การเพิ่มประสิทธิภาพการเกิดก๊าซชีวภาพจากกระบวนการหมักผักตบชวาและมูลวัว โดยใช้มันสำปะหลังเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

Increasing Efficiency of Biogas Production from Water Hyacinth and Cattle Dung with Cassava as an Activator

อัญชณา อุประกูล*, นงนุช ศรีเล็ก, สิทธิกฤต เหล็กพูล และ มิ่งขวัญ สมพฤกษ์

Unchana Auprakul*, Nongnoot Srilek, Sithikrit Lekpool and Mingkwan Somphruek

สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

*Email: unchanay@hotmail.com

Received: August 02, 2020; August 30, 2020; Accepted: September 15, 2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการเกิดก๊าซชีวภาพจากกระบวนการหมักผักตบชวาและมูลวัว โดยใช้มันสำปะหลังเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพอยู่ที่ อัตราส่วนของผักตบชวา : มูลวัว : มันสำปะหลัง 60:40:2 โดยน้ำหนัก จากการทดสอบการหมักในถังกวนแบบต่อเนื่องขนาด 200 ลิตรของการหมักก๊าซชีวภาพจากผักตบชวาและมูลวัว พบว่าก๊าซชีวภาพเริ่มผลิตในวันที่ 8 ซึ่งมีปริมาณก๊าซชีวภาพเฉลี่ยสะสมต่อวันที่ 511.28$\pm$1.29 cm^3/วัน และปริมาณก๊าซมีเทนเฉลี่ยสะสมต่อวันอยู่ที่ 31.07$\pm$0.10 %v/v ภายใต้สภาวะที่ไม่เติมมันสำปะหลัง ในขณะที่การหมักโดยเติมมันสำปะหลังสูงสุดที่ 2.0% โดยน้ำหนัก พบว่าก๊าซชีวภาพเริ่มผลิตในวันที่ 5 ซึ่งได้ปริมาณก๊าซชีวภาพเฉลี่ยสะสมต่อวันสูงสุด และปริมาณก๊าซมีเทนเฉลี่ยสะสมต่อวันสูงสุดที่ 1,782.26$\pm$0.64 cm^3/วัน และ 50.17$\pm$0.02%v/v ตามลำดับ โดยปริมาณก๊าซชีวภาพสูงสุดเกิดขึ้นในช่วงวันที่ 12-14 ซึ่งให้ปริมาณก๊าซชีวภาพสูงสุดคงที่ที่ 2,334.6 cm^3 การเติมมันสำปะหลังทำให้ย่นระยะเวลาการเกิดก๊าซชีวภาพจากเดิม 8 วัน เหลือเพียง 5 วัน และปริมาณก๊าซที่เกิดมีปริมาณสูงกว่าการหมักโดยไม่เติมมันสำปะหลังถึง 2 เท่า ซึ่งมันสำปะหลังที่เติมนี้ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพทั้งในด้านของระยะเวลาและปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น

คำสำคัญ: ก๊าซชีวภาพ, ผักตบชวา, มันสำปะหลัง

Abstract

This research studied the increasing efficiency of biogas production from water hyacinth and cattle dung with cassava as an activator. The appropriate condition for biogas production is at mass ratio 60:40:2 of water hyacinth: cattle dung: cassava. The biogas was produced by leaving water hyacinth and cattle dung to ferment using 200 liters of continuous stirring tank. The experimental results found that biogas was initially released on the 8th day of fermentation with accumulative average volume at 511.28$\pm$1.29 cm^3/day and accumulative average volume of methane at 31.07$\pm$0.10 %v/v with no cassava added. Meanwhile, the fermentation with cassava added at 2.0%wt offered biogas on the 5th day with accumulative average volume

of biogas and methane at 1,782.26±0.64 cm^3/day and 50.17±0.02 %v/v, respectively. In addition, the maximum volume of 2,334.6 cm^3 was obtained on the 12^{th} – 14^{th} day. The results shows that adding cassava can reduce biogas release time from 8 days to 5 days; moreover, it gives double amount of biogas compared to fermentation with no cassava. Therefore, cassava is the effective activator for biogas production in terms of both fermentation period and gas volume.

