

ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพสิ่งปฏิกูลเพื่อชุมชน

The system of electricity generation from biogas sewage for community

ไชยวัฒน์ จวงทอง¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระบบการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพจากสิ่งปฏิกูล เพื่อนำมาผลิตไฟฟ้าสำหรับครัวเรือนขนาด 5 กิโลวัตต์ ซึ่งได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากงานวิจัยต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพที่ทำการวิจัยครั้งนี้ โดยที่พลังงานมีความจำเป็นในการดำรงชีวิตของมนุษย์ในยุคปัจจุบันได้แก่ พลังงานความร้อน พลังงานไฟฟ้า ซึ่งพลังงานทั้งสองนี้สามารถใช้ในการหุงต้ม การผลิตอาหารและการใช้ในอุปกรณ์ไฟฟ้าในยุคปัจจุบัน ผลการศึกษาระบบการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพจากสิ่งปฏิกูลที่ต้องใช้คือมูลวัว เศษอาหาร และตัวเร่งปฏิกิริยา ในสัดส่วน มูลวัว 25% เศษอาหาร 20% กากน้ำตาล 10% น้ำ 35% โดยปริมาตรทั้งหมด ในการผลิตนั้นจะต้องใช้ระยะเวลาในการหมัก 35 วัน จึงจะทำให้เกิดก๊าซในปริมาณ 13.87 ลูกบาศก์เมตร/วัน ดังที่ใช้ในการหมักใช้ถังขนาด 1,000 ลิตร สำหรับถังวัดแก๊สและถังพักแก๊สใช้ถังขนาด 200 ลิตร เปรียบเทียบระหว่างค่าพลังงานของการผลิตไฟฟ้าจากระบบที่วิจัย พบว่าได้ค่ากระแสเท่ากับ 8.25 A แรงดัน 200 V และกำลัง 1,650 W มีค่าพลังงานความร้อนของก๊าซชีวภาพ 21.5 MJ/m³ เปรียบเทียบค่าพลังงานความร้อน ได้พลังงานไฟฟ้า 19.418 kw/hr และเทียบเท่ากับ LPG 6.3802 kg/day ตามลำดับ

คำสำคัญ: ค่าพลังงานความร้อน, ก๊าซชีวภาพ, พลังงานไฟฟ้า

Abstract

The objective of this research is to study the electricity generating system from biogas from sewage. To produce electricity for a 5-kilowatt household, which has been studied and collected data from various research to be used in the biogas production system. Doing this research in which energy is needed in today's human life, including Heat energy, electric power, both of which can use cooking Food production and use in electrical equipment in modern times. The results of the research on the biogas electricity production system from waste water which must be used is cow manure, food waste and catalyst in proportion of cow manure 25%, food waste 20%, molasses 10%, water 35% by volume of the fermentation tank. In the production process, the fermentation time is 35 days. Will cause gas in the amount of 13.87 cubic meters / day for fermentation tanks, use 1,000 liters. For gas measuring tanks and gas holding tanks, use 200 liters. Comparison between the energy value of electricity production from the research system. Found that the current is 8.25 A, voltage 200 V and power 1,650 W. Have the thermal energy value of biogas 21.5 MJ / m³, compare the heat energy value. The electric power is 19.418 kw / hr and the LPG equivalent is 6.3802 kg / day respectively.

Keywords : Calorific Value, Biogas, Electric Power

บทนำ

แม้ปัจจุบันการใช้พลังงานหุงต้มในครัวเรือนนั้น นับว่ามีความจำเป็นของทุกครัวเรือนโดยพลังงานที่ใช้เป็นก๊าซหุงต้ม LPG ซึ่งนับวันจะหมดไป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาพลังงานทดแทนใช้เพื่อก่อเกิดประโยชน์ และระบบสุกานั้นมีสิ่งปฏิกูลจากมนุษย์เป็นของเสียที่ไม่พึงปรารถนา

