

รายงานการวิจัยเรื่อง

การผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งจากชุมชนบริเวณปากแม่น้ำเพชรบุรี

The biogas production of food waste and water waste from
Bang Ta Boon estuary, Phetchaburi Province

จุติพร อินทะนิน และคณะ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

2562

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

(งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561)

หัวข้อวิจัย	การผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งจากชุมชนบริเวณปากแม่น้ำเพชรบุรี
ผู้ดำเนินการวิจัย	จุติพร อินทะนิน กังสดาล สกฤตพงษ์มาลี ปองพล รักการงาน ภาณุศักดิ์ มูลศรี เจิมจง ประรณารักษ์ ชลิตล อินยาศรี กชศร หัสโรค์
ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ทิมทรัพย์
หน่วยงาน	สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี/ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
ปี พ.ศ.	2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งจากชุมชนบริเวณปากแม่น้ำเพชรบุรี ที่เหมาะกับการใช้ในชุมชน ทำการศึกษาเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักร่วมระหว่างมูลสัตว์ เศษอาหาร และน้ำทิ้งจากชุมชนภายในระบบถังหมัก และหาศักยภาพทางความร้อนของก๊าซชีวภาพ ซึ่งส่วนแรกเป็นการการทดลองหาสัดส่วนที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยทำการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ วัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก คือมูลโค มูลสุกร มูลไก่ เศษอาหารและน้ำทิ้งจากชุมชน ทั้ง 3 ชุดการทดลอง มีสัดส่วนแตกต่างกัน เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพ ส่วนที่สองเป็นการออกแบบระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบระบบฝาครอบแช่ในน้ำโดยใช้ถังพลาสติกขนาด 200 ลิตร และเพิ่มระบบใบกวนในถังหมักก๊าซชีวภาพ ส่วนที่สามการผลิตก๊าซชีวภาพโดยการหมักมูลโค เศษอาหาร และน้ำทิ้งจากชุมชน ในสัดส่วน 1:2:1 อุณหภูมิที่ใช้ในการเดินระบบผลิตก๊าซชีวภาพเฉลี่ยอยู่ที่ 33 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดต่างเฉลี่ยอยู่ที่ 5.79 มีปริมาตรก๊าซชีวภาพเฉลี่ยตลอดการทดลองอยู่ที่ 7,790.39 ลูกบาศก์เซนติเมตร องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพมีก๊าซมีเทนความเข้มข้นสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 58.5 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 23.4 และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ความเข้มข้นสูงสุดอยู่ที่ 682 ppm มีศักยภาพทางความร้อนเฉลี่ยอยู่ที่ 385.17 กิโลจูลต่อวัน ศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพหากเติมวัตถุดิบในการหมักวันละ 128 กิโลกรัม สามารถผลิตก๊าซชีวภาพรวมตลอดการทดลองอยู่ที่ 99.71 ลูกบาศก์เมตรต่อครั้ง หรือ 909.85 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งเมื่อนำมาทดแทนก๊าซหุงต้มจะสามารถลดการใช้ก๊าซหุงต้มได้ 454.93 กิโลกรัมต่อปี คิดเป็นเงินผลประโยชน์ 11,009.30 บาทต่อปี โดยมีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 5 เดือน

คำสำคัญ การจัดการของเสียทางน้ำ, พลังงานทดแทน, การผลิตก๊าซชีวภาพ, มลพิษทางน้ำ, ปากแม่น้ำบางตะบูน

Research Title	The biogas production of food waste and waterwaste from Bang Ta Boon estuary, Phetchaburi Province
Researcher	Jutiporn Intanin et al.
Research Consultants	Sombat Teekasap
Organization	Energy Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Phetchaburi Rajabhat University, Rajamangala University of Technology Rattanakosin
Year	2019