Keywords: Biogas, Water hyacinth, Cassava

1. บทนำ

จากปริมาณการใช้พลังงานที่มากขึ้นเนื่องจากการเติบโตของชุมชน และการพัฒนาอุตสาหกรรม ทำให้เกิดการหาแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยีพลังงาน การอนุรักษ์พลังงาน รวมถึงการหาพลังงานทดแทนเพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

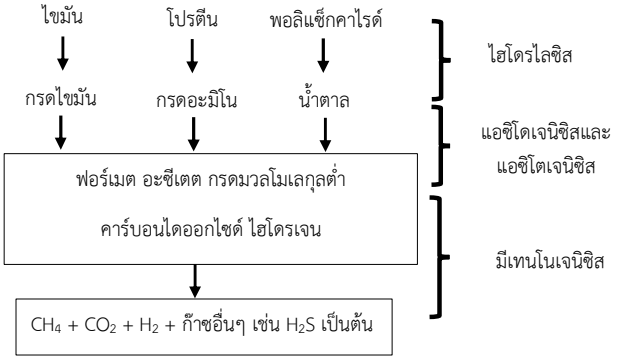
พลังงานทดแทนที่ถูกนำมาเป็นพลังงานทางเลือกมีหลายรูปแบบได้แก่ พลังงานชีวมวล พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ ก๊าซชีวภาพเป็นต้น พลังงานทดแทนที่สามารถทำได้ง่ายตั้งแต่ระดับครัวเรือนถึงระดับอุตสาหกรรม และได้รับความสนใจ ได้แก่ ก๊าซชีวภาพ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการหุงต้ม และการผลิตความร้อนได้

การผลิตก๊าซชีวภาพ สามารถผลิตได้จากวัตถุดิบต่างๆเช่น มูลสัตว์ เศษอาหาร หรือขยะอินทรีย์อื่นๆ น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมหรือวัสดุทางการเกษตรเหลือทิ้งต่างๆได้ ชุดผลิตก๊าซชีวภาพยังสามารถทำได้อย่างง่าย และต้นทุนในการสร้างค่อนข้างต่ำ การส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพทำให้ได้พลังงานทางเลือกอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถนำเศษวัสดุที่ต้องกำจัดทิ้ง หรือขยะต่างๆนำมาผลิตก๊าซชีวภาพทำให้ลดปัญหามลพิษทั้งทางอากาศ และทางน้ำได้

เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพ เป็นกระบวนการย่อยสลายทางชีววิทยาแบบไม่ใช้อากาศในถังหมักอากาศ โดยก๊าซชีวภาพที่ได้ประกอบด้วย ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซอื่นๆปริมาณเล็กน้อย เช่น ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เป็นต้น โดยกระบวนการย่อยสลายแบ่งออกได้เป็น 3 กระบวนการหลักได้แก่ (1) ไฮโดรไลซิส (hydrolysis) เป็นกระบวนการแตกตัวของสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ เป็นโมเลกุลเล็กโดยมีแบคทีเรียปล่อยเอนไซม์มาช่วยเร่งการแตกตัวของโมเลกุล (2) แอซิโดเจนิซิสและแอซิโตเจนิซิส (acidogenesis and acetogenesis) กระบวนการนี้เปลี่ยนสารอินทรีย์โมเลกุลเล็กให้เป็นสารสร้างก๊าซมีเทน เช่น ฟอร์เมต แอซีเตต เมทานอล กรดมวลโมเลกุลต่ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไฮโดรเจน เป็นต้น (3) มีเทนโนเจนิซิส (methanogenesis) เป็นกระวนการเปลี่ยนสารสร้างก๊าซมีเทนให้เป็นมีเทน กระบวนทั้ง 3 แสดงได้ดังรูปที่ 1 [1 -2] ก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักน้ำเสียส่วนใหญ่ประกอบด้วยก๊าซมีเทน 55-65% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 35-45% ก๊าซไนโตรเจนน้อยกว่า 1% และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ 10-40 ppm สำหรับก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักสารอินทรีย์ส่วนใหญ่ประกอบด้วยก๊าซมีเทน 60-70% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 30-40% ก๊าซไนโตรเจนน้อยกว่า 1% และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ 10-2000 ppm และก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักจากบ่อขยะส่วนใหญ่ประกอบด้วยก๊าซมีเทน 45-55% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 30-40% ก๊าซไนโตรเจน 5-15% และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ 50-300 ppm [3,4] จากงานวิจัยของพงษ์พันธ์ และคณะ [5] ได้ทำการวิจัยเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพจากกากมันสำปะหลัง พบว่ากากมันสำปะหลังที่เป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์จากโรงงานแป้งมันสำปะหลังสามารถนำมาเป็นวัตถุดิบในการหมักก๊าซชีวภาพซึ่งได้ปริมาณก๊าซสูงสุดอยู่ที่ 3-4วัน ได้โดยใช้สภาวะควบคุมอุณหภูมิที่ 35°C และค่า pH เท่ากับ 8 จากการวิจัยของกิตติกานท์ [6] ได้ทำการเปรียบเทียบการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากกากมันสำปะหลังระหว่างกระบวนการไฮโดรไลซิสด้วยกรดและด่าง พบว่า กากมันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการไฮโดรไลซิสก่อนกระบวนการหมักสามารถผลิตก๊าซชีวภาพถึง 1.2 m^3/kg_{dry} ซึ่งมากกว่ากรณีใช้กากมันสำปะหลังที่ไม่ผ่านกระบวนการไฮโดรไลซิสถึง 3 เท่า หรือจากงานวิจัยของ J.A. Kehinde และคณะ [7] ได้ทำการวิจัยการผลิตก๊าซชีวภาพจากกากมันสำปะหลังเช่นกัน ผลการวิจัยพบว่ากากมันสำปะหลังสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้

โดยให้ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ 1.94 dm^3 ต่อปริมาณ 60 kg วัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก หรือคิดเป็น 0.048 dm^3/วัน โดยก๊าซชีวภาพที่ได้สามารถติดไฟได้ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีปริมาณก๊าซมีเทนเกิดขึ้น นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของปราโมทย์ และคณะ [8] ได้ทำการศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากหัวมันสำปะหลังโดยใช้ถังหมักที่มีการกวนอย่างต่อเนื่อง ผลจากการหมักพบว่าหัวมันสำปะหลังสามารถผลิตก๊าซชีวภาพที่ 13.20 L/วัน ซึ่งมีปริมาณก๊าซมีเทนอยู่ที่ 64.3% จากงานวิจัยที่ผ่านมาจะเห็นว่ามันสำปะหลังสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการหมักเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพได้

สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพมีหลายปัจจัยได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณของเหลวในถังปฏิกรณ์ ความเป็นกรด-ด่าง อัตราการป้อนสารอินทรีย์เข้าสู่ถังปฏิกรณ์ ระยะเวลาที่ใช้ในการหมักย่อย ความเป็นพิษ การกวนผสมภายในถังปฏิกรณ์ ธาตุอาหาร เป็นต้น [2,9] สำหรับกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพนอกจากจะพิจารณาผลของปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการผลิตก๊าซแล้ว ยังมีการพิจารณาถึงการเร่งปฏิกิริยาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซ [10] ได้แก่ การเติมเอนไซม์แพนครีเอตินซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ประกอบด้วย เอนไซม์อะไมเลส เอนไซม์ไลเปส และเอนไซม์โปรติเอส ที่ช่วยย่อยสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ให้เล็กลง ในกระบวนการไฮโดรไลซิส ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพได้เร็วขึ้น [11-12] โดยที่เอนไซม์อะไมเลส เป็นเอนไซม์ที่สามารถผลิตจากแบคทีเรียในระหว่างการหมักมันสำปะหลังได้ [13-15]



