# ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากก๊าซชีภาพสิ่งปฏิกูลเพื่อชุมชน

# The system of electricity generation from biogas sewage for community

ไชยวัฒน์ จวงทอง[1]

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระบบการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพจากสิ่งปฏิกูล เพื่อนำมาผลิตไฟฟ้าสำหรับครัวเรือนขนาด 5 กิโลวัตต์ ซึ่งได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากงานวิจัยต่าง ๆ เพื่อนำมาออใช้ในระบบการผลิตก๊าซชีวภาพที่ทำการวิจัยครั้งนี้ โดยที่พลังงานมีความจำเป็นในการดำรงชีวิตของมนุษย์ในยุคปัจจุบันได้แก่ พลังงานความร้อน พลังงานไฟฟ้า ซึ่งพลลังงานทั้งสองนี้สามารถใช้การหุงต้ม การผลิตอาหารและการใช้ในอุปกรณ์ไฟฟ้าในยุคปัจจุบัน ผลการศึกษาวิจัยระบบการผลิตไฟฟ้าก๊าซชีวภาพจากสิ่งปฏิกูลที่ต้องใช้คือมูลวัว เศษอาหาร และตัวเร่งปฏิกิริยา ในสัดส่วน มูลวัว 25% เศษอาหาร 20% กากน้ำตาล10% น้ำ 35% โดยปริมาตรถังหมัก ในการผลิตนั้นจะต้องใช้ระยะเวลาในการหมัก 35 วัน จึงจะทำให้เกิดก๊าซในปริมาณ 13.87 ลูกบาศก์เมตร/วัน ถังที่ใช้ในการหมักใช้ถังขนาด 1,000 ลิตร สำหรับถังวัดแก๊สและถังพักแก๊สใช้ถังขนาด 200 ลิตร เปรียบเทียบระหว่างค่าพลังงานของการผลิตไฟฟ้าจากระบบที่วิจัย พบว่าได้ค่ากระแสเท่ากับ 8.25 A แรงดัน 200 V และกำลัง 1,650 W มีค่าพลังงานความร้อนของก๊าซชีวภาพ 21.5 MJ/$m^3$ เปรียบเทียบค่าพลังงานความร้อน ได้พลังงานไฟฟ้า 19.418 kw/hr และเทียบเท่าค่า 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 WHave 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**

แม้ปัจจุบันการใช้พลังงานหุงต้มในครัวเรือนนั้นนับว่ามีความจำเป็นของทุกครัวเรือนโดยพลังงานที่ใช้นั้นเป็นก๊าซหุงต้ม LPG ซึ่งนับวันจะหมดไป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาพลังงานทดแทนใช้เพื่อก่อเกิดประโยชน์ และระบบสุขานั้นมีสิ่งปฏิกูลจากมนุษย์เป็นของเสียที่ไม่พึงปรารถนาเนื่องจากมีมลภาวะทางกลิ่น รวมถึงเศษอาหารประเภทเปียก หากจัดการระบบสุขาภิบาลนี้ให้เป็นระบบการผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อใช้ในครัวเรือนได้จะเกิดประโยชน์ ลดการใช้เชื้อเพลิงหุงต้มได้ รวมถึงมลภาวะทางกลิ่นเนื่องจากระบบสุขาภิบาลของครัวเรือนทุกแห่งจะมีท่อปล่อยก๊าซไข่เน่าออกมาทุกบ่อโดยยังไม่การนำก๊าซนี้ไปใช้งานอย่างจิงจัง