Abstract

This research is to study the biogas production system from food waste and effluent from Bang Ta Boon estuary, Phetchaburi Province. The system design based on to suitable for use in the community. To study the parameters related to the production process of biogas from co-fermentation between animal manure, food waste and community effluent within the fermentation tank system and also the thermal potential of biogas. The first part carried out an experiment to find the proportion for biogas production by experimenting at the laboratory level. The raw materials used for fermentation are cow dung, pig manure, chicken manure, food waste and community effluent from all 3 sets of experiments with different proportions for find out the optimal conditions for biogas production. The second part was to design a biogas system by using a 200-liter plastic tank and added a stirring system in the biogas fermentation tank. The third part, the production of biogas by fermentation of cow dung, food waste and community effluent had the proportion from 1: 2: 1, the temperature used in the average biogas production system was 33 °C and the average of pH was 5.79. The average biogas volume throughout the experiment was 7,790.39 cm³. The composition of biogas was methane gas concentration about 58.5 percent, carbon dioxide concentration was 23.4 percent and the concentration of hydrogen sulfide gas was 682 ppm. The average thermal potential was 385.17 kJ per day. The potential for biogas production incase filled in loading 128 kg of fermented raw materials per day could produce biogas throughout the experiment at 99.71 m³/time or 909.85 m³/year. In conclusion, when can reduce the use of LPG by 454.93 kilograms per year with a saving of 11,009.30 baht per year with a payback period of 5 months.

Keywords Wastewater Management, Renewable energy, Biogas Production, Water pollution, Bang Ta Boon estuary

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยเรื่องการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งจากชุมชนบริเวณปากแม่น้ำเพชรบุรีสำเร็จได้เนื่องจากบุคคลหลายท่าน และหน่วยงานที่ได้กรุณาช่วยเหลือให้ข้อมูล ข้อเสนอแนะ คำปรึกษา ให้ความคิดเห็น และกำลังใจ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่มอบความไว้วางใจ และเชื่อมั่นในคณะผู้วิจัย ให้ทุนสนับสนุนในการให้ทุนวิจัยประจำปีงบประมาณ 2561 ทำให้การดำเนินการทำวิจัยประสบความสำเร็จไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ให้ความอนุเคราะห์ด้านสถานที่ อุปกรณ์และเครื่องมือในการดำเนินงานวิจัย ขอขอบคุณทีมวิจัยที่ทุ่มเทเพื่อให้งานวิจัยประสบความสำเร็จ ตลอดจนการให้กำลังใจ ซึ่งกันและกันมาโดยตลอด สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ได้ช่วยส่งเสริมสนับสนุน และเป็นกำลังใจให้ผู้ทำวิจัยได้ดำเนินการวิจัยจนสำเร็จได้ดี

คณะผู้วิจัย

2562

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ข้อมูลพื้นฐานของจังหวัดเพชรบุรี	4
2.2 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับก๊าซชีวภาพ	10
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	25
3.1 ขั้นตอนการวิจัย	25
3.2 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งชุมชน	28
3.3 การออกแบบโครงสร้างระบบการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งชุมชน	32
3.4 การสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งชุมชน	34
3.5 การวัดค่าการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งชุมชน	41
3.6 การศึกษาศักยภาพของการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งชุมชน	44
3.7 การศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหาร และน้ำทิ้งชุมชน	44

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย	45
4.1 ผลการหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งชุมชน	45
4.2 ผลการออกแบบโครงสร้างและการสร้างระบบการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งชุมชน	48
4.3 ผลการวัดค่าการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งชุมชน	48
4.4 ผลการศึกษาศักยภาพของการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งชุมชน	52
4.5 ผลการศึกษาคำนวณค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งชุมชน	53
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	54
บรรณานุกรม	56
ประวัติผู้วิจัย	57

