว่า เนื่องไม่มีคราบเขม่าที่เหลือจากการเผาไหม้

6. ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการเพิ่มอัตราส่วนผสมระหว่างมูลโคกับสาหร่าย เช่น 1:4, 1:5, 2:1, 3:1 และ 4:1 เพื่อศึกษาปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้น
2. ก่อนที่จะทำการหมักควรทำให้วัตถุดิบมีขนาดเล็ก เพื่อช่วยให้จุลินทรีย์ทำการย่อยวัตถุดิบได้ดีขึ้น
3. ควรมีการปรับค่า pH ในช่วงที่มีค่าต่ำให้สูงขึ้น เพื่อศึกษาผลของปริมาณก๊าซมีเทน
4. ควรใช้น้ำสบู่ในการตรวจเช็คถังหมักในกรณีที่ชุดถังหมักมีการเกิดรอยรั่วและต้องทำการซ่อมแซมจากนั้นเดินระบบต่อ
5. ควรมีการตรวจวัดค่า COD และ BOD เพื่อเป็นการตรวจสอบประสิทธิภาพการเกิดก๊าซชีวภาพของระบบการหมัก คือ ระบบที่มีค่า COD และ BOD สูง แสดงว่าสารอินทรีย์มีการย่อยสลายไม่ดี

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุที่ให้ทุนในการสนับสนุนงานวิจัยนี้ คุณ จงกล พูลทวี Lab Biogas และสมาชิก Lab Lipid คณะทรัพยากรชีวภาพ มหาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เป็นอย่างสูง ที่ได้ให้ความรู้และคำแนะนำในงานวิจัยนี้จนประสบผลสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

1. กรมปศุสัตว์, **ข้อมูลจำนวนปศุสัตว์ในประเทศไทยปี 2551** [Online],Available : www.dld.go.th/ict/stat_web/yearly/yearly51/stock51.html [17 พ.ค. 2552]
2. กรมควบคุมมลพิษ, **การจัดการน้ำเสียชุมชน** [Online],Available: www.pcd.go.th/info_serv/water_marine.html(2552) [15 พ.ค.2552]
3. วรรณนา ภานุวัฒน์สุข การผลิตก๊าซชีวภาพสำหรับชุมชน, วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยรามคำแหง ฉบับพิเศษ ปีที่8 หน้า 1-24.,2548
4. เสริมพล รัตนสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์, การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชน, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.2524,
5. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.), ได้ค้นคว้าและพัฒนา ต้นแบบผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหาร ไม่ปรากฏวันเดือนปีที่ตีพิมพ์

6. บุญมา ป้านประดิษฐ์, ถังหมักมหัศจรรย์เปลี่ยนขยะเป็นก๊าซชีวภาพ, พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์เกษตรกรรมธรรมชาติ, พิมพ์บริษัท ออฟเซ็ท ครีเอชั่น จำกัด, หน้า 1-75., 2550
7. มรกต ตันติเจริญ และคณะ, การผลิตจากสาหร่ายหรือใบสนผสมกับมูลวัว, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี., 2547
8. ชัยณรงค์ ธรรมกูล, การพัฒนาเครื่องฟักไข่โดยใช้ถังหมักก๊าซชีวภาพร่วมกับเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ,หน้า 11-14., 2551
9. Boe, K., Karakashev, D., Trably, E. and Angelidaki, I., “Effect of Post-Digestion Temperature on Serial CSTR Biogas Reactor Performance”, Water Research, Vol. 43, No. 3, pp. 669-676., 2008,
10. Boe, K. and Angelidaki, I., “Serial CSTR Digester Configuration for Improving Biogas Production from Manure”, Water Research, Vol. 43, N0. 1, pp. 166-172., 2008
11. Yunqin, L., Dehan, W., Shaoquan, W. and Chunmin, W., “Alkali Pretreatment Enhances Bio Gas Production in the Anaaerobic Digestion of Pulp Sludge” Journal of Renewable Energy, Vol. 1, No. 2, pp. 366-373, 20098.
12. ฤกษ์ฤทธิ์ เคนหาราช, การผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียโรงเลี้ยงสัตว์, วารสาร ส่วนยุทธศาสตร์ นโยบายและแผนพลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, หน้า 1-6., 2548