



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ

การศึกษาความเป็นไปได้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ
จากเศษอาหารด้วยเทคโนโลยีการหมัก
กรณีศึกษาโรงครัวผลิตอาหารมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

The Study on the Possibility of Enhancing the Biogas Production
from Garbage through Fermentation Technology
Case Study: the Campus Kitchen at
Suan Dusit Rajabhat University

รศ.นียดา	สวัสดีพงษ์
ดร.วาสนศักดิ์	ลี้มควรสุวรรณ
นางสาวพรธิดา	เทพประสิทธิ์
นายรุ่งเกียรติ	ยิ่งเจริญรุ่งโรจน์
นายมณฑล	สุวรรณประภา

กันยายน 2557

รหัสโครงการ 2555A15762014

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ

การศึกษาความเป็นไปได้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ
จากเศษอาหารด้วยเทคโนโลยีการหมัก
กรณีศึกษาโรงครัวผลิตอาหารมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

The Study on the Possibility of Enhancing the Biogas Production
from Garbage through Fermentation Technology
Case Study: the Campus Kitchen at
Suan Dusit Rajabhat University

รศ.นียดา	สวัสดิพงษ์
ดร.วาศนศักดิ์	ลิ้มควรสุวรรณ
นางสาวพรธิดา	เทพประสิทธิ์
นายรุ่งเกียรติ	ยิ่งเจริญรุ่งโรจน์
นายมลฑล	สุวรรณประภา

ศูนย์สิ่งแวดล้อม และหลักสูตรสิ่งแวดล้อมเมืองและอุตสาหกรรม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

สนับสนุนโดย สำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษา
และพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ
สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

หัวข้อวิจัย	การศึกษาความเป็นไปได้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารด้วยเทคโนโลยีการหมัก : กรณีศึกษาโรงครัวผลิตอาหารมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต		
ผู้ดำเนินการวิจัย	รศ.นิตดา	สวัสดีพงษ์	หัวหน้าโครงการ
	ดร.วาศนศักดิ์	ลิ่มควรสุวรรณ	ผู้ร่วมโครงการ
	นางสาวพรธิดา	เทพประสิทธิ์	ผู้ร่วมโครงการ
	นายรุ่งเกียรติ	ยิ่งเจริญรุ่งโรจน์	ผู้ร่วมโครงการ
	นายมลทล	สุวรรณประภา	ผู้ร่วมโครงการ
ที่ปรึกษา	รศ.ดร.ภาวิณี	ชัยประเสริฐ	
หน่วยงาน	ศูนย์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หลักสูตรสิ่งแวดล้อมเมืองและอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต		
ปี พ.ศ.	2557		

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารโรงครัวมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิตด้วยถังหมักไร้อากาศ คุณลักษณะของเศษอาหารที่ใช้ในการทดสอบนี้มีค่าความชื้นสูงมากกว่าร้อยละ 60 มีค่าสารอินทรีย์อยู่ที่ 194,133 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำการทดสอบประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารด้วยวิธี Biochemical Methane Potential (BMP) พบว่าสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ทั้งหมด 337 มิลลิลิตร มีเทน 215 มิลลิลิตร หลังจากนั้นทำการทดสอบเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพโดยแปรผันค่าสารอาหารต่อปริมาณเชื้อในระบบ (F/M ratio) พบว่าที่ 0.5 มีปริมาณก๊าซชีวภาพและก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้นเป็น 1,376 มิลลิลิตร และ 888 มิลลิลิตรตามลำดับ และเมื่อทำการให้ความร้อนเบื้องต้นต่อสารเศษอาหารก่อนป้อนเข้าระบบทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพและก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้นเป็น 1,729 มิลลิลิตรและ 1,080 มิลลิลิตร ตามลำดับ การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพและประเมินผลผลิตผลก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารด้วยถังหมักแบบไร้อากาศ CSTR เศษอาหารจากโรงครัวสวนดุสิต แบ่งออกเป็น 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงการปรับสภาพเชื้อ และการเดินระบบด้วยการเพิ่มภาระสารอินทรีย์ เป็นระยะเวลา 46 วัน พบว่าอัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ดี คือ F/M Ratio ที่ 0.5 และ 0.75 สามารถผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารในถัง CSTR ได้เฉลี่ยมากกว่า 10 ลิตรต่อวัน เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพของระบบถึงปฏิกรณ์ พบว่าประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพสูงสุดอยู่ที่สัดส่วนสารอาหารต่อเชื้อ 0.75

Research Title	The Study on the Possibility of Enhancing the Biogas Production from Garbage through Fermentation Technology Case Study: The Campus Kitchen at Suan Dusit Rajabhat University		
Researchers	Assoc.Prof. Niyada Sawasdipong		Research Leader
	Dr. Vassanasak Limkhuansuwan		Research Associate
	Miss Porntida Teprasit		Research Associate
	Mr. Rungkiat Yingcharoenrunroj		Research Associate
	Mr. Montol Suwanprapha		Research Associate
Research Consultant	Assoc.Prof.Dr. Pawiness Chaiprasert		
Organization	Environmental Center, Faculty of Science and Technology, Urban and Industrial Environment Program, Suan Dusit Rajabhat University		
Year	2014		