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณชายฝั่งอ่าวไทย	7
2.2 คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งทั่วประเทศ ปี 2558 ในช่วงฤดูแล้ง	8
2.3 ห่วงโซ่อาหารของพลังงานก๊าซชีวภาพ	10
2.4 การย่อยสลาย COD ในน้ำเสียด้วยกระบวนการใช้ออกซิเจน	11
2.5 ขั้นตอนการเปลี่ยนสารอินทรีย์ให้เป็นก๊าซชีวภาพ	15
2.6 สรุปขั้นตอนอย่างง่ายในการเปลี่ยนสารอินทรีย์ให้เป็นก๊าซชีวภาพ	15
3.1 ขั้นตอนการศึกษากระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนแบบฝาครอบแช่ ในบ่อมูลขนาด 200 ลิตร	26
3.2 มูลวัว	28
3.3 รากผักบุ้งที่ใช้ในการหมักก๊าซ	29
3.4 ข้าวสาลีที่ใช้ในผลิตก๊าซชีวภาพ	29
3.5 น้ำทิ้งจากชุมชน	29
3.6 อุปกรณ์ทดสอบ ค่า BOD	30
3.7 อุปกรณ์วิเคราะห์ COD ยี่ห้อ Lovibond รุ่น MD200	31
3.8 เครื่องวิเคราะห์เพื่อหาศักยภาพในการผลิตมีเทนด้วยวิธีชีวเคมี	31
3.9 แบบระบบผลิตก๊าซชีวภาพภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนแบบฝาครอบแช่ในบ่อมูล 2 มิติ	33
3.10 แบบระบบผลิตก๊าซชีวภาพภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนแบบฝาครอบแช่ในบ่อมูล 3 มิติ	33
3.11 ตำแหน่งการเจาะระบบ	36
3.12 ลักษณะของไบโกลน	37
3.13 การประกอบแกนไบโกลน	38
3.14 การประกอบไบโกลนเข้ากับแกน	38
3.15 การปิดรอยรั่ว	38
3.16 การตรวจสอบรอยรั่ว	39
3.17 ตำแหน่งจุดเจาะของถังเก็บก๊าซชีวภาพ	39

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.18 การประกอบถังเก็บก๊าซชีวภาพ	40
3.19 ถังเก็บก๊าซชีวภาพ	40
3.20 การควบคุมพารามิเตอร์ในการผลิตก๊าซชีวภาพ	41
3.21 การวัดปริมาตรก๊าซชีวภาพ	42
3.22 เครื่องตรวจวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพ	42
3.23 เครื่องเก็บข้อมูลอุณหภูมิ	43
3.24 การวัดอุณหภูมิ	43
3.25 เครื่องวัดความเป็นกรดต่าง	43
4.1 การควบคุมค่าความเป็นกรดต่างของระบบการผลิตมีเทนด้วยวิธีชีวเคมี	47
4.2 ระบบจากการออกแบบของระบบผลิตก๊าซชีวภาพที่สร้างขึ้น	48
4.3 ปริมาตรก๊าซชีวภาพที่จากมูลโค เศษอาหาร และน้ำทิ้งชุมชน ที่สัดส่วน 1: 2: 1	49
4.4 องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพจากมูลโค เศษอาหาร และน้ำทิ้งชุมชน ที่สัดส่วน 1: 2: 1	50
4.5 ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์กับองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ผลิตจากมูลโค เศษอาหาร และน้ำทิ้งชุมชน ที่สัดส่วน 1: 2: 1	50
4.6 อุณหภูมิของระบบการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโค เศษอาหาร และน้ำทิ้งชุมชน	51
4.7 ความเป็นกรดต่างของระบบการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโค เศษอาหาร และน้ำทิ้งชุมชน	52

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 จำนวนประชากรและการเปลี่ยนแปลงประชากร 5 ปี ย้อนหลัง	6
2.2 ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำแม่น้ำเพชรบุรี ปี พ.ศ.2557	9
4.1 ลักษณะของวัตถุบิบนันำมาทดสอบ	45
4.2 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของวัตถุบิบ	47

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ได้ให้ความเห็นชอบกรอบทิศทาง การสนับสนุนเงินกองทุนสิ่งแวดล้อมสำหรับช่วงปี พ.ศ.2557-2559 ประกอบด้วยกรอบการสนับสนุนกรณีทั่วไป 7 ประเด็น และกรอบการสนับสนุนกรณีโครงการเชิงรุก 2 ประเด็น โดยกรอบทิศทาง การสนับสนุนดังกล่าว ได้กำหนดการสนับสนุนแก่โครงการที่มีลักษณะส่งเสริมการมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการของเสีย และน้ำเสียที่แหล่งกำเนิด ซึ่งมีขอบเขตกิจกรรม ในการส่งเสริมกิจกรรมด้านการมีส่วนร่วม ในการจัดการขยะมูลฝอยน้ำเสีย โดยการลดของเสียที่แหล่งกำเนิด ส่งเสริมการนำของเสียกลับมาใช้ ประโยชน์ใหม่ โดยดำเนินกิจกรรม 3Rs ส่งเสริมการจัดการขยะอินทรีย์และของเสียในชุมชนมาใช้ ประโยชน์ เช่น การหมักทำปุ๋ย การนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทน เป็นต้น นโยบายรัฐบาลปัจจุบันได้ กำหนดให้การเร่งรัดแก้ไขปัญหการจัดการขยะเป็นวาระแห่งชาติที่ต้องได้รับการแก้ไขเป็นลำดับแรก โดยให้ดำเนินการตามแผนการจัดการขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายที่ผ่านความเห็นชอบจากคณะ รักษาความสงบแห่งชาติ (คสช.) เพื่อกำจัดมูลฝอยตกค้างสะสมในสถานที่กักตุนในพื้นที่วิกฤต สร้าง รูปแบบการกำจัดขยะและของเสียอันตรายที่เหมาะสมวางระเบียบมาตรการการบริหารจัดการขยะมูล ฝอยและของเสียอันตราย และสร้างวินัยของคนในชาติ โดยมุ่งเรื่องการคัดแยกขยะเพื่อนำกลับมาใช้ ใหม่ทั้งการรีไซเคิล และการแปรรูปเป็นพลังงาน ซึ่งเป็นแผน 5 ปี ที่สอดคล้องกับยุทธศาสตร์จังหวัด และกลุ่มจังหวัด รวมทั้งยุทธศาสตร์กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในการรับมือกับการ เปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศ เพื่อนำไปสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน ตามนโยบายรัฐบาลต่อไป