[1]คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ซึ่งก๊าซนี้เมื่อถูกปล่อยสู่บรรยากาศจะก่อเกิดมลภาวะ หากนำก๊าซนี้ไปใช้เป็นก๊าซหุงต้มจะดีมากขึ้น รวมถึงการนำเอาน้ำนั้นเป็นปุ๋ยชีวภาพ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเล็งเห็นปัญหาดังกล่าวจึงจำเป็นในการวิจัยเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจากปัญหาการการปล่อยก๊าซไข่เน่าที่ประกอบด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซนั้นและก๊าซมีเทน รวมถึงมลภาวะทางกลิ่นนั้น จึงควรจำเป็นมีการจัดระบบสุขาภิบาลเพื่อลดปัญหาดังกล่าวรวมถึงได้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพเป็นพลังงานทดแทนอีกด้วย ซึ่งนับว่าเป็นผลดีจากการจัดระบบสุขาภิบาลนี้รวมถึงสิ่งแวดล้อมดีขึ้น (ออนไลท์) ก๊าซชีวภาพ (อังกฤษ: Biogas หรือ digester gas) หรือ ไบโอก๊าซ คือ ก๊าซที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากการหมักย่อยสลายของสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน(anaerobicdigestion) โดยทั่วไปจะหมายถึง ก๊าซ มีเทน ที่เกิดจาก การหมัก (fermentation) ของ สารอินทรีย์ โดยกระบวนการนี้สามารถเกิดขึ้นได้ในหลุมขยะ กองมูลสัตว์ และก้นบ่อแหล่งน้ำนิ่ง กล่าวคือเมื่อไหร่ก็ตามที่มีสารอินทรีย์หมักหมมกันเป็นเวลานานก็อาจเกิดก๊าซชีวภาพ แต่นี่เป็นเพียงแค่หลักการทางทฤษฎีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแก๊สมีเทน ($CH_4$) ประมาณ 50-70% และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$)ประมาณ 30-40% ส่วนที่เหลือเป็นแก๊สชนิดอื่น ๆ เช่น ไฮโดเจน($H_2$) ออกซิเจน($O_2$) ไฮโดรเจนซัลไฟด์($H_2S$) ไนโตรเจน(N) และไอน้ำก๊าซชีวภาพมีชื่ออื่นอีกคือ ก๊าซหนองน้ำ และ มาร์ชก๊าซ (marshgas) ขึ้นกับแหล่งที่มันเกิด กระบวนการนี้เป็นที่นิยมในการเปลี่ยน ของเสีย ประเภทอินทรีย์ทั้งหลายไปเป็นกระแสไฟฟ้า นอกจากกำจัดขยะได้แล้วยังทำลาย เชื้อโรค ได้ด้วย การใช้ก๊าซชีวภาพเป็น การบริหารจัดการของเสีย ที่ควรได้รับการสนับสนุนเพราะไม่เป็นการเพิ่มก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ ในชั้นบรรยากาศที่เป็นต้นเหตุของ ปรากฏการณ์เรือนกระจก (greenhouseeffect) 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**

สมจินตนาลิ้มสุข. (2554). ในการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและการเพิ่มอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพโดยการเติมกลีเซอรีนดิบที่ได้จากการผลิตไบโอดีเซลโดยกระบวนการหมักแบบไร้อากาศในถังหมักขนาด 200 L แบบกึ่งกะในตอนเริ่มต้นเดินระบบใช้เศษอาหารอย่างเดียวป้อนที่อัตราภาระสารอินทรีย์เฉลี่ยในช่วง 0.306-1.245 g/Lreactor-day (56.6-230.2 g/day) ให้ผลผลิตของมีเทนเฉลี่ย 0.465 $m^3CH_4$/kgCODที่อุณภูมิห้องและให้ค่าผลผลิตของก๊าซชีวภาพเฉลี่ย 0.789 $m^3$biogas/kgCODในการป้อนกลีเซอรีนดิบร่วมกับเศษอาหารที่อัตราป้อนเศษอาหาร 1.245 g/Lreactor-day ปริมาตรก๊าซชีวภาพเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 36.8 L/day เป็น 72.2 L/day และ 90.4 L/day หลังจากเพิ่มกลีเซอรีน 30.8 และ 46.3 mL/day ตามลำดับ

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

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

จากวิเคราะห์ทางการเงินของการลงทุนในการผลิตก๊าซชีวภาพจากของเสียในฟาร์มสุกรภายใต้กลไกการพัฒนาที่สะอาดที่เข้าร่วมโครงของกรมปศุสัตว์ทั้งกรณีที่มีเงินอุดหนุนและไม่มีเงินอุดหนุนพบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่า 188.16 และ 131.00 ล้านบาทอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) มีค่าเท่ากับ 1.56 และ1.36 และมีอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (IRR) เท่ากับร้อยละ 44.85 และ 24.69 ตามลำดับจากตัววัดทางการเงินของการลงทุนดังกล่าวข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าการลงทุนในการผลิตก๊าซชีวภาพจากของเสียในฟาร์มสุกรภายใต้กลไกการพัฒนาที่สะอาดในภาพรวม(10 ฟาร์ม) มีความคุ้มค่าต่อการลงทุนและเมื่อวิเคราะห์ถึงความอ่อนไหวของโครงการทั้ง 2 กรณีข้างต้นพบว่าการลงทุนในการผลิตก๊าซชีวภาพจากของเสียในฟาร์มสุกรภายใต้กลไกการพัฒนาที่สะอาดจะไม่สามารถลงทุนต่อไปได้หากผลตอบแทนของของโครงการลดลงมากกว่าร้อยละ 62.87 และ 54.10 และหากต้นทุนในการลงทุนของโครงการดังกล่าวเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 55.57 และ 38.69 ตามลำดับ