รูปที่ 1 กระบวนการย่อยสลาย

จากปัญหาการมองหาพลังงานทดแทนเพื่อเป็นพลังงานทางเลือก และปัจจุบันจังหวัดเชียงรายก็มีปัญหาการกำจัดผักตบชวาที่มีการขยายพันธุ์ได้เร็วตามแม่น้ำลำคลอง ซึ่งมีการดำเนินการจัดกิจกรรมกำจัดผักตบชวาตามตำบลต่าง ๆ ในจังหวัดเชียงรายเป็นประจำทุกปี เพื่อนำผักตบชวาที่กั้นขวางทางน้ำที่ทำให้เป็นปัญหาต่อแหล่งน้ำใช้ในการอุปโภคบริโภค และการเกษตร ซึ่งเมื่อมีการกำจัดผักตบชวาก็มีการนำไปกองไว้ข้างแม่น้ำ โดยให้ผักตบชวาเน่าสลายเองตามธรรมชาติ ไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์อะไร ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงเห็นว่าผักตบชวาเป็นขยะอินทรีย์ที่สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อเป็นพลังงานทดแทนได้ โดยงานวิจัยนี้จะทำการผลิตก๊าซชีวภาพจากผักตบชวาและมูลวัว โดยใช้มันสำปะหลังเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นธรรมชาติเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยทำการหมักในถังกวนแบบต่อเนื่อง

2. วัตถุดิบและอุปกรณ์

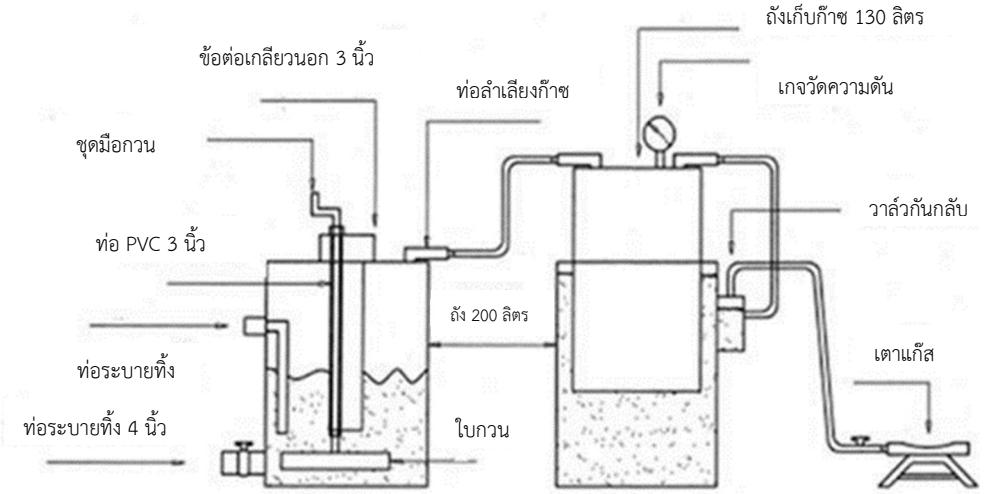
วัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการหมักได้แก่ ผักตบชวา (สับย่อยแล้ว) มูลวัว (แบบสด) และมันสำปะหลัง (แห้งและบดให้มีขนาด 1 - 2.5 mm) โดยกระบวนการหมักจะหมักในถังกวนต่อเนื่องขนาด 200 ลิตรดังรูปที่ 2

3. วิธีการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการแบ่งการทดสอบการหมักออกเป็น 2 ส่วนคือการหมักผักตบชวาและมูลวัว เพื่อการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพการนำอัตราส่วนที่เหมาะสมของผักตบชวา และมูลวัวแต่ศึกษาปริมาณมันสำปะหลังแห้งที่เหมาะสมในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพ

3.1 การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพ

ทำการหมักผักตบชวาและมูลวัวที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักได้แก่ 0:100, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20, และ 100:0 เป็นระยะเวลา 18 วัน และทำการกวนของผสมในถังทุกวัน วันละ 3-5 นาทีต่อวัน และบันทึกปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน แต่ละสภาวะทำการหมักซ้ำ 3 ครั้ง และทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติของปริมาณก๊าซสะสม (18 วัน) และปริมาณก๊าซสะสมต่อวันในรูปแบบของค่าเฉลี่ย ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 1



