

ศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดการขยะอินทรีย์ในบริเวณมหาวิทยาลัยนเรศวร สำหรับผลิตก๊าซชีวภาพ

Feasibility Study of Organic Waste Management for Biogas Production in Naresuan University

ศศิธร จิตต์ปราณี และ สหฤดา ลาตปาละ *

บทคัดย่อ

การกำจัดขยะ จัดได้ว่าเป็นปัญหาระดับประเทศในปัจจุบัน โดยเฉพาะในเมืองที่มีความหนาแน่นของประชากรสูง แนวทางการกำจัดขยะที่ใช้กันทั่วไปคือการนำไปฝังกลบ การหมักให้เกิดก๊าซชีวภาพโดยนำก๊าซที่ได้ไปใช้เป็นเชื้อเพลิงแล้วกากที่เหลือนำไปทำปุ๋ย และการคัดแยกแล้วนำไปเผาโดยตรง แต่ในกรณีของขยะอินทรีย์มักนิยมใช้เทคโนโลยีการย่อยสลายเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลายรูปแบบ เช่น หุงต้ม หรือผลิตไฟฟ้าโดยใช้เครื่องยนต์ก๊าซ หรือใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อน้ำเพื่อผลิตน้ำร้อนหรือไอน้ำ เป็นต้น นอกจากนี้ยังได้ผลพลอยได้เป็นปุ๋ยสำหรับปรับสภาพดินที่สามารถนำมาใช้ในการเพาะปลูกพืช การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพของการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร สำหรับประยุกต์ใช้งานทางด้านความร้อนหรือผลิตไฟฟ้าใช้ จากการศึกษาพบว่าปริมาณขยะอินทรีย์ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวรที่ได้มาจากเศษอาหารของโรงอาหารภายในมหาวิทยาลัยซึ่งมีปริมาณถึง 333 กิโลกรัมต่อวัน และอีกส่วนหนึ่งได้จากกิจกรรมต่างๆภายในมหาวิทยาลัย ซึ่งเมื่อแยกขยะอินทรีย์ออกจากขยะทั้งหมดแล้วพบว่าร้อยละ 20 เป็นปริมาณขยะอินทรีย์คิดเป็น 546.57 กิโลกรัมต่อวัน ดังนั้นปริมาณขยะอินทรีย์ทั้งหมดที่จะรวบรวมได้ในมหาวิทยาลัยนเรศวรคือ 879.57 กิโลกรัมต่อวัน และสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ถึง 88 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน คิดเป็นค่าความร้อนได้ 1841.84 เมกะจูล สามารถผลิตไฟฟ้าได้ประมาณ 38,544 กิโลวัตต์ ชั่วโมงต่อปี และก๊าซหุงต้ม 14,775 กิโลกรัมต่อปี

คำสำคัญ : ขยะอินทรีย์, ก๊าซชีวภาพ

Abstract

Waste disposal has become a serious problem in the national level, especially, in metropolitan areas with dense population. Disposing of waste in a landfill is conventional. However, with the fermentation of waste, we are able to produce biogas that can be used as energy; meanwhile, another benefit from some waste left from this technique is the production of organic fertilizer. Incineration is often chosen as the last means of disposing waste which is unable to be recycled. In case of organic waste, it is popular that the waste is managed by the use of biodegradation method to produce biogas and other forms of energy, including household gas heat, the electricity for gas-based engine or a fuel for gas-fired boilers, etc. In addition, organic fertilizer is generated as a by-product of waste fermentation. It is good for nourishing the soil. This study aims at examining waste management for producing biogas in Naresuan University and the feasibility of utilizing biogas as an energy source in heat and electricity production.

วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

According to the study, it was found that organic waste in Naresuan University was mainly supplied by the university's cafeteria, which was 333 kilograms per day. The number of waste in the university, after the separation of organic waste, accounts of 20% or 546.57 kilograms per day. Therefore, the total amount of organic waste obtained from the university was 879.57 kilograms. With the waste, biogas production was 88 cubic meters per day. Convert to heating value 1841.84 MJ , electrical power 38,544 kW-hr per year and LPG gas 14,775 kg per year.