The purpose of this research is to study the method of enhancing the biogas production from food waste, which was discarded at the campus kitchen of Suan Dusit Rajabhat University, through anaerobic digestion. The food waste used for this research featured an exceeding 60 percent of moisture content and 194,133 mg/L of organic content (COD). Biochemical Methane Potential (BMP) was used to test the capacity of producing biogas from food waste. The test shows that in total, 337 ml of biogas and 215 ml of methane are generated. In order to increase the capacity of biogas production, another test was afterward conducted by varying nutrient content in microorganism ratio (F/M ratio). Such test shows that at the 0.5 optimum ratios, the amounts of biogas and methane increase at 1,376 ml and 888 ml respectively. Before supplying food waste to the test system, heat was previously provided to the food waste. Biogas and methane were thus efficiently and increasingly produced at 1,729 ml and 1,080 ml respectively. The study on the capacity enhancement and the evaluation of biogas production from the food waste of the campus kitchen at Suan Dusit Rajabhat University through anaerobic digestion (CSTR) were divided into 2 intervals: food waste conditioning and system running with additional organic loading. The 46-day intervals show that the microorganism ratio can efficiently produce biogas at the 0.5 F/M ratios, and that the 0.75 ratios can produce biogas from food waste through CSTR with an exceeding 10-liter average each day. Compared to the capacity of biogas production through the CSTR system, the study therefore shows that the most efficient biogas production presents at 0.75 ratios.

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษางานวิจัยในหัวข้อเรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารด้วยเทคโนโลยีการหมัก กรณีศึกษาโรงครัวผลิตอาหารมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ได้ดำเนินการสำเร็จและลุล่วงได้ดีเนื่องจากได้รับความช่วยเหลือและอนุเคราะห์จากหลายส่วน คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ศูนย์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่และเครื่องมือในการทำวิจัยนี้ ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการวิจัย Waste Utilization Management มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร ในการอนุเคราะห์เครื่องมือในการวิเคราะห์องค์ประกอบก๊าซชีวภาพ และขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ครัวสวนดุสิต อาคาร 11 มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างเศษอาหาร และโรงผลิตเบียร์สิงห์ บริษัทบุญรอดบริเวอรี่ จังหวัดสุพรรณบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ตะกอนเชื้อจุลินทรีย์ ในการวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณแหล่งเงินทุนที่ทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก สำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนา มหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักคณะกรรมการอุดมศึกษา คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

คณะผู้วิจัย

2557

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
ทฤษฎีและการทบทวนวรรณกรรม	4
ชยะ	5
ก๊าซชีวภาพ	10
คุณสมบัติทั่วไปของก๊าซธรรมชาติ	13
กระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกาศ	14
สภาวะแวดล้อมที่ส่งผลต่อจุลินทรีย์ในกระบวนการบำบัดแบบไม่ใช้ออกาศ	16
ประเภทของระบบผลิตก๊าซชีวภาพที่นิยมใช้	19
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	40
อุปกรณ์ในการศึกษา	40
เศษอาหาร	42
ตะกอนเชื้อจุลินทรีย์เบื้องต้น	43

ถึงปฏิกรณ์ไร้อากาศ	43
การทดสอบค่ากิจกรรมการใช้สารอาหารจุลินทรีย์	44
การทดสอบความสามารถในการผลิตก๊าซชีวภาพของเศษอาหาร	45
การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหาร	45
การทดสอบประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพในถังหมักไร้อากาศ	46
วิธีการเดินระบบการผลิตก๊าซชีวภาพโดยระบบถังกวนสมบูรณ์	47
แบบสภาวะไร้อากาศ	
การวิเคราะห์ตัวอย่างและพารามิเตอร์ต่าง ๆ	49
การวิเคราะห์ค่ามีเทนด้วยเครื่องกราฟโครมาโทกราฟฟี	50
บทที่ 4 ผลการวิจัย	51
ผลการศึกษาคุณลักษณะของเศษอาหาร	51
คุณลักษณะและประสิทธิภาพของตะกอนเชื้อจุลินทรีย์	53
การทดสอบความสามารถเบื้องต้นในการผลิตก๊าซชีวภาพของเศษอาหาร	54
ผลการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหาร	57
ปริมาณและสัดส่วนก๊าซจากเศษอาหารที่ผ่านการนึ่งความร้อนเบื้องต้น	64
ผลกระทบค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าความเป็นด่างทั้งหมด (Alk) และค่ากรดอินทรีย์ระเหยง่าย (VFA) ต่อประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ	66
ก่อนและหลังการหมักก๊าซชีวภาพ	
การทดสอบประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพในถังหมักไร้อากาศ	67
การประเมินผลผลิตองค์ประกอบก๊าซชีวภาพในถัง CSTR	67
สภาวะแวดล้อมของถังปฏิกรณ์ CSTR ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ค่าความเป็นด่าง (Alk) และค่ากรดอินทรีย์ระเหยง่าย (TVA)	69
ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบถัง CSTR	70
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	72
สรุปผลการวิจัย	72
อภิปรายผล	74
ข้อเสนอแนะ	75