รูปที่ 2 ถังหมักกวนแบบต่อเนื่อง

3.2 การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้มันสำปะหลังเป็นตัวเร่ง

จากตารางที่ 1 ปริมาณก๊าซชีวภาพจากการหมักผักตบชวาและมูลวัวสูงสุดอยู่ที่อัตราส่วน 60:40 ดังนั้นในการทดสอบการหมักโดยใช้ตัวเร่ง จะดำเนินการโดยใช้อัตราส่วนนี้ ในการทดสอบการเพิ่มประสิทธิภาพของการหมักโดยใช้มันสำปะหลังเป็นตัวเร่ง โดยปริมาณมันสำปะหลังที่ใช้ทดสอบอยู่ที่ 0.5, 1.0 และ 2.0% โดยน้ำหนัก โดยทำการหมักเป็นระยะเวลา 29 วัน และทำการหมักซ้ำ 3 ครั้ง และทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติของปริมาณก๊าซสะสม (29 วัน) และปริมาณก๊าซสะสมต่อวันในรูปแบบของค่าเฉลี่ย ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 2

3.3 การตรวจวัดและวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักผักตบชวาและมูลวัวที่อัตราส่วน 60:40 โดยใช้มันสำปะหลังเป็นตัวเร่ง ที่ปริมาณ 0.5, 1.0 และ 2.0% โดยน้ำหนัก จะถูกทำการตรวจวัด และวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพที่ได้โดยดูจากปริมาณก๊าซมีเทน (CH_4) เป็นหลัก จากเครื่องมือวัดก๊าซชีวภาพตรวจจับก๊าซมีเทน

3.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ผลของปริมาณก๊าซสะสม ปริมาณก๊าซสะสมต่อวัน และปริมาณก๊าซมีเทนสะสมต่อวันในรูปของค่าเฉลี่ย (Mean) ของชุดข้อมูลทั้งหมด และการหาค่าความคลาดเคลื่อนก๊าซชีวภาพที่ได้จากการทดลองดูจากค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ซึ่งแสดงผลในรูปของ ค่าเฉลี่ย $\pm$ ความคลาดเคลื่อน (ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพ

ผลการทดสอบการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักผักตบชวา (WH) และมูลวัว (CD) ที่อัตราส่วนต่างๆ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณก๊าซชีวภาพจากการหมักผักตบชวาและมูลวัวที่อัตราส่วนต่างๆ

WH : CD	ปริมาณก๊าซสะสมเฉลี่ย (18 วัน)	ปริมาณก๊าซเฉลี่ยสะสมต่อวัน
	cm^3	cm^3/วัน
0 : 100	11,479.43$\pm$239.24	637.75$\pm$8.17
50 : 50	4,294.23$\pm$326.12	238.57$\pm$6.28
60 : 40	9,515.57$\pm$451.32	528.7$\pm$36.35
70 : 30	6,402.57$\pm$239.19	355.7$\pm$11.26
80 : 20	2,531.67$\pm$409.63	140.6$\pm$26.12
100 : 0	1,644.63$\pm$382.76	91.4$\pm$17.02

จากการทดสอบ พบว่าอัตราส่วนผักตบชวาและมูลวัวที่ให้ปริมาณก๊าซชีวภาพเฉลี่ยสูงที่สุดอยู่ที่ 60:40 ซึ่งให้ปริมาณก๊าซสะสมจากการหมัก 18 วันเฉลี่ยอยู่ที่ 9,515.57$\pm$451.32 cm^3

หรือปริมาณก๊าซที่ได้อยู่ในช่วง 9,064.25 – 9,966.89 cm^3 ดังนั้นที่อัตราส่วนผักตบชวาและมูลวัวที่ 60:40 เป็นอัตราส่วนที่นำไปทดสอบการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้มันสำปะหลังเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