Keyword : Organic waste, Biogas

บทนำ

อัตราการเพิ่มปริมาณประชากรภายในมหาวิทยาลัยนเรศวรมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลกระทบให้มีปริมาณขยะมูลฝอยเพิ่มขึ้นในแต่ละวัน โดยขยะมูลฝอยนี้มีองค์ประกอบที่หลากหลาย จึงทำให้การกำจัดเป็นไปได้ยากเพราะความชื้น ซึ่งการแยกขยะอินทรีย์หรือขยะที่ย่อยสลายได้จากขยะทั้งหมดเป็นวิธีการหนึ่งในการแก้ปัญหาการกำจัดขยะภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร และขยะอินทรีย์ที่แยกออกมานั้นสามารถนำไปผลิตเป็นก๊าซชีวภาพได้ ซึ่งสอดคล้องกับวิกฤตการณ์ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่รุนแรงของสังคมโลกปัจจุบัน อันเกิดจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงต้องแสวงหาแหล่งพลังงานทดแทนเพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ก๊าซชีวภาพเป็นพลังงานทดแทนชนิดหนึ่งที่เกิดจากการแปรรูปชีวมวลเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่ง จะได้มาจากกระบวนการย่อยสลาย โดยไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic digestion) ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จะมีองค์ประกอบหลักคือก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพ คือ มูลสัตว์ ขยะจากการเกษตร เศษอาหาร ซึ่งรวมเรียกว่าขยะอินทรีย์ (Organic waste) ผลผลิตจากกระบวนการย่อยสลายนี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทั้งทางด้านการผลิตกระแสไฟฟ้าและความร้อน ในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพอาจจะมี การแยกกากของแข็งและของเหลวออกจากกัน โดยนำกากของแข็งไปใช้เป็นปุ๋ยของพืช และในส่วน ของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตสามารถทำการบำบัด เพื่อนำกลับไปใช้ในรดน้ำพืชได้อีกด้วย ซึ่งจะพบว่า การจัดการขยะอินทรีย์โดยวิธีนี้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และเป็นการพัฒนาพลังงานทางเลือก เพื่อรองรับความต้องการใช้พลังงานในประเทศซึ่งสอดคล้องกับแผนพัฒนาแห่งชาติฉบับที่ 10 (พ.ศ.2550-2554) (กระทรวงพลังงาน, 2551)

วิธีดำเนินการศึกษา

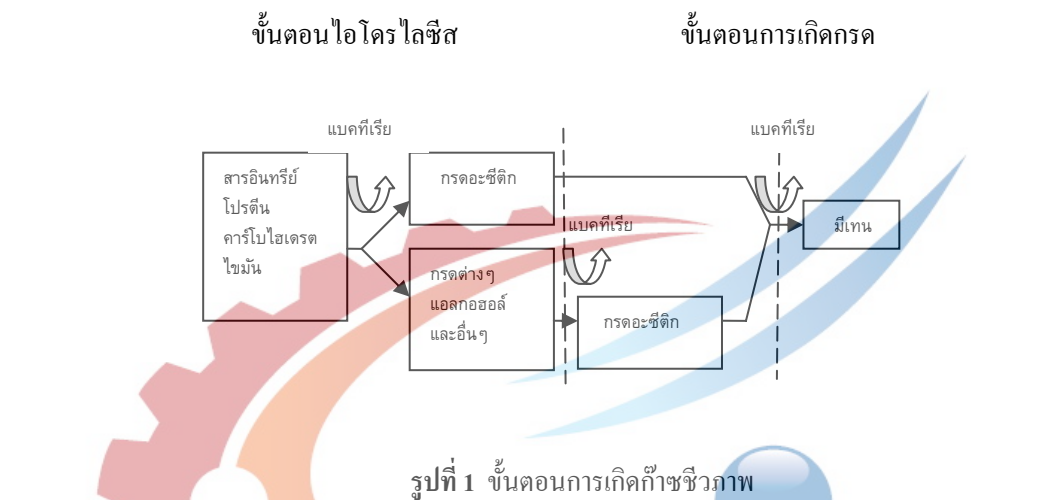
การศึกษาความเป็นไปได้ครั้งนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์ในมหาวิทยาลัยนเรศวร และการนำก๊าซชีวภาพไปประยุกต์ใช้

เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ (Biogas technology)

เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ เป็นการเปลี่ยนรูปพลังงานจากชีวมวลให้เป็นพลังงานในสถานะก๊าซรูปแบบหนึ่ง (Biogas) ซึ่งเป็นผลผลิตที่ได้จากกระบวนการย่อยสลายโดยไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic digestion) โดยปกติ องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ ประกอบด้วย มีเทน ร้อยละ 60 คาร์บอนไดออกไซด์ ร้อยละ 35 และอื่น ๆ อีก ร้อยละ 5 ตามลำดับ ซึ่งเป็นส่วนผสมของ ไฮโดรเจน ไนโตรเจน แอมโมเนีย ไฮโดรเจนซัลไฟด์ คาร์บอนมอนอกไซด์

ไซค์ โวลีนโทเนอมีน (Volatile amines) และน้ำ กระบวนการย่อยสลายชีวมวลโดยไม่ใช้ออกซิเจน จะอาศัยแบคทีเรีย ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอนใหญ่ๆ (ดังรูปที่ 1) คือ

1. ขั้นตอนไฮโดรไลซิส (Hydrolysis phase) เป็นขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยใช้เอนไซม์ที่มีโมเลกุลใหญ่ เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมันต่างๆ ให้เป็นโมเลกุลเล็ก ทำให้สามารถผ่านเนื้อเยื่อของแบคทีเรีย
2. ขั้นตอนการเกิดกรด (Acid phase) เป็นขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์โมเลกุลเล็กๆ เช่น กรดต่างๆ แอลกอฮอล์ ให้เป็นกรดอะซิติก โดยใช้แบคทีเรีย (Acid-forming bacteria)
3. ขั้นตอนการเกิดมีเทน (Methane phase) เป็นขั้นตอนสุดท้าย ซึ่งจะใช้แบคทีเรียย่อยสลายกรดอะซิติกให้เป็นมีเทน ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของก๊าซชีวภาพ (กระทรวงพลังงาน, 2551)

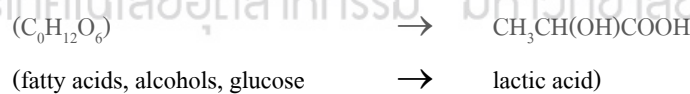


กระบวนการเกิดมีเทนที่ใช้เซลลูโลสเป็นสารตั้งต้นแสดงได้ดังสมการ

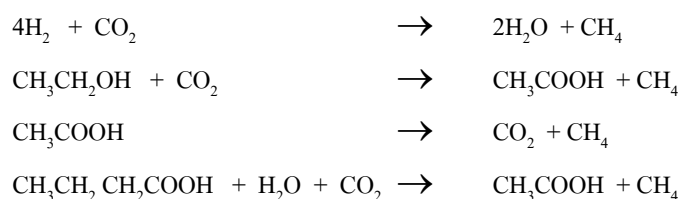
1. ขั้นตอนไฮโดรไลซิส



2. ขั้นตอนการเกิดกรด



3. ขั้นตอนการเกิดมีเทน



กระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพทั้ง 3 ขั้นตอน จะเกิดขึ้นในเวลาเดียวกัน ดังนั้น เมื่อขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งเกิดขึ้นมากเกินไป จะทำให้มีผลกระทบต่อกระบวนการเกิดมีเทน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขั้นตอนการเกิดกรด ถ้ามีกรดมากเกินไป

จะมีผลต่อแบคทีเรียที่ใช้สำหรับการเกิดมีเทน ตามทฤษฎีแล้วค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่เหมาะสม จะมีค่าอยู่ระหว่าง 6.8 – 7.2

แบคทีเรียที่ใช้สำหรับการย่อยสลายเพื่อให้เกิดมีเทน จะใช้แบคทีเรียพวก Morphological 4 กลุ่ม คือ Rod-shaped cells, Sporulation type เช่น *Methanobacillus* กลุ่ม Rod-shaped cells, Non-sporulation เช่น *Methanobacterium* กลุ่ม Spherical cells in sarcima arrangement เช่น *Methanosarcina* และ กลุ่ม Spherical cells not in sarcima arrangement *Methanococcus* อุณหภูมิมีผลกับแบคทีเรียพวกนี้เป็นอย่างมาก โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการทำงานคือ 35 องศาเซลเซียส และไม่สามารถใช้ ไนโตรเจน หรือคาร์บอนจากแหล่งคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนได้ การสร้างความสมดุลระหว่างปริมาณของแบคทีเรียที่ใช้ในขั้นตอนของการเกิดกรด และขั้นตอนการเกิดมีเทนมีความสำคัญมาก เพราะการทำงานของแบคทีเรียที่สร้างมีเทนนี้เป็นฟังก์ชันของแบคทีเรียที่ใช้ในขั้นตอนการเกิดกรด (สิริสุข จินดารักษ์, 2551)