โครงการวิจัยนี้ต้องการลดปริมาณน้ำทิ้งจากชุมชนและสถานประกอบการแปรรูปสัตว์น้ำ โดยเฉพาะบริเวณปากแม่น้ำเพชรบุรี โดยการนำเศษอาหารและน้ำทิ้งจากชุมชนมาผลิตก๊าซชีวภาพ เพื่อลดการใช้ก๊าซหุงต้มในสถานประกอบการแปรรูปสัตว์น้ำ นอกจากเป็นการสร้างความมั่นคง ทางด้านพลังงาน นับเป็นการแก้ปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาหาวิธีการนำเศษอาหารและน้ำทิ้งชุมชนปากแม่น้ำเพชรบุรี มาใช้ประโยชน์ ด้วยการผลิตเป็นก๊าซชีวภาพด้วยกระบวนการหมักภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนแบบฝาครอบแช่ในบ่อมูล (Floating drum digester) ขนาด 200 ลิตร เพื่อใช้ทดแทนก๊าซหุงต้มในสถานประกอบการแปรรูปสัตว์น้ำ

1.2.2 เพื่อศึกษารูปแบบการใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพที่ผลิตจากเศษอาหารและน้ำทิ้งชุมชน เพื่อให้เกิดความยั่งยืนทางด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม

1.2.3 เพื่อศึกษาศักยภาพและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งชุมชน

1.2.4 เพื่อเผยแพร่ให้ชุมชนและทุกภาคส่วนเห็นถึงการประยุกต์ใช้ของเหลือทิ้งจากเศษอาหารและน้ำทิ้งชุมชน ให้สามารถลดรายจ่าย เพิ่มรายได้ให้กับชุมชนได้

1.2.5 เพื่อเป็นการสร้างศักยภาพและความสามารถในการพัฒนาชุมชน ด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและการแปรรูปของเหลือทิ้งแบบยั่งยืน

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพ ได้แก่ เศษอาหารและน้ำทิ้งจากชุมชน ที่รวบรวมได้จากชุมชนในเขตเทศบาลตำบลบางตะบูน อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี

1.3.2 การผลิตก๊าซชีวภาพจะมีการนำมูลโค มูลสุกร และมูลไก่มาผสมในสัดส่วนที่เหมาะสม เพื่อให้ระบบเกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากขึ้น

1.3.3 กระบวนการสร้างก๊าซชีวภาพ หมักภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนแบบฝาครอบแช่ในบ่อมูล (floating drum digester) ขนาด 200 ลิตร

1.3.4 ศึกษาข้อมูลจากผลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพก๊าซชีวภาพ ได้แก่ วิเคราะห์พีเอช (pH) อุณหภูมิ (temperature) ปริมาณก๊าซชีวภาพ ปริมาณก๊าซมีเทน ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.4.1 ได้เทคโนโลยีในการประยุกต์ใช้เศษอาหารและน้ำทิ้งจากชุมชนมาผลิตก๊าซชีวภาพ

1.4.2 ชุมชนริมแม่น้ำสามารถนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ได้และสามารถลดต้นทุนจากการใช้พลังงาน เช่น ก๊าซหุงต้ม ไฟฟ้า