เนื่องจากมีมลภาวะทางกลิ่น รวมถึงเศษอาหารประเภทเปียก หากจัดการระบบสุขาภิบาลนี้ให้เป็นระบบการผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อใช้ในครัวเรือนได้จะเกิดประโยชน์ ลดการใช้เชื้อเพลิงหุงต้มได้ รวมถึงมลภาวะทางกลิ่นเนื่องจากระบบสุขาภิบาลของครัวเรือนทุกแห่งจะมีท่อปล่อยก๊าซไข่นาออกมาทุกบ่อโดยยังไม่มีการนำก๊าซนี้ไปใช้งานอย่างจริงจัง

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ซึ่งก๊าซนี้เมื่อถูกปล่อยสู่บรรยากาศจะก่อเกิดมลภาวะ หากนำก๊าซนี้ไปใช้เป็นก๊าซหุงต้มจะดีมากขึ้น รวมถึงการนำเอาน้ำนั้นเป็นปุ๋ยชีวภาพ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสังเกตเห็นปัญหาดังกล่าวจึงจำเป็นต้องในการวิจัยเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจากปัญหาการการปล่อยก๊าซไชน่าที่ประกอบด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซมีเทน รวมถึงมลภาวะทางกลิ่นนั้น จึงควรจำเป็นต้องมีการจัดระบบสุขาภิบาลเพื่อลดปัญหาดังกล่าว รวมถึงได้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพเป็นพลังงานทดแทนอีกด้วย ซึ่งนับว่าเป็นผลดีจากการจัดระบบสุขาภิบาลนี้รวมถึงสิ่งแวดล้อมดีขึ้น (ออนไลน์) ก๊าซชีวภาพ (อังกฤษ: Biogas หรือ digester gas) หรือ ไบโอก๊าซ คือ ก๊าซที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากการหมักย่อยสลายของสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน (anaerobic digestion) โดยทั่วไปจะหมายถึง ก๊าซ มีเทน ที่เกิดจากการหมัก (fermentation) ของ สารอินทรีย์ โดยกระบวนการนี้สามารถเกิดขึ้นได้ในหลุมขยะ กองมูลสัตว์ และก้นบ่อแหล่งน้ำนิ่ง กล่าวคือเมื่อไรก็ตามที่มีสารอินทรีย์หมักหมมกันเป็นเวลานานก็อาจเกิดก๊าซชีวภาพ แต่นี้เป็นเพียงแค่หลักการทางทฤษฎีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแก๊สมีเทน (CH₄) ประมาณ 50-70% และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ประมาณ 30-40% ส่วนที่เหลือเป็นแก๊สชนิดอื่น ๆ เช่น ไฮโดรเจน(H₂) ออกซิเจน(O₂) ไฮโดรเจนซัลไฟด์(H₂S) ไนโตรเจน(N) และไอน้ำก๊าซชีวภาพมีชื่ออื่นอีกคือ ก๊าซหนองน้ำ และ มาร์ชก๊าซ (marshgas) ขึ้นกับแหล่งที่มันเกิด กระบวนการนี้เป็นที่นิยมในการเปลี่ยน ของเสีย ประเภทอินทรีย์ทั้งหลายไปเป็นกระแสไฟฟ้า นอกจากกำจัดขยะได้แล้วยังทำลาย เชื้อโรค ได้ด้วย การใช้ก๊าซชีวภาพเป็น การบริหารจัดการของเสีย ที่ควรได้รับการสนับสนุนเพราะไม่เป็นการเพิ่มก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ ในชั้นบรรยากาศที่เป็นต้นเหตุของ ปรากฏการณ์เรือนกระจก (greenhouse effect) ส่วนการเผาไหม้ ก๊าซชีวภาพ ซึ่งมีก๊าซมีเทนเป็นส่วนประกอบหลักที่สะอาด

วัตถุประสงค์

เพื่อการทดสอบหาอัตราการไหลของก๊าซเข้าสู่ระบบ

แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดทฤษฎี

Table.1 Identity of Biogas

คุณสมบัติ	ค่าคุณสมบัติ
ค่าความร้อน	21 MJ/m ³ (CH ₄ 60%)
ความเร็วเปลวไฟ	25 cm/s
อุณหภูมิเผาไหม้ในอากาศ	650 °C
อุณหภูมิจุดติดไฟ (CH ₄)	600 °C
ค่าความจุความร้อน	1.6 kJ/m ³ -°C
ความหนาแน่น	1.15 Kg/m ³