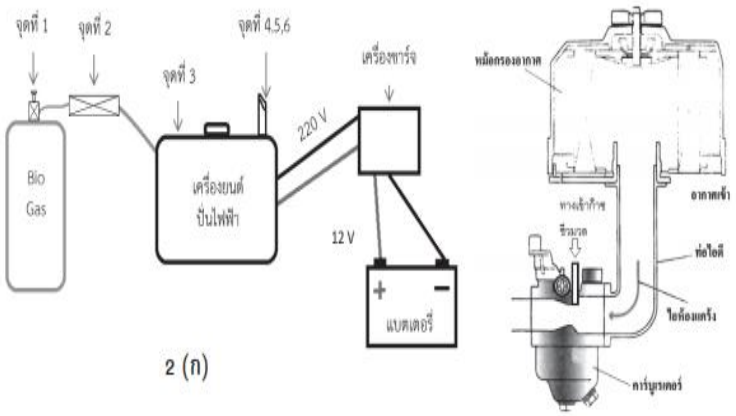
**วิธีดำเนินการ**

การดำเนินงานนั้นได้เตรียมวัสดุอุปกรณ์และทดลองเพื่อศึกษาการวิจัย

**ภาพที่** 1. การเติมเศษอาหารผสมกับมูลวัวในระบบเพื่อทดสอบ

การดำเนินงานเก็บผลการทดลอง 45 วัน

- การเติมมูลวัวลงในถัง ปริมาณ 20 % ของถังหมัก ด้วยการผสมน้ำและกวนให้ละลาย
- หลังจากเติมหัวเชื้อคือ มูลวัวแล้ว ทิ้งระยะเวลาไว้ 3-5 วัน เพื่อให้เกิดจุลินทรีย์
- เติมกากน้ำตาลลงไป 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 $m^3$/hr ที่ความเร็วรอบ 2000 rpm มีค่าอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพเท่ากับ 14 $m^3$/hr ที่ความเร็วรอบ 2500 rpm มีค่าอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพเท่ากับ 14 $m^3$/hr ที่ความเร็วรอบ 2000 rpm มีค่าอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพเท่ากับ 18 $m^3$/hr ที่ความเร็วรอบ 3000 rpm มีค่าอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพเท่ากับ 20 $m^3$/hr ที่ความเร็วรอบ 3500 rpm มีค่าอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพเท่ากับ 24 $m^3$/hr ที่ความเร็วรอบ 4000 rpm มีค่าอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพเท่ากับ 26 $m^3$/hr

**การอภิปรายผล**

จากผลการวิจัยและสรุปผลการวิจัย พบว่า ในผลิตกระแสไฟฟ้าจากเศษอาหารและมูลสัตว์นั้นมีความเหมาะสมกับหน่วยงานที่มีแหล่งวัตถุดิบในการผลิตเช่น โรงเรียน โรงพยาบาล สถานศึกษาต่างๆ หรือสถานประกอบการที่มีเศษอาหารของโรงอาหารเพื่อนำมาก่อเกิดประโยชน์ และพื้นที่มีการสะสมของตะกอนดินที่เป็นส่วนประกอบของซากชีวมวลที่เกิดจากการทำสวนผลไม้ของชุมชน หรือเศษชีวมวลเหลือทิ้งของชาวเกษตรกร แต่การนำกลับมาใช้ประโยชน์ในชุมชนเป็นสิ่งที่ต้องใช้กระบวนการและเทคโนโลยีทางชีวภาพมาช่วยในการศึกษา ทั้งนี้เนื่องจากแก๊สชีวภาพนั้นกระบวนการหมักเพื่อเป็นก๊าซต้องอาศัยการย่อยสลายของอินทรีย์ หากเป็นเศษอาหารเช่นเศษผัก เหลือเปลือกผลไม้นั้นจะใช้เวลานานกว่า เศษอาหารที่เป็นชิ้นเล็กๆเช่น เมล็ดข้าว หรือ เนื้อสัตว์ ส่วนเศษอาหารประเภทกระดูก ก้างปลานั้น จะไม่ย่อยสลายในระยะเวลาที่จำกัดในการหมักเพื่อผลิตก๊าซ เพราะการผลิตกระแสไฟฟ้านั้นจำเป็นต้องใช้แก๊สชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงต้นกำลัง ดังนั้นการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยแก๊สชีวภาพนี้จึงมีความสัมพันธ์กัน