1.4.3 สามารถนำผลการวิจัยที่ได้ ถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนเพื่อเป็นแนวทางเลือกในการใช้พลังงานให้กับชุมชน ทำให้เป็นที่รู้จักแพร่หลาย

1.4.4 มีสื่อที่สามารถอธิบายถึงวิธีการสร้างและใช้งานของเทคโนโลยีฯ สำหรับผู้ที่สนใจให้นำไปใช้งานได้จริง

1.4.5 เป็นฐานข้อมูลงานวิจัยในการศึกษาในแง่การเพิ่มมูลค่าให้กับของเสียที่เกิดเศษอาหารจากครัวเรือนด้วยกระบวนการที่ง่ายขึ้นและเป็นการรักษาสิ่งแวดล้อม

1.4.6 ผลการศึกษาวิจัยของโครงการสามารถตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิชาการระดับชาติและสามารถนำเสนอในที่ประชุมวิชาการระดับนานาชาติและระดับชาติอย่างน้อย 1 เรื่อง

1.4.7 สามารถพัฒนานำไปสู่การวิจัยต่อยอดได้และสามารถขยายผลสู่ชุมชนริมแม่น้ำอื่นๆ ได้

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 ก๊าซชีวภาพ (Biogas) หมายถึง สารอินทรีย์ที่ผ่านกระบวนการย่อยด้วยวิธีทางวิธีทางชีววิทยา (Biological treatment)

1.5.2 การย่อยสลายในสภาวะไร้ออกซิเจน (Anaerobic digestion) หมายถึงการย่อยสลายในสภาวะไร้ออกซิเจนโดยมีอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสม

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวข้องกับข้อมูลพื้นฐานของจังหวัดเพชรบุรีและทฤษฎีเกี่ยวกับก๊าซชีวภาพ กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ คุณสมบัติของก๊าซชีวภาพ เทคโนโลยีการออกแบบระบบผลิตก๊าซชีวภาพ เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพภายในประเทศและความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และไนโตรเจน

2.1 ข้อมูลพื้นฐานของจังหวัดเพชรบุรี

ข้อมูลพื้นฐานของจังหวัดเพชรบุรี ประกอบด้วยสภาพทางกายภาพ ลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะภูมิอากาศ และประชากร

2.1.1 สภาพทางกายภาพ

จังหวัดเพชรบุรีตั้งอยู่ทางตะวันตกของอ่าวไทยตอนบน เป็นจังหวัดในภาคกลางตอนใต้ ตั้งอยู่ที่ละติจูดที่ 12 องศา 30 ลิปดา ถึง 13 องศาเหนือ ลองจิจูดที่ 99 ถึง 100 องศาตะวันออก ลักษณะที่ตั้งเปรียบเสมือนประตูสู่ชายแดนในภาคใต้ มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 6,225.138 ตารางกิโลเมตร หรือ 3,890,711 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.2 ของพื้นที่ทั้งประเทศ (514,294.21 ตารางกิโลเมตร) รูปร่างพื้นที่เป็นรูป สี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยประมาณ มีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดใกล้เคียง คือ ทิศเหนือติดต่อกับ อำเภอมัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น และอำเภอบ้านฝาง จังหวัดขอนแก่น ทิศใต้ติดต่อกับ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ทิศตะวันออกติดต่อกับ ชายฝั่งทะเลอ่าวไทย ทิศตะวันตกติดต่อกับสหภาพพม่า

2.1.2 ลักษณะภูมิประเทศ

พื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดเพชรบุรี ประกอบด้วยที่สูงและที่ราบ ทางทิศตะวันตกเป็นที่สูงและมีเทือกเขาตะนาวศรีกั้นพรมแดนระหว่างไทย-พม่า ทางทิศตะวันออกเป็นที่ราบลุ่มไปจนจรดอ่าวไทย ซึ่งเป็นที่ประกอบการเกษตรได้เป็นอย่างดี สภาพภูมิประเทศของจังหวัด โดยทั่วไปแบ่งออกได้เป็น 3 เขต ดังนี้