พลังงานจากก๊าซชีวภาพประมาณ 1 ลูกบาศก์เมตรมีค่าเท่ากับ 5000 กิโลแคลอรี หรือ 20.93 เมกะจูล ซึ่งเทียบเท่าเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ดังตารางที่ 1 (โครงการเครือข่ายสารสนเทศด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย, 2552)

ตารางที่ 1 ก๊าซชีวภาพ 1 m³ เทียบกับเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ

เชื้อเพลิง	ปริมาณ	หน่วย
ก๊าซหุงต้ม(LPG)	0.46	กิโลกรัม
น้ำมันดีเซล	0.60	ลิตร
น้ำมันเบนซิน	0.67	ลิตร
น้ำมันเตา	0.55	ลิตร
ไฟฟ้า	1.20	กิโลวัตต์ ชั่วโมง
ฟืนไม้	1.50	กิโลกรัม

บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พลังงานที่ผลิตได้จากเทคโนโลยีย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยทั่วไปขยะอินทรีย์ 1 ตัน จะได้ก๊าซชีวภาพประมาณ 100-200 ลูกบาศก์เมตร มีมีเทนเป็นองค์ประกอบ 55-70% และมีค่าความร้อนประมาณ 20-25 เมกะจูลต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งพลังงานประมาณ 20-40% ของพลังงานของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ จะถูกนำมาใช้ในระบบทั้งในรูปของพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน และจะมีพลังงานไฟฟ้าส่วนที่เหลือประมาณ 75-100 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตันขยะ (กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2548)

โครงการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์ครัวเรือน ศูนย์ปฏิบัติการวิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อม กำแพงแสน มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ร่วมกับคำแสตริเวอร์แควรีสอร์ท กาญจนบุรี ได้สร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพ เป็นถังหมักทำด้วยคอนกรีต มีอุปกรณ์การกวนผสม อัตราการป้อนสารอินทรีย์ 1 ตัน/วัน ปริมาณก๊าซที่ได้ประมาณ 70 m³/วัน มีระบบเก็บก๊าซและทำความสะอาดก๊าซ และนำไปใช้เป็นพลังงานความร้อนในครัวเรือน ค่า

ลงทุน 2,000,000 บาท ปริมาณก๊าซที่ได้จากระบบคิดเป็นมูลค่า 50,000 บาท/เดือน ดำเนินการตั้งแต่ปี 2549 จนถึงปัจจุบัน (บุญมา ปานประดิษฐ์ และคณะ, 2552)

โรงเรียนท่าพระรักษาภิเษก จ.ชุมพร ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน 8 แสนบาท เพื่อสร้างบ่อก๊าซชีวภาพที่สามารถรองรับเศษอาหารและขยะอินทรีย์ได้ 0.8 ตัน/วัน (ขยะเศษอาหาร 0.5 ตัน/วันและขยะอินทรีย์ 0.3 ตัน/วัน) นำมาทดแทนก๊าซหุงต้ม ได้วันละ 2 ถึง ถึงละ 48 กิโลกรัม คิดเป็นเงินประมาณ 2,000 บาท/วัน (มติชนรายวัน , 5 พ.ค. 2551)

โรงอาหารคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีเศษอาหารวันละประมาณ 58 กิโลกรัม องค์ประกอบส่วนใหญ่ คือ ข้าว ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ ตามลำดับ มีค่าความชื้นทั้งหมดเฉลี่ย 74.21 เปอร์เซ็นต์ และค่าของแข็งทั้งหมดเฉลี่ย 25.79 เปอร์เซ็นต์ การผลิตก๊าซชีวภาพทำได้โดยการย่อยสลายในถังหมักแบบต่อเนื่องสองขั้นตอนภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน ถึงใบแรกมีปริมาตร 27.7 ลิตร และใบที่สองมีปริมาตร 52.8 ลิตร ดำเนินระบบโดยการเติมสารละลายเศษอาหารที่มีค่า ของแข็งทั้งหมด 4%(w/v) ที่ระยะเวลาเก็บกัก 35,30,25และ20 วัน คิดเป็นอัตราการป้อนสารอินทรีย์เท่ากับ 5.77,6.39,8.3และ10.27 กรัม ซีโอดี/ลิตร.วัน ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 35 วัน ระบบสามารถลดปริมาณความสกปรก คิดเป็นค่าซีโอดี ได้สูงสุดถึง 90.1% และผลิตก๊าซชีวภาพโดยรวมเท่ากับ 31.2 ลิตร/วัน มีสัดส่วนมีเทน 57% ของปริมาณก๊าซทั้งหมด และปริมาณของแข็งทั้งหมดลดลง 84.3% ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณของแข็งระเหยทั้งหมดที่ลดลง89% และ ที่ระยะเวลาเก็บกัก 20 วัน สามารถลดปริมาณความสกปรก คิดเป็นค่าซีโอดีได้ 82.1% และผลิตก๊าซชีวภาพได้สูงสุดถึง 54.4 ลิตร/วัน และมีความเข้มข้นของมีเทนเท่ากับ 61.3% (ปราโมทย์ สิริ โรจน์ และคณะ,2552)

การสำรวจข้อมูล

ข้อมูลปริมาณขยะอินทรีย์ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร ได้จากการสำรวจข้อมูลโดยแบ่งเป็น 2 คือ

1. ข้อมูลปริมาณขยะมูลฝอยทั้งหมดภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร ได้ข้อมูลจากสำนักงานอธิการบดี กองกลาง งานอาคารสถานที่ โดยเป็นข้อมูลการจ่ายค่าธรรมเนียมการกำจัดสิ่งปฏิกูลและมูลฝอย ประจำเดือน ตุลาคม ถึง ธันวาคม 2551

2. ข้อมูลปริมาณขยะอินทรีย์ประเภทเศษอาหาร ได้จากการสอบถามพนักงานประจำโรงอาหารและร้านอาหารประจำคณะ ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร

ผลการสำรวจข้อมูล

ข้อมูลปริมาณขยะมูลฝอยทั้งหมดภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร และปริมาณขยะอินทรีย์โดยคิดจากอัตรา ร้อยละ 20 ของปริมาณขยะมูลฝอยทั้งหมด ดังตารางที่ 2 รวมระยะเวลา 3 เดือน มีขยะอินทรีย์ 49,192 กิโลกรัม เฉลี่ย 546.57 กิโลกรัม/วัน

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณขยะภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร

เดือน/2551	ขยะมูลฝอยทั้งหมด (กก.)	ขยะอินทรีย์ (กก.)
ตุลาคม	92,810	18,562
พฤศจิกายน	90,610	18,122
ธันวาคม	62,540	12,508

สำหรับข้อมูลปริมาณขยะอินทรีย์ประเภทเศษอาหาร ได้จากการสอบถามพนักงานประจำโรงอาหารและร้านอาหารประจำคณะ ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร จำนวน 11 แห่ง โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 3 โดยข้อมูลนี้สำรวจ ณ วันที่ 20 มกราคม 2552

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณขยะอินทรีย์ประเภทเศษอาหาร

สถานที่	ปริมาณเศษอาหาร (กก.)
วิทยาลัยพลังงานทดแทน	3
โภชนาการ 2	50
หน้าหอพักนิสิตอาคารขวัญเมือง	70
คณะวิศวกรรมศาสตร์	10
คณะเกษตรศาสตร์	10
คณะมนุษยศาสตร์	5
คณะแพทยศาสตร์	15
คณะวิทยาศาสตร์	10
คณะสาธารณสุขศาสตร์	10
อาคารเฉลิมพระเกียรติ	50
โรงพยาบาล	100
รวม	333

รวมข้อมูลปริมาณขยะอินทรีย์จากทั้ง 2 ส่วน เท่ากับ 879.57 กิโลกรัม/วัน

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
สรุป

ถ้านำขยะอินทรีย์จำนวนนี้ไปผลิตก๊าซชีวภาพ จะได้ก๊าซชีวภาพปริมาณขึ้นต่ำอยู่ที่ประมาณ 88 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีค่าความร้อนประมาณ 1,841.84 เมกะจูลต่อวัน ถ้าพิจารณาในด้านของพลังงานความร้อน สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการซื้อก๊าซหุงต้มได้ถึง 40.48 กิโลกรัมต่อวัน คิดเป็นเงินประมาณ 321,930 บาทต่อปี (ราคาน้ำมัน NGV LPG วันนี้, 26 ก.พ.2552) และพิจารณาในด้านของพลังงานไฟฟ้า สามารถผลิตไฟฟ้าได้ถึง 105.60 กิโลวัตต์ ชั่วโมงต่อวัน คิดเป็นเงินประมาณ 82,530 บาทต่อปี (อัตราค่าไฟฟ้าจำแนกตามกิจการไฟฟ้า, 2552) นอกจากนั้นการผลิตก๊าซชีวภาพ ทำให้มหาวิทยาลัยลดค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บขยะส่วนนี้ 546.57 กิโลกรัม/วัน หรือประมาณปีละ 200 ตัน คิดเป็นเงิน 97,000 บาทต่อปี คิดที่ราคาการจัดการขยะตันละ 485 บาท (สำนักงานพลังงานทดแทน สำนักงานเทศบาลนครพิษณุโลก, 2551)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์และนักวิจัยของวิทยาลัยพลังงานทดแทน เจ้าหน้าที่ของสำนักงานอธิการบดี กองกลาง งานอาคารสถานที่ เจ้าหน้าที่ของเทศบาลนครพิษณุโลก และพนักงานประจำโรงอาหารและร้านอาหารแต่ละคณะ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในเรื่องคำแนะนำต่างๆ และข้อมูลสนับสนุนในการศึกษาครั้งนี้ ทำให้การศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2548). **พลังงานขยะ**. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 ธันวาคม 2551 จาก <http://library.dip.go.th/multim5/edoc/14350.doc>

โครงการจัดทำระบบฐานข้อมูลพลังงานเพื่อการวิเคราะห์และวางแผนยุทธศาสตร์พลังงานของประเทศ. (2551). **พลังงานจากขยะ**. สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และสำนักนโยบายและแผนยุทธศาสตร์สำนักปลัดกระทรวงพลังงาน กระทรวงพลังงาน.

โครงการเครือข่ายสารสนเทศ. (2552). **ด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย**. สืบค้นเมื่อวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2552 จาก <http://teenet.chiangmai.ac.th/btc/index.php>

บุญมา ปานประดิษฐ์ และคณะ. (2552). **โครงการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์ครัวเรือน**. ศูนย์ปฏิบัติการวิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อม กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ร่วมกับ คำแสตริเวอร์เคอร์วิสเซอร์ทกาญจนบุรี. สืบค้นเมื่อวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2552 จาก www.ku.ac.th/e-magazine/july51/agri/energy.htm

ปราโมทย์ ศิริโรจน์ และคณะ. (2552). **การผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหาร**. ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สืบค้นเมื่อวันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2552 จาก <http://alameen2008.thaiza.com>

มติชนรายวัน. (2551). **การศึกษาสู่เศรษฐกิจฉบับวันจันทร์ ที่ 5 พฤษภาคม พ.ศ.2551** หน้า 23. สืบค้นเมื่อวันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2552 จาก <http://www.thaienv.com/th/index.php>

ราคาน้ำมัน NGV LPG วันนี้. สืบค้นเมื่อวันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2552 จาก <http://car.mthai.com/gasprice.php>

สิรินุช จินดารักษ์. (2551). **การเปลี่ยนรูปชีวมวลเป็นพลังงาน**. ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก.

สำนักงานการคลัง งานผลประโยชน์ สำนักงานเทศบาลนครพิษณุโลก. (2551). **เอกสารแจ้งค่าธรรมเนียมในการกำจัดสิ่งปฏิกูลและมูลฝอย**.

อัตราค่าไฟฟ้าจำแนกตามกิจการไฟฟ้า. สืบค้นเมื่อวันที่ 5 มีนาคม 2552 จาก <http://www.mea.or.th/tariffbywork.htm#type6>