หน้า

รายงานสรุปการเงิน	76
บรรณานุกรม	77
ภาคผนวก	82
ประวัติผู้วิจัย	105

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงลักษณะประเภทตามแหล่งกำเนิดและปริมาณขยะชุมชน	8
2.2	แสดงลักษณะองค์ประกอบและปริมาณขยะในเขตกรุงเทพมหานคร	12
2.3	แสดงลักษณะองค์ประกอบและปริมาณขยะในเขตจังหวัดนนทบุรี	12
2.4	แสดงองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ	13
3.1	ปริมาณเศษอาหารที่ป้อนเข้าสู่ระบบในช่วงเดินระบบ	47
3.2	แสดงความถี่และวิธีการวิเคราะห์พารามิเตอร์ประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซของถัง CSTR	49
4.1	แสดงปริมาณและคุณลักษณะทางกายภาพของเศษอาหาร	51
4.2	คุณสมบัติของเศษอาหารจากโรงอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต	52
4.3	ตารางเปรียบเทียบคุณลักษณะเศษอาหารที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้	53
4.4	แสดงคุณสมบัติของเชื้อจุลินทรีย์	54
4.5	ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าความเป็นด่างทั้งหมด (Alk) และค่ากรดอินทรีย์ระเหยง่าย (TVA)	66
5.1	เปรียบเทียบแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพจากปริมาณก๊าซชีวภาพ	74

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า	
2.1	กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะปราศจากออกซิเจน	15
3.1	แสดงขั้นตอนการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพก๊าซชีวภาพจากเศษอาหาร	41
3.2	คุณลักษณะของเศษอาหารทางกายภาพจากโรงอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต	42
3.3	ตะกอนเชื้อจุลินทรีย์จากระบบ UASB ของโรงงานเปียร์ลิงก์ บริษัทบุญรอดบริเวอรี่	43
3.4	ชุดถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบระบบถังกวนสมบูรณ์ไร้อากาศ	44
3.5	เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟฟีรุ่น SHIMADZU GC- 14b	50
4.1	แสดงลักษณะทางกายภาพของเศษอาหาร	52
4.2	ปริมาณก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารโรงอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต	55
4.3	ปริมาณก๊าซมีเทนจากเศษอาหารโรงอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต	56
4.4	เปรียบเทียบผลผลิตก๊าซมีเทน (methane yield)	57
4.5	ปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพในแต่ละสัดส่วนสารอาหารต่อเชื้อที่ระยะเวลา 55 วัน	59
4.6	ปริมาณการเกิดก๊าซมีเทนในแต่ละสัดส่วนสารอาหารต่อเชื้อที่ระยะเวลา 55 วัน	60
4.7	เปรียบเทียบผลผลิตก๊าซมีเทน (methane yield) ที่สัดส่วนสารอาหารต่อเชื้อต่างๆ	60
4.8	ปริมาตรก๊าซชีวภาพสะสมทั้งหมดในอาหารที่ทำกรนึ่งฆ่าเชื้อ	61
4.9	ปริมาตรก๊าซมีเทนสะสมทั้งหมดในอาหารที่ทำกรนึ่งฆ่าเชื้อ	62
4.10	ผลการเปรียบเทียบปริมาตรสะสมของก๊าซชีวภาพและก๊าซมีเทนที่สัดส่วนสารอาหารต่อเชื้อที่ 0.5	63
4.11	การเปรียบเทียบ methane yield ระหว่างเศษอาหารที่ให้และไม่ให้ความร้อนเบื้องต้น	64
4.12	องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ (มิลลิลิตร)	65
4.13	องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ (ร้อยละ)	65
4.14	แสดงปริมาณก๊าซชีวภาพในการเดินระบบถัง CSTR ในช่วงต่างๆ	68
4.15	แสดงสัดส่วนองค์ประกอบก๊าซชีวภาพในถังปฏิกรณ์ CSTR	69
4.16	แสดงสภาวะแวดล้อมของการเดินระบบถังปฏิกรณ์ CSTR	70
4.17	แสดงประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ของถังปฏิกรณ์ CSTR	71

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

F/M	=	อัตราส่วนอาหารต่อเชื้อจุลินทรีย์
pH	=	ค่าความเป็นกรด-ด่าง
TS	=	ของแข็งทั้งหมด
VS	=	ของแข็งระเหย
Ash	=	ปริมาณเถ้า
TVA	=	กรดอินทรีย์ระเหยทั้งหมด
ALK	=	สภาพด่างทั้งหมด
TKN	=	ค่าปริมาณโปรตีน (ไนโตรเจน) ทั้งหมด
COD	=	ความต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ทางเคมี
l/d	=	ลิตร/วัน
mg/l	=	มิลลิกรัม/ลิตร
CSTR	=	ถังปฏิกรณ์แบบกวนสมบูรณ์
C/N	=	อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน
MJ/d	=	เมกกะจูล/วัน