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมจินตนา ลี้มสุข. (2554). ในการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและการเพิ่มอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพโดยการเติมกลีเซอรินดิบที่ได้จากการผลิตไบโอดีเซลโดยกระบวนการหมักแบบไร้อากาศในถังหมักขนาด 200 L แบบกึ่งกะในตอนเริ่มต้นเดินระบบใช้เศษอาหารอย่างเดียวย้อนที่อัตราการระสารถือเฉลี่ยในช่วง 0.306-1.245 g/Lreactor-day (56.6-230.2 g/day) ให้ผลผลิตของมีเทนเฉลี่ย 0.465 m³CH₄/kgCODที่อุณหภูมิห้องและให้ค่าผลผลิตของก๊าซชีวภาพเฉลี่ย 0.789 m³biogas/kgCODในการป้อนกลีเซอรินดิบร่วมกับเศษอาหารที่อัตราป้อนเศษอาหาร 1.245 g/Lreactor-day ปริมาณก๊าซชีวภาพเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 36.8 L/day เป็น 72.2 L/day และ 90.4 L/day หลังจากเพิ่มกลีเซอริน 30.8 และ 46.3 mL/day ตามลำดับ

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2554). จากสถานการณ์และผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและภาวะโลกร้อนจึงเป็นแรงผลักดันสำคัญที่ทำให้นานาชาติประเทศหันมาร่วมมือกันป้องกันและแก้ไขพร้อมทั้งเสริมสร้างศักยภาพเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้น การจัดทำกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM) เป็นกลไกหนึ่งที่กำหนดขึ้นภายใต้พิธีสารเกียวโตเพื่อช่วยให้ประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 ที่มีพันธกรณีในการลดก๊าซเรือนกระจกสามารถบรรลุพันธกรณีได้โดยเป็นการดำเนินการร่วมกันระหว่างประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 และประเทศนอกกลุ่มภาคผนวกที่ 1 เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

สำหรับภาคปศุสัตว์ของไทยโดยกรมปศุสัตว์และธนาคารโลกได้ร่วมกันจัดทำโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดด้านการปศุสัตว์โดยพิจารณาดำเนินการในฟาร์มสุกรขนาดใหญ่ที่เข้าร่วมโครงการการจัดการของเสียในฟาร์มปศุสัตว์อยู่แล้วและมีศักยภาพสูงในการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งปัจจุบันสามารถดำเนินการแล้วเสร็จจำนวน 10 ฟาร์ม (รุ่น 1) อีก 8 ฟาร์ม (รุ่น 2) คาดว่าจะแล้วเสร็จในปี 2555 แต่อย่างไรก็ตามการลงทุนในโครงการดังกล่าวมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนและการดำเนินการค่อนข้างสูงจึงมีความจำเป็นที่ต้องมีการศึกษาถึงความคุ้มค่าของการลงทุนในโครงการดังกล่าวโดยจะศึกษาจากฟาร์มสุกรที่เข้าร่วมโครงการ CDM ของกรมปศุสัตว์จำนวน 10 ฟาร์มโดยกำหนดให้อายุโครงการเท่ากับ 10 ปีและมีอัตราคิดลดร้อยละ 7.00 ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์จะเป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจในการสร้างระบบก๊าซชีวภาพภายใต้กลไกการพัฒนาที่สะอาดในฟาร์มของเกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรที่สนใจตลอดจนหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้องสามารถนำผลการศึกษานี้มาใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณากำหนดมาตรการและวิธีการที่จะส่งเสริมต่อไป

จากวิเคราะห์ทางการเงินของการลงทุนในการผลิตก๊าซชีวภาพจากของเสียในฟาร์มสุกรภายใต้กลไกการพัฒนาที่สะอาดที่เข้าร่วมโครงการของกรมปศุสัตว์ทั้งกรณีที่มี

เงินอุดหนุนและไม่มีเงินอุดหนุนพบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่า 188.16 และ 131.00 ล้านบาทต่อไร่ ส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) มีค่าเท่ากับ 1.56 และ 1.36 และมีอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (IRR) เท่ากับร้อยละ 44.85 และ 24.69 ตามลำดับจากตัววัดทางการเงินของการลงทุนดังกล่าวข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าการลงทุนในการผลิตก๊าซชีวภาพจากของเสียในฟาร์มสุกรภายใต้กลไกการพัฒนาที่สะอาดในภาพรวม (10 ฟาร์ม) มีความคุ้มค่าต่อการลงทุนและเมื่อวิเคราะห์ถึงความอ่อนไหวของโครงการทั้ง 2 กรณีข้างต้นพบว่าการลงทุนในการผลิตก๊าซชีวภาพจากของเสียในฟาร์มสุกรภายใต้กลไกการพัฒนาที่สะอาดจะไม่สามารถลงทุนต่อไปได้หากผลตอบแทนของโครงการลดลงมากกว่าร้อยละ 62.87 และ 54.10 และหากต้นทุนในการลงทุนของโครงการดังกล่าวเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 55.57 และ 38.69 ตามลำดับ

วิธีดำเนินการ

การดำเนินงานนั้นได้เตรียมวัสดุอุปกรณ์และทดลองเพื่อศึกษาการวิจัย

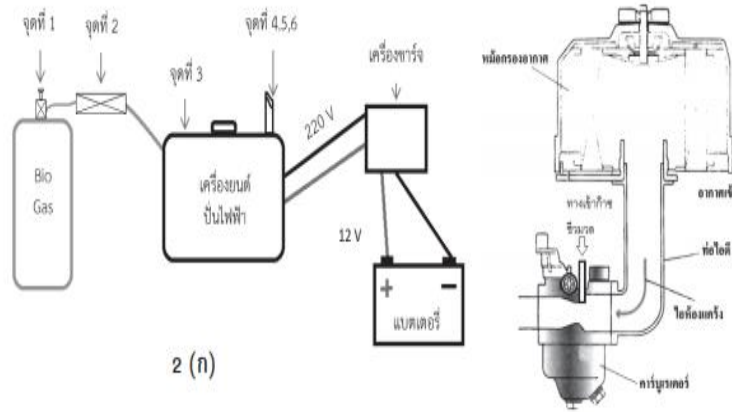


ภาพที่ 1. การเติมเศษอาหารผสมกับมูลวัวในระบบเพื่อทดสอบ

การดำเนินงานเก็บผลการทดลอง 45 วัน

- การเติมมูลวัวลงในถัง ปริมาณ 20 % ของถังหมัก ด้วยการผสมน้ำและกวนให้ละลาย
- หลังจากเติมหัวเชื้อคือ มูลวัวแล้ว ทั้งระยะเวลาไว้ 3-5 วัน เพื่อให้เกิดจุลินทรีย์

- เติมหากน้ำตาลลงไป ปริมาณเริ่มเงื่อนไขจาก 3 ลิตร วันที่ 3 และ เติมที่ 5 ลิตร ในวันที่ 5
- ทุกวันจะกวนระบบที่ ถัง เป็นเวลา 09.00 น. 12.30 น และ 16.30 น. โดยกวนครั้งละ 30 นาที
- วัดค่า pH และค่า อุณหภูมิของระบบ
- วัดค่า ความดันของระบบ



ภาพที่ 2 ระบบการผลิตกระแสไฟฟ้า

ผลการศึกษา

ตารางที่ 1 ตารางแสดงค่าอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพที่ความเร็วรอบต่างๆ

rpm	อัตราการไหลของก๊าซชีวภาพ (m ³ /hr)
1500	10
2000	14
2500	18
3000	20
3500	22
4000	26

ผลจากตารางที่ 1 พบว่า ที่ความเร็วรอบ 1500 rpm มีค่าอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพเท่ากับ 10 m³/hr ที่ความเร็วรอบ 2000 rpm มีค่าอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพเท่ากับ 14 m³/hr ที่ความเร็วรอบ 2500 rpm มีค่าอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพเท่ากับ 14 m³/hr ที่ความเร็วรอบ 2000 rpm มีค่าอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพเท่ากับ 18 m³/hr ที่ความเร็วรอบ 3000 rpm มีค่าอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพเท่ากับ 20 m³/hr ที่ความเร็วรอบ 3500 rpm มีค่าอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพเท่ากับ 24 m³/hr ที่ความเร็วรอบ 4000 rpm มีค่าอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพเท่ากับ 26 m³/hr

การอภิปรายผล

จากผลการวิจัยและสรุปผลการวิจัย พบว่า ในผลิตกระแสไฟฟ้าจากเศษอาหารและมูลสัตว์นั้นมีความเหมาะสมกับหน่วยงานที่มีแหล่งวัตถุดิบในการผลิตเช่น โรงเรียน โรงพยาบาล สถานศึกษาต่างๆ หรือสถานประกอบการที่มีเศษอาหารของโรงอาหารเพื่อนำมาก่อให้เกิดประโยชน์ และพื้นที่ที่มีการสะสมของตะกอนดินที่เป็นส่วนประกอบของซากชีวมวลที่เกิดจากการทำสวนผลไม้ของชุมชน หรือเศษชีวมวลเหลือทิ้งของชาวเกษตรกร แต่การนำ

กลับมาใช้ประโยชน์ในชุมชนเป็นสิ่งที่ต้องใช้กระบวนการและเทคโนโลยีทางชีวภาพมาช่วยในการศึกษา ทั้งนี้เนื่องจากแก๊สชีวภาพนั้นกระบวนการหมักเพื่อเป็นก๊าซต้องอาศัยการย่อยสลายของอินทรีย์ หากเป็นเศษอาหารเช่นเศษผัก เหลือเปลือกผลไม้ นั้นจะใช้เวลานานกว่า เศษอาหารที่เป็นชิ้นเล็กๆเช่น เมล็ดข้าว หรือ เนื้อสัตว์ ส่วนเศษอาหารประเภทกระดูก ก้างปลานั้น จะไม่ย่อยสลายในระยะเวลาที่จำกัดในการหมักเพื่อผลิตก๊าซ เพราะการผลิตกระแสไฟฟ้านั้นจำเป็นต้องใช้แก๊สชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงต้นกำลัง ดังนั้นการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยแก๊สชีวภาพนี้จึงมีความสัมพันธ์กัน

สรุปและข้อเสนอแนะ

การผลิตพลังงานทดแทนจากวัสดุเหลือทิ้งเศษอาหารและมูลสัตว์นั้นสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตเป็นพลังงานได้ใหม่ด้วยการผลิตเป็นแก๊สชีวภาพเพื่อใช้ทดแทนแก๊สหุงต้มในครัวเรือนและใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ด้วยการนำมาใช้กับเครื่องยนต์ขนาดเล็กหรือใหญ่ได้นั้นเป็นไปตามปริมาณก๊าซที่ผลิตและแหล่งวัตถุดิบที่สามารถทดแทนได้จากผลการศึกษาที่ได้สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. เมื่อเศษอาหารทำการหมักร่วมกับมูลวัว ในสัดส่วนต่างๆ กันพบว่า สัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดที่สามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้สูงสุด คือ สัดส่วน 1:2 โดยให้ปริมาณแก๊สชีวภาพสะสมสูงสุด 62.1 ลิตร และมีค่าต่ำสุดคือที่ สัดส่วน 1:4 โดยให้ปริมาณแก๊สชีวภาพสะสมสูงสุด 35.4 ลิตร ปริมาณ CH₄ เท่ากับ 65.5 %
2. ที่ความเร็วรอบ 1500 rpm มีค่าอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพเท่ากับ 10 m³/hr ที่ความเร็วรอบ 2000 rpm มีค่าอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพเท่ากับ 14 m³/hr ที่ความเร็วรอบ 2500 rpm มีค่าอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพเท่ากับ 14 m³/hr ที่ความเร็วรอบ 2000 rpm มีค่าอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพเท่ากับ 18 m³/hr ที่ความเร็วรอบ 3000 rpm มีค่าอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพเท่ากับ 20 m³/hr ที่ความเร็วรอบ 3500 rpm มีค่าอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพเท่ากับ 24 m³/hr และที่ความเร็วรอบ 4000 rpm มีค่าอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพเท่ากับ 26 m³/hr เป็นค่าสูงสุดการดำเนินการวิจัยที่ต้องอาศัยความวิถุติบที่มีจากชุมชนเพื่อผลิตงานที่ต้องการ
3. ควรเพิ่มวิธีการควบคุมปัจจัยในการหมักแก๊สชีวภาพในส่วนของการผลิตหากใช้ เปลือกผลไม้ หรือ เศษชีวมวล ควรมีเครื่องย่อยเศษวัตถุดิบเหล่านี้หากต้องการผลิตเพิ่มเติมจากปริมาณเศษอาหาร
4. การผลิตแก๊สชีวภาพที่ใช้กับชุมชน จำเป็นต้องเลือกพื้นที่ที่มีวัตถุดิบในการผลิตให้เพียงพอ อาทิ ควรมีหัวเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นวัตถุดิบในพื้นที่ที่เพียงพอ ซึ่งจะทำให้การผลิตแก๊สชีวภาพมีความต่อเนื่องมากขึ้น เช่น ประชากรทางภาคเหนือ และอีสานนั้น จะดีมากเพราะมีหัวเชื้อจากมูลวัวไม่ต้องซื้อ
3. ชนกวพร วงษ์วัน และ อรทัย ชวาลภาฤทธิ. (2556). การผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักร่วมของต้นข้าวโพดที่ปรับสภาพเบื้องต้นร่วมกับของเสียเกลือเชอร์รอล. การประชุมวิชาการแห่งชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9 หน้า 1837-1844, สืบค้นเมื่อ : 9 มกราคม 2558, แหล่งที่มา : http://researchconference.kps.ku.ac.th/article_9/pdf/p_sci_tech03.pdf
4. นพวรรณเสมวิมลและคณะ. (2556). การศึกษาปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักภาคตะกอนที่เกิดจากระบบบำบัดน้ำเสียภายใต้กระบวนการธรรมชาติช่วยธรรมชาติ. วารสารวิชาการVeridian E-Journal ปีที่ 6 ฉบับที่ 2 เดือนพฤษภาคม – สิงหาคม 2556, หน้า 899-912, สืบค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2557, แหล่งที่มา : <http://www.ejournal.su.ac.th/upload/694.pdf>
5. ญุสม จิตโสภณปัญญา. (2556). ศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากนมหมดอายุ. Agricultural Sci. J. 44 (2) (Suppl.): 373-376 (2013), สืบค้นเมื่อ 19 มีนาคม 2558, แหล่งที่มา : <http://www.crdc.kmutt.ac.th/Data%202013/CRDC7/data/373-376.pdf>
6. มยุรา ศรีกลิ่นกุล และ รุ่งทิพย์ กาวารี. (2556). การผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากมูลสุกรโดยใช้กระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน. รายงานผลการวิจัย ปีงบประมาณ 2555 มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สืบค้นเมื่อ 9 กุมภาพันธ์ 2558, แหล่งที่มา http://librae.mju.ac.th/government/20111119104834_librae/File20130711123112_7038.pdf

เอกสารอ้างอิง

1. ตระกูลศักดิ์ เสนานิคม และคณะ. (2557). การศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียจากกองขยะ. Graduate Research Conference (GRC), 2014, PMP12, หน้า 499 - 507 มหาวิทยาลัยขอนแก่น, สืบค้นเมื่อ 5 มกราคม 2558, แหล่งที่มา : <http://gsbooks.gs.kku.ac.th/57/grc15/files/pmp12.pdf>
2. รัชกรผลพันธินและคณะ. (2557). การศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียภาคอุตสาหกรรม, วารสารวิจัยพลังงานปีที่ 11 ฉบับที่ 1 (มกราคม – มิถุนายน) 2557 : หน้า 50-62, สืบค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2557, แหล่งที่มา : <http://www.eri.chula.ac.th/eri-main/wp-content/uploads/2014/07/50-62.pdf>