4.2 ผลการทดสอบการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้มันสำปะหลังเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ปริมาณก๊าซชีวภาพ และปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดจากการหมักผักตบชวา (WH) มูลวัว (CD) และมันสำปะหลัง (CA) โดยใช้มันสำปะหลังเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่อัตราส่วนต่างๆ แสดงดังตารางที่ 2 และพิจารณาปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในแต่ละวันจากการหมักโดยเติมมันสำปะหลังที่อัตราส่วนต่างๆ รายละเอียดดังรูปที่ 3

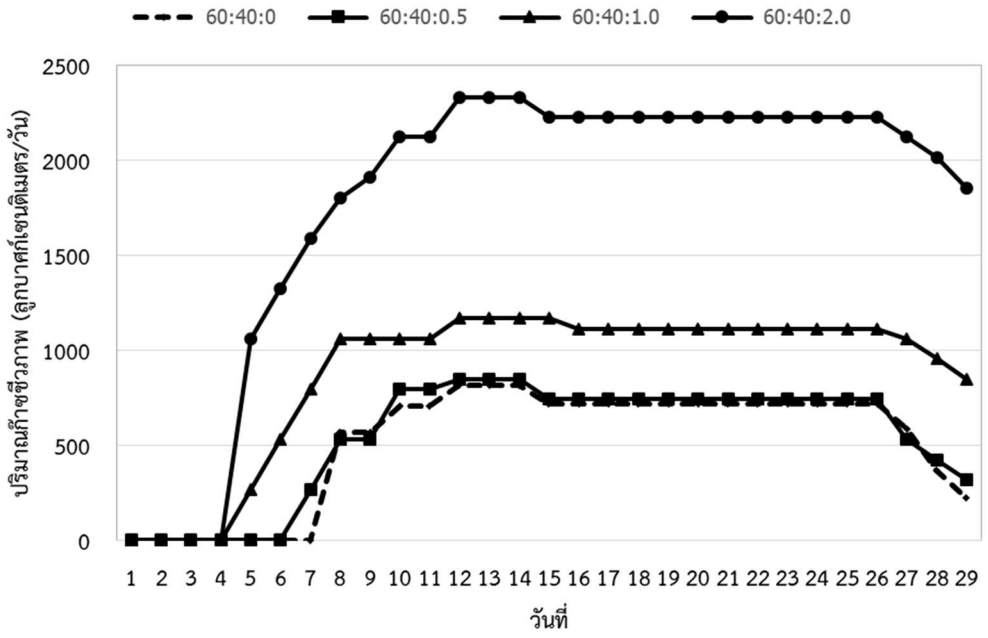
ตารางที่ 2 ปริมาณก๊าซชีวภาพจากการหมักผักตบชวา มูลวัว และมันสำปะหลังที่อัตราส่วนต่างๆ

WH : CD : CA	ปริมาณก๊าซสะสมเฉลี่ย (29 วัน)	ปริมาณก๊าซเฉลี่ยสะสมต่อวัน	ปริมาณก๊าซมีเทนเฉลี่ยสะสมต่อวัน
	cm^3	cm^3/วัน	%v/v
60 : 40 : 0	14,827.25±50.17	511.28±1.29	31.07±0.10
60 : 40 : 0.5	15,654.40±21.60	539.81±0.86	37.41±0.06
60 : 40 : 1.0	25,631.20±47.86	883.83±0.72	41.31±0.06
60 : 40 : 2.0	51,685.60±41.05	1,782.26±0.64	50.17±0.02

ผลการหมักก๊าซชีวภาพโดยใช้มันสำปะหลังเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาพบว่า ปริมาณมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณก๊าซชีวภาพ และปริมาณก๊าซมีเทนเกิดเพิ่มขึ้น โดยที่ปริมาณมันสำปะหลัง 2.0% โดยน้ำหนัก ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพเฉลี่ยสะสมต่อวันสูงสุด และปริมาณก๊าซมีเทนเฉลี่ยสะสมต่อวันสูงสุด ที่ 1,782.26±0.64 cm^3/วัน หรืออยู่ในช่วง 1,781.62 – 1,782.90 cm^3 และ 50.17±0.02%v/v หรืออยู่ในช่วง 50.15 – 50.19%v/v ตามลำดับ

เปรียบเทียบปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักผักตบชวาและมูลวัวโดยไม่มีการเติมมันสำปะหลัง พบว่าก๊าซชีวภาพเริ่มผลิตในวันที่ 8 ซึ่งมีปริมาณก๊าซชีวภาพเฉลี่ยสะสมต่อวันอยู่ที่ 511.28±1.29 cm^3/วัน และปริมาณก๊าซมีเทนเฉลี่ยสะสมต่อวันอยู่ที่ 31.07±0.10 %v/v ในขณะที่การหมักโดยเติมมันสำปะหลังที่ 2.0%โดยน้ำหนัก พบว่าก๊าซชีวภาพเริ่มผลิตในวันที่ 5 ซึ่งมีปริมาณก๊าซชีวภาพเฉลี่ยสะสมต่อวันอยู่ที่ 1,782.26±0.64 cm^3/วัน และปริมาณก๊าซมีเทนเฉลี่ยสะสมต่อวันอยู่ที่ 50.17±0.02 %v/v โดยจะให้ปริมาณก๊าซชีวภาพสูงที่สุดเมื่อเทียบกับปริมาณมันสำปะหลังที่ 0.5 และ 1.0% โดยน้ำหนัก ซึ่งปริมาณก๊าซชีวภาพสูงสุดเกิดขึ้นในช่วงวันที่ 12-14 ซึ่งให้ปริมาณก๊าซชีวภาพสูงสุดคงที่ 2,334.6 cm^3

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า การเติมมันสำปะหลังช่วยย่นระยะเวลาการเกิดก๊าซชีวภาพจากเดิม 8 วัน เหลือเพียง 5 วัน และปริมาณก๊าซที่เกิดมีปริมาณสูงกว่าการหมักโดยไม่เติมมันสำปะหลังถึง 2 เท่าดังนั้นการเติมมันสำปะหลังลงในระหว่างการหมักผักตบชวาและมูลวัวช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพทั้งในด้านของระยะเวลาและปริมาณ ซึ่งจากงานวิจัยของ Olukayode และคณะ [15] พบว่าในเอนไซม์อะไมเลส เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักมันสำปะหลังโดยแบคทีเรีย ดังนั้นการเติมมันสำปะหลังในการหมักผักตบชวาและมูลวัว ทำให้มันสำปะหลังทำหน้าที่เหมือนตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัชพล และคณะ [12] ที่ได้ศึกษาการหมักก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารในครัวเรือนโดยมีการเติมเอนไซม์แพนคริเอติน ซึ่งมีส่วนประกอบของเอนไซม์อะไมเลส เอนไซม์ไลเปส และเอนไซม์โปรติเอส ซึ่งพบว่าช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพได้เร็วขึ้น และปริมาณมากขึ้น



รูปที่ 3 ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน

5. สรุปผล

การทดสอบการหมักก๊าซชีวภาพจากผักตบชวาและมูลวัว พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมของผักตบชวาและมูลวัวอยู่ที่ 60:40 และเมื่อทำการหมักโดยการเติมมันสำปะหลังเพื่อให้มันสำปะหลังเป็นตัวเร่งประสิทธิภาพในการหมักพบว่า ระยะเวลาในการเกิดก๊าซชีวภาพลดลงจากเดิม 8 วันเหลือ 5 วัน และปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดมีปริมาณมากขึ้น 2 เท่าซึ่งมันสำปะหลังที่เติมเข้าไปในกระบวนการหมักทำหน้าที่เสมือนตัวเร่งปฏิกิริยา เนื่องจากระหว่างการหมักมันสำปะหลังมีเอนไซม์อะไมเลสเกิดขึ้น ซึ่งมีความสามารถในการย่อยสารประกอบอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ให้เป็นโมเลกุลเล็กในขั้นตอนไฮโดรไลซิสได้ และการศึกษาในครั้งนี้จากการทดสอบการผลิตก๊าซชีวภาพที่ปริมาณของมันสำปะหลังแตกต่างกันพบว่าปริมาณของมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้นสามารถเพิ่มปริมาณก๊าซชีวภาพเพิ่มขึ้นเช่นกัน จากผลที่ได้นี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพในด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการหมักก๊าซชีวภาพต่อไป

6. เอกสารอ้างอิง

[1] F. Kreith, and D. Yogi, *Handbook of Energy Efficiency and Renewable Energy*. Taylor & Francis Group and CRC Press, United States of America. 2007.

[2] N. Tipayawong, *Biomass Conversion Techbology*. Thai-Nichi Institute of Technology. Bangkok: TPA Publishing, 2010 (in Thai).

[3] O. Jönsson, E. Polman, J. K. Jensen, R. Eklund, H. Schyl and S. Ivarsson, Sustainable gas enters the European gas distribution system. Presented at DGC Center. [Online] . Available: http://www.dgc.eu/sites/default/files/filarkiv/documents/C0301_sustainable_gas.pdf.

[4] R. Saija, “ Biogas composition and upgrading to Biomethane”, Ph.D. dissertation, Department of Biological and Environmental Science, Jyväskylä University, Finland, 2009. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/279687925_Biogas_composition_and_upgrading_to_biomethane.

[5] P. Pongpan and W. Thanakorn, “ The optimal conditions in the biogas production from cassava starch,” in *Proceeding of The 25th conference of the Mechanical Engineering Network of Thailand*, Oct. 19-21, 2011, pp. 1-7 (in Thai).

[6] S. Kittikarn, “ Comparison of biogas production improvement from cassava pulp between acid and alkaline hydrolysis processes,” M.A. thesis, Department of Environmental Engineering, University of Chiangmai, 2011 (in Thai).

[7] J.A. Kehinde, S.J. Ojolo, and B.E. Eboibi, “Biogas production from cassava waste,”in *Proceedind of The 2nd International Conference on Engineering Research & Development : Innovations (15th – 17th April 2008)*, Benin City, Nigeria, pp. 218-225.

[8] S. Pramote, T. Dusanee, K. Nattapong and T. Sureeporn, “ The production of biogas from cassava tubers” , *KMITL Science Technology Journal*, Vol.10, pp. 30-36, Jan.-Jun.2010.

[9] M. Kawai, N. Nagao, N. Kawasaki, A. Imai and T. Toda, “ Improvement of COD removal by controlling the substrate degradability during the anaerobic digestion of recalcitrant wastewater,” *Journal of Environmental Management*, Vol. 181, pp. 838-846, 2016.

[10] R. Warangkana, “The effect of catalyst adding in the food to biogas production,” M.S. thesis, Department of Energy and Environmental Technology Management, University of Thammasat, Bangkok, 2013 (in Thai).

[11] W. Kim, Y. B. Kim, J. H. Yoon, H. J. Roh and H. J. Roh, “Method for promoting production of biogas using pancreatin in an anaerobic digestion process,” U.S. Patent 0175462, Jan. 25, 2015.

[12] L. Nutchapon, K. T. Anoothara, J. Rittirong, P. Somsak, “ The Effectiveness of Pancreatin Enzyme in Biogas Fermentation from Household Waste,” in *Proceeding of The National and International Graduate Research Conference*, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand, 10 Mar. 2017.

[13] W. Chalothorn, W. Pairach and D. Thanom, “the production and the quality of maltodextrin using bacterial enzyme from wastewater fermentation of tapioca starch industry,” *Industrial Education Journal*, Vol.4, No.2, pp. 29-37, Jul. - Dec. 2010 (in Thai).

[14] O.O. Oladunmoye, O.C. Aworh, B.M. Dixon, O.L. Erukainure and G.N. Elemo, “ Chemical and functional properties of cassava starch, durum wheat semolina flour, and their blends,” *Food Science & Nutrition*, pp. 132-138, 2014.

[15] O.O. Amund and O.A. Ogunsina, “ Extracellular amylase production by cassava- fermenting bacteria,” *Journal of Industrial Microbiology*, pp. 123-127, 1987.