1) เขตภูเขาและที่สูงทางด้านตะวันตก เขตนี้อยู่ในอำเภอท่ายาง อำเภอหนองหุ้มปาล้อง และอำเภอแก่งกระจาน ด้านตะวันตกติดกับพม่าเป็นบริเวณที่สูงชันของกลุ่มน้ำ พื้นที่บริเวณถัดมาจะลาดต่ำลงทางทิศตะวันออก โดยมีเทือกเขาเป็นแนวเขต ลักษณะยาวจากเหนือมาได้และเป็นสันปันน้ำ ซึ่งเป็นต้นแม่น้ำเพชรบุรี และแม่น้ำปราณบุรี นอกจากนี้ยังมีเทือกเขาที่เป็นแนวเขาเดี่ยวๆและแนวเขาทำให้เกิดที่ราบระหว่างภูเขา

2) เขตที่ราบลุ่มแม่น้ำ มีแม่น้ำเพชรบุรีเป็นแม่น้ำสายสำคัญไหลผ่าน เป็นเขตพื้นที่อุดมสมบูรณ์ที่สุดของกลุ่มน้ำ มีประชากรอาศัยอยู่อย่างหนาแน่น เป็นเขตเกษตรกรรมของจังหวัดเพชรบุรี นอกจากนั้นยังมีแม่น้ำสายสั้นๆ และลำธารหลายสาย อีกทั้งยังมีเขื่อนแก่งกระจานที่เป็นแหล่งเก็บกักน้ำที่ส่งให้ระบบชลประทาน จึงทำให้เขตที่ราบบริเวณนี้เป็นบริเวณที่เหมาะสมในการทำเกษตรกรรม

3) เขตที่ราบชายฝั่งทะเล อยู่ทางด้านตะวันออกของกลุ่มน้ำติดอ่าวไทย พื้นที่ชายฝั่งทะเลบริเวณนี้ปัจจุบันเป็นแหล่งเศรษฐกิจที่สำคัญยิ่งของจังหวัดเพชรบุรี บริเวณที่ราบชายฝั่งทะเลตอนบน เขตอำเภอบ้านแหลมเป็นพื้นที่เหมาะสำหรับการประมง และที่ราบชายฝั่งทะเลตอนล่างจากแหลมผักเบี้ย ชะอำถึงหัวหินเป็นชายหาดสวยงามโดยเฉพาะชายหาดชะอำซึ่งได้รับการพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียงระดับประเทศ

2.1.3 ลักษณะภูมิอากาศ

จังหวัดเพชรบุรีอยู่ติดกับอ่าวไทยจึงได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในฤดูฝน และอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในฤดูหนาว จึงทำให้มีอากาศหนาวเย็นในช่วงเวลาดังกล่าว โดยแบ่งฤดูกาลออกเป็น 3 ฤดู คือ

ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ ถึงกลางเดือนพฤษภาคม

ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคม ถึงกลางเดือนตุลาคม

ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่กลางเดือนตุลาคม ถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์

จากข้อมูลสถิติอุตุนิยมวิทยา ของสถานีตรวจอากาศเพชรบุรี โดยเฉลี่ยรายปี ในคาบ 30 ปีตั้งแต่ปี พ.ศ.2523-2552 มีรายละเอียดดังนี้

ความกดอากาศ (Pressure: Millibar) มีความกดอากาศเฉลี่ยรายปี 1,009.4 มิลลิบาร์ โดยมีความกดอากาศเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนมิถุนายน เท่ากับ 1,006.7 มิลลิบาร์ และเฉลี่ยสูงสุดในเดือนธันวาคม เท่ากับ 1,012.9 มิลลิบาร์

อุณหภูมิ (Temperature: Celsius) อุณหภูมิเฉลี่ยรายปี เท่ากับ 28.2 องศาเซลเซียส เดือนที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด คือ เดือนเมษายน 29.6 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดในเดือน ธันวาคม 25.3 องศาเซลเซียส

ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity: %) ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายปี เท่ากับ 76 เปอร์เซ็นต์ เดือนที่มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุด คือ เดือนตุลาคมเท่ากับ 81 เปอร์เซ็นต์ เดือนที่มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยต่ำสุด คือ เดือนธันวาคมเท่ากับ 71 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณน้ำฝน (Rainfall: mm.) จังหวัดเพชรบุรีมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี 81.9 มิลลิเมตร โดยเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงสุดคือ เดือนตุลาคม 271.0 มิลลิเมตร มีจำนวