

การศึกษาเชิงเปรียบเทียบปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของ LPG และแก๊สชีวภาพสำหรับผลิตไฟฟ้า

A Comparative Study the Fuel Consumption of LPG and Biogas for Power Generation

อานนท์ อิศรมงคลรักษ์^{1*}, ไพบุลย์ แก่นแก้ว¹ และ วชิณูญ วีสวานิชย์^{1*}

¹ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร 10530

*ผู้ติดต่อ: arnon@mut.ac.th โทรศัพท์: 02-9883650-79 โทรสาร: 02-9883655

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาเทคโนโลยีการผลิตแก๊สชีวภาพเพื่อใช้สำหรับการจ่ายโหลดทางไฟฟ้าด้วยระบบถังปฏิกรณ์แบบไร้อากาศพร้อมทั้งนำแก๊สชีวภาพมาเปรียบเทียบปริมาณการใช้เชื้อเพลิงโดยเปรียบเทียบกับก๊าซ LPG ในการทดสอบจะทดสอบ 2 ขั้นตอนคือการจ่ายโหลดทางไฟฟ้าตั้งแต่ 100 W ถึง 2000 W และการทดสอบการใช้ปริมาณเชื้อเพลิงเมื่อมีการจ่ายโหลดทางไฟฟ้าคงที่ ผลที่ได้จากการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ก๊าซ LPG และแก๊สชีวภาพที่ได้จากการหมักในถังปฏิกรณ์แบบไร้อากาศสามารถจ่ายโหลดทางไฟฟ้าได้ และก๊าซ LPG จะใช้ปริมาณเชื้อเพลิงสำหรับการจ่ายโหลดทางไฟฟ้าน้อยกว่าแก๊สชีวภาพ

คำหลัก: แก๊สชีวภาพ ระบบถังปฏิกรณ์แบบไร้อากาศ เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้า

Abstract

This paper presents results of a study of the Biogas Production Technology for Electrical load with Completely Stirred Tank Reactor together with comparison of Biogas and Energy Use Quantity when stability of electrical load since 100 W – 2000 W and Energy Use Quantity Test when stability of electrical load. The result of study shows LPG and Biogas which from fermentation in Completely Stirred Tank Reactor able to electrical load and LPG will use energy for electrical load less than Biogas.

Keywords: Biogas Completely Stirred Tank Reactor Power Generation Technology

1. บทนำ

ความต้องการในการใช้ทรัพยากรและพลังงานของมนุษย์ในด้านต่างๆ เพื่อดำรงชีวิตในปัจจุบันมีอัตราการเพิ่มสูงขึ้นมาก ทำให้ประเทศต้องนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศปีละหลายพันล้านบาท การศึกษาระบบผลิตแก๊สชีวภาพเป็นอีกทางเลือกหนึ่งเพื่อเป็นแนวทางสำหรับการผลิตไฟฟ้า และเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนควบคู่ไป

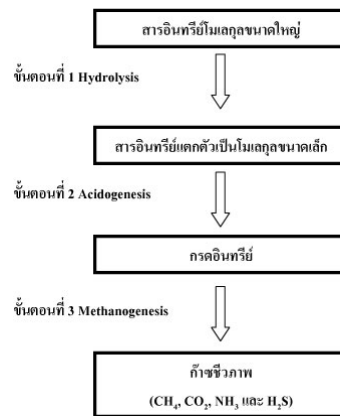
กับการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม บทความนี้ได้นำเสนอเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพด้วยระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศ(Completely Stirred Tank Reactor)[2] พร้อมทั้งเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของระบบผลิตแก๊สชีวภาพกับเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ จำนวน 2 ชนิดคือ ก๊าซ LPG และ แก๊สชีวภาพ

2. ระบบถังปฏิกรณ์ไร้อากาศ

ระบบถังกวนผสมแบบไม่ใช้อากาศ (Continuous Stirred Tank Reactor) เป็นการเรียกตามลักษณะของสสารที่อยู่ภายในถังซึ่งมีความเข้มข้นของสสารละลายเท่ากับทุกจุด (Completely mixed) ถึงปฏิกรณ์แบบนี้ถือเป็นถังปฏิกรณ์อุดมคติแบบหนึ่งและเป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศที่เก่าแก่ที่สุดประเภทหนึ่ง โดยถังกวนผสมแบบนี้มีการพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสัมผัสกันของสารอาหารในน้ำเสียและจากถังย่อยสลัดจ์ (Septic Tank) โดยมีการติดตั้งใบกวนเพื่อให้จุลินทรีย์และสารอาหารในถังปฏิกรณ์มีการสัมผัสกันมากขึ้นและจะทำให้ประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียดีขึ้นเหมาะสมกับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูง มีสารแขวนลอยสูงหรือแม้กระทั่งสารพิษปนอยู่ ทั้งนี้เนื่องจากถังปฏิกรณ์มีการกวนอยู่ตลอดเวลา ทำให้เมื่อสารพิษถูกป้อนเข้าระบบจะถูกเจือจางทันที จึงไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อจุลินทรีย์เหมือนระบบอื่น

2.1 เทคโนโลยีระบบแก๊สชีวภาพ

กระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีวภาพโดยการอาศัยจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสียมีอยู่ 2 วิธีคือใช้อากาศและไม่ใช้อากาศ ในบทความนี้นำเสนอเทคโนโลยีโดยไม่ใช้อากาศซึ่งประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนคือขั้นตอนที่หนึ่ง Hydrolysis ขั้นตอนนี้สารอินทรีย์ยังอยู่ในรูปของโมเลกุลใหญ่ จำเป็นต้องทำให้เกิดการแตกตัวโดยมีแบคทีเรียมีคุณสมบัติที่จะรับสารอาหารจากสารอินทรีย์แล้วปล่อยเอนไซม์มาเร่งการแตกตัว ขั้นตอนที่สอง Acidogenesis คือการเปลี่ยนสารอินทรีย์ให้เป็นกรด และขั้นตอนสุดท้ายคือ Methanogenesis ในขั้นตอนนี้แบคทีเรียจะเปลี่ยน acetic acid และ hydrogen เป็นแก๊สมีเทน โดยแบคทีเรียจะต้องอยู่ในสภาพไร้ออกซิเจนและปริมาณแก๊สมีเทนจะขึ้นอยู่กับปริมาณของ acetic acid [2-3] ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการผลิตแก๊สชีวภาพโดยไม่ใช้อากาศ

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน

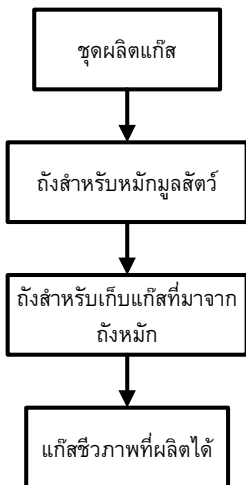
C/N Ratio คือความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนที่มีอยู่ในวัสดุอินทรีย์จะแสดงอยู่ในรูปของสัดส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจนที่เรียกกันว่า C/N Ratio อัตราส่วน C/N ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 20-30 จะเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการหมักแบบไร้อากาศ ถ้าอัตราส่วน C/N สูงมากๆ แบคทีเรียเมทาโนเจนส์จะใช้ไนโตรเจนจากวัสดุอย่างรวดเร็วเพื่อสร้างโปรตีนที่ตัวมันต้องการและจะไม่ทำปฏิกิริยากับคาร์บอนที่มีอยู่ในวัสดุ จะทำให้อัตราการผลิตแก๊สต่ำในทางกลับกัน ถ้าอัตราส่วน C/N ต่ำมากๆ ไนโตรเจนจะถูกปลดปล่อยออกมาและสะสมในรูปของแอมโมเนีย โดยเพิ่มค่าความเป็นกรดต่างของวัสดุในบ่อหมัก และถ้า pH สูงกว่า 8.5 วัสดุหมักจะเริ่มเป็นพิษต่อแบคทีเรีย ทำให้ประชากรของแบคทีเรียเมทาโนเจนส์น้อยลง[4]

ตารางที่ 1 อัตราส่วนระหว่างปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุอินทรีย์มูลสัตว์[4]

วัสดุ	C/N Ratio
มูลเป็ด	8
มูลคน	8
มูลไก่	10
มูลหมู	18
มูลแกะ	19
มูลวัวควาย	24

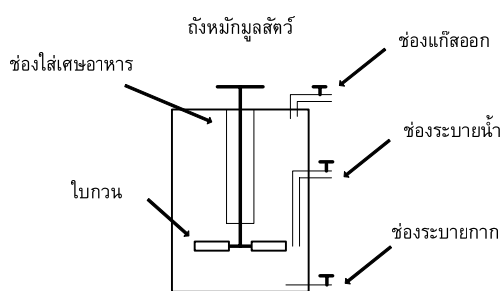
3. ชุดทดลองผลิตแก๊สชีวภาพสำหรับใช้ในครัวเรือน

การสร้างบ่อแก๊สชีวภาพในประเทศไทยมีมาอย่างน้อย 50 ปีมาแล้ว แต่เป็นเพียงการส่งเสริมให้ทำในกลุ่มของผู้เลี้ยงสัตว์โดยมีจุดประสงค์เพื่อลดกลิ่นของมูลสัตว์ที่เลี้ยง ส่วนพลังงานที่เป็นผลพลอยได้ของมูลสัตว์ เมื่อมีเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาพลังงานทดแทนรูปแบบอื่นเพื่อใช้แทนพลังงานน้ำมัน[1] ทำให้แก๊สชีวภาพมีบทบาทขึ้นมา บทความนี้นำเสนอชุดทดลองผลิตแก๊สชีวภาพแบบถังหมักที่ปริมาตร 200 ลิตรเพื่อให้ผู้สนใจได้ทำใช้ภายในครัวเรือน โดยเน้นวัสดุที่มีอยู่ในท้องถิ่นชุมชนซึ่งมีส่วนประกอบของชุดผลิตแก๊สดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ส่วนประกอบของชุดผลิตแก๊สชีวภาพ

ส่วนประกอบของถังหมักถังพลาสติกปิดฝาขนาด 200 ลิตรจำนวน 1 ใบทำหน้าที่ในการบรรจุมูลสัตว์และเศษอาหารเพื่อย่อยสลายจนเกิดก๊าซ โดยจะมีช่องใส่วัตถุดิบ ท่อน้ำล้น เพื่อควบคุมปริมาตรภายใน และท่อระบายด้านบน โดยจะมีสายยางต่อเพื่อลำเลียงแก๊สที่ผลิตได้ไปสู่ถังเก็บโดยแสดงได้ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ส่วนประกอบของถังหมัก

ถังเก็บแก๊สจะประกอบด้วยถัง 2 ใบคือ ถังขนาด 200 ลิตร แบบฝาเปิดและถัง 150 ลิตรแบบฝาปิด โดยจะทำหน้าที่เป็นตัวกักแก๊สไว้โดยตัวถังจะลอยสูงขึ้นเมื่อแก๊สถูกไล่เลียงมาจากถังหมักด้านบน จะมีท่อลำเลียงแก๊สไปยังจุดใช้งาน และก่อนเริ่มใช้งานจำเป็นต้องใส่น้ำลงไปจนถึงแล้วคว่ำถังแก๊สอีกใบลงให้จมลงน้ำพอดีก้นถัง ต่อสายยางจากถังหมักมายังถังเก็บแก๊ส และต่อสายยางจากถังเก็บแก๊สไปยังเตาแก๊สเพื่อไว้ใช้งานสำหรับผลิตแก๊สหุงต้มได้ต่อไป

4. ชุดกรองและชุดเก็บแก๊สชีวภาพ

แก๊สชีวภาพเป็นกลุ่มแก๊สที่มีหลายชนิดรวมกันดังนี้[4] ตารางที่ 2 องค์ประกอบของแก๊สชีวภาพ

ก๊าซ	เปอร์เซ็นต์ (%)
มีเทน CH ₄	50 – 70
คาร์บอนไดออกไซด์ CO ₂	30 – 40
ไฮโดรเจน H ₂	5 – 10
ไนโตรเจน N ₂	1 – 2
ไอน้ำ H ₂ O	0.3
ไฮโดรเจนซัลไฟด์ H ₂ S	เล็กน้อย

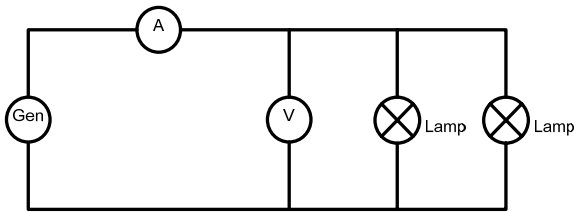
จากตารางที่ 2 มีแก๊สบางชนิดที่สามารถกัดกร่อนโลหะได้คือ แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์หรือแก๊สไข่เน่า ถ้านำแก๊สมีเทนไปใช้กับเครื่องยนต์ต้องกำจัดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ออกก่อน โดยการสร้างเครื่องกรองแก๊สอาศัยคุณสมบัติทางเคมีของแก๊ส โดยนำแก๊สชีวภาพผ่านฟอยเหล็กและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1 กิโลกรัมต่อน้ำเปล่า 2 ลิตรแล้วสังเกตถ้ามีการชุ่นของน้ำมากๆ ต้องทำการเปลี่ยนรวมทั้งฟอยเหล็กถ้ามีสนิมมากๆ ให้เปลี่ยนใหม่เพื่อให้ประสิทธิภาพการกรองสูงสุด

การเก็บแก๊สหลังจากที่มีการกรองเรียบร้อยแล้ว จะอาศัยคอมเพรสเซอร์หรือเครื่องอัดแก๊สสารทำความเย็น โดยทำให้แก๊สมีอุณหภูมิสูงมากพอที่จะถ่ายเทความร้อนให้น้ำหมุนเวียนได้อย่างเหมาะสมเพื่อทำหน้าที่อัด

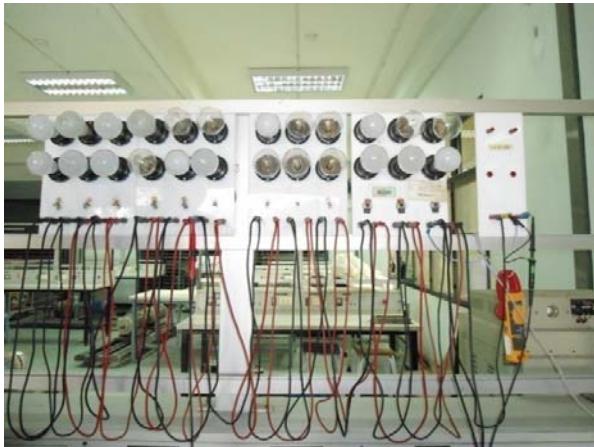
สารทำความเย็นในสถานะแก๊ส และให้แก๊สมีอุณหภูมิสูงถึงระดับที่จะถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศหรือน้ำได้

5. วงจรสำหรับการทดสอบ

ในส่วนของวงจรทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นทำการต่อหลอดไฟขนาด 100W ขนานกันจำนวน 24 หลอดแล้วจ่ายโหลดครึ่งละ 100W ซึ่งบทความนี้ได้แบ่งการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าออกเป็น 3 ประเภทตามชนิดของเชื้อเพลิงคือ การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยน้ำมันเบนซิน 91 การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยก๊าซ LPG และการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยแก๊สชีวภาพ โดยมีรูปวงจรสำหรับการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 4 และการต่อโหลดสำหรับการทดสอบแสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 4 วงจรการทดสอบชุดแก๊สชีวภาพ



รูปที่ 5 การต่อโหลดสำหรับการทดสอบ

6. ผลการทดสอบ

6.1 การทดสอบด้วยก๊าซ LPG

การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยก๊าซ LPG และ แก๊สชีวภาพ สามารถทำได้โดยการจ่ายไฟกระแสสลับจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 220V เข้าที่แผงหลอดไฟแล้วเพิ่ม

โหลดครึ่งละ 100W ไปจนถึง 2000W ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3 และ ตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการจ่ายโหลดเมื่อใช้ก๊าซ LPG

โหลด(W)	แรงดัน(V)	กระแสรวม (A)	กำลังไฟฟ้า (W)
100	222.2	0.39	86.66
200	221.5	0.81	179.42
400	220.3	1.67	367.90
600	219.3	2.54	557.02
800	217.1	3.35	726.26
1000	210.6	4.16	876.09
1200	204.0	4.88	995.52
1400	195.1	5.59	1090.61
1600	186.7	6.22	1161.27
1800	176.8	6.82	1205.78
2000	162.8	7.20	1172.16

6.2 การทดสอบด้วยแก๊สชีวภาพ

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบการจ่ายโหลดเมื่อใช้แก๊สชีวภาพ

โหลด(W)	แรงดัน(V)	กระแสรวม (A)	กำลังไฟฟ้า(W)
100	212.8	0.4	85.12
200	212.0	0.8	169.60
400	209.7	1.7	356.49
600	207.0	2.4	496.80
800	200.2	3.3	660.66
1000	196.2	4.1	804.42
1200	192.0	4.7	902.40
1400	185.2	5.3	981.56
1600	177.9	6.0	1067.40
1800	170.5	6.7	1142.35
2000	161.2	7.3	1176.76

รหัสบทความ:

XX-001

จากผลการทดสอบเมื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับโดยพิจารณาถึงพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปเมื่อจ่ายโหลดคงที่เท่ากับ 500W และ 1000W จะได้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 5 และตารางที่ 6 ตารางที่ 5 ผลการทดสอบหาเวลาและพลังงานที่ได้จากก๊าซ LPG

Load (W)	time (min)	น้ำหนักถังแก๊ส		Power (W)	Energy (Wh)
		ก่อนทดสอบ (kg)	หลังทดสอบ (kg)		
500	10	10.30	10.20	432.81	72.14
1000	10	10.20	10.05	804.42	134.07

จากตารางที่ 5 เมื่อใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิงจำนวน 0.10 kg สำหรับจ่ายโหลด 500W และจำนวน 0.15 kg สำหรับจ่ายโหลด 1000W และราคาแก๊ส LPG กิโลกรัมละ 25 บาทจะทำให้มีต้นทุนสำหรับการจ่ายโหลดคิดเป็น 2.5 บาทและ 3.75 บาท

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบหาเวลาและพลังงานที่ได้จากแก๊สชีวภาพ

Load (W)	time (min)	น้ำหนักถังแก๊ส		Power (W)	Energy (Wh)
		ก่อนทดสอบ (kg)	หลังทดสอบ (kg)		
500	10	16.95	16.80	427.79	71.30
1000	10	16.95	16.75	806.67	134.45

จากตารางที่ 6 เมื่อใช้แก๊สชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงจำนวน 0.15 kg สำหรับจ่ายโหลด 500W และจำนวน 0.20 kg สำหรับจ่ายโหลด 1000W และและราคามูลวัวที่เป็นวัตถุดิบราคากิโลกรัมละ 0.67 บาท ซึ่งการจ่ายโหลด

500 W ต้องใช้มูลวัว 18 กิโลกรัม และ 1000W ใช้มูลวัว 44 กิโลกรัม จะทำให้มีต้นทุนสำหรับการจ่ายโหลดคิดเป็น 12.06 บาทและ 29.48 บาท

7. สรุป

เมื่อพิจารณาการจ่ายโหลดในทางไฟฟ้าจากทั้ง 2 กรณีคือการใช้แก๊ส LPG เป็นเชื้อเพลิงและใช้แก๊สชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงนั้นมีความสามารถในการจ่ายโหลดได้เช่นเดียวกัน และเมื่อพิจารณาถึงปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเมื่อจ่ายโหลดจำนวนเท่ากันคือ 500 W และ 1000 W จะได้พลังงานโดยประมาณ 72 Wh และ 134 Wh ตามลำดับโดยปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของแก๊ส LPG เป็น 0.10 kg และ 0.15 kg ตามลำดับ และปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของแก๊สชีวภาพเป็น 0.15 kg และ 0.20 kg ตามลำดับ จากผลการทดสอบข้างต้นจะเห็นว่าปริมาณการใช้แก๊ส LPG จะใช้ปริมาณเชื้อเพลิงน้อยกว่าการใช้แก๊สชีวภาพ

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] ประเสริฐ ฤกษ์เกรียงไกร “แนวทางการนำแก๊สชีวภาพไปใช้ประโยชน์เป็นพลังงานทดแทน”, วารสารเทคโนโลยีแก๊สชีวภาพ ม.เชียงใหม่
- [2] มั่นสิน ตันตุลเวศม์ “คู่มือวิชาการระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ” กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กรกฎาคม 2546
- [3] ปฏิกรณ์ แสนสิ่ง “BIOGAS Energy from Biological Conversion of Organic Waste” สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี กุมภาพันธ์ 2548
- [4] อีรพจน์ พุทธิภักดิ์ “พลังงานชีวมวล” คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 2544