**สรุปและข้อเสนอแนะ**

การผลิตพลังงานทดแทนจากวัสดุเหลือทิ้งเศษอาหารและมูลสัตว์นั้นสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตเป็นพลังงานได้ใหม่ด้วยการผลิตเป็นแก๊สชีวภาพเพื่อใช้ทดแทนแก๊สหุงต้มในครัวเรือนและใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ด้วยการนำมาใช้กับเครื่องยนต์ขนาดเล็กหรือใหญ่ได้นั้นเป็นไปตามปริมาณก๊าซที่ผลิตและแหล่งวัตถุดิบที่สามารถทดแทนได้จากผลการศึกษาที่ได้สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. เมื่อเศษอาหารทำการหมักร่วมกับมูลวัวในสัดส่วนต่างๆ กันพบว่า สัดส่วนที่เหมาะที่สุดที่สามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้สูงสุด คือ สัดส่วน 1:2 โดยให้ปริมาณแก๊สชีวภาพสะสมสูงสุด 62.1 ลิตร และมีค่าต่ำสุดคือที่สัดส่วน 1:4 โดยให้ปริมาณแก๊สชีวภาพสะสมสูงสุด 35.4 ลิตร ปริมาณ $CH_4$ เท่ากับ 65.5 %

2. ที่ความเร็วรอบ 1500 rpm มีค่าอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพเท่ากับ 10 $m^3$/hr ที่ความเร็วรอบ 2000 rpm มีค่าอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพเท่ากับ 14 $m^3$/hr ที่ความเร็วรอบ 2500 rpm มีค่าอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพเท่ากับ 14 $m^3$/hr ที่ความเร็วรอบ 2000 rpm มีค่าอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพเท่ากับ 18 $m^3$/hr ที่ความเร็วรอบ 3000 rpm มีค่าอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพเท่ากับ 20 $m^3$/hr ที่ความเร็วรอบ 3500 rpm มีค่าอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพเท่ากับ 24 $m^3$/hr และที่ความเร็วรอบ 4000 rpm มีค่าอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพเท่ากับ 26 $m^3$/hr เป็นค่าสูงสุดการดำเนินการวิจัยที่ต้องอาศัยความวัตถุดิบที่มีจากชุมชนเพื่อผลิตงานที่ต้องการ

3. ควรเพิ่มวิธีการควบคุมปัจจัยในการหมักแก๊สชีวภาพในส่วนของการผลิตหากใช้ เปลือกผลไม้ หรือเศษชีวมวล ควรมีเครื่องย่อยเศษวัตถุดิบเหล่านี้หากต้องการผลิตเพิ่มเติมจากปริมาณเศษอาหาร

4. การผลิตแก๊สชีวภาพที่ใช้กับชุมชนจำเป็นต้องเลือกพื้นที่ที่มีวัตถุดิบในการผลิตให้เพียงพอ อาทิ ควรมีหัวเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นวัตถุดิบในพื้นที่ที่เพียงพอ ซึ่งจะทำให้การผลิตแก๊สชีวภาพมีความต่อเนื่องมากขึ้น เช่น ประชากรทางภาคเหนือ และอีสานนั้น จะดีมากเพราะมีหัวเชื้อจากมูลวัวไม่ต้องซื้อ

**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. ธัชกรผลพันธินและคณะ. (2557). **การศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียภาคอุตสาหกรรม**, วารสารวิจัยพลังงานปีที่ 11 ฉบับที่1 (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
3. ชนกพร วงษ์วัน และ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์. (2556). **การผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักร่วมของต้นข้าวโพดที่ปรับสภาพเบื้องต้นร่วมกับของเสียกลีเซอรอล**. 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). **การศึกษาปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักกากตะกอนที่เกิดจากระบบบำบัดน้ำเสียภายใต้กระบวนการธรรมชาติช่วยธรรมชาติ**. วารสารวิชาการ Veridian 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. ญสม 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 ศรีกัลานุกูล และ รุ่งทิพย์ กาวารี. (2556). **การผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากมูลสุกรโดยใช้กระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน**. รายงานผลการวิจัย ปีงบประมาณ 2555 มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สืบค้นเมื่อ 9 กุมภาพันธ์ 2558, แหล่งที่มา http://librae.mju.ac.th/goverment/20111119104834_librae/File20130711123112_7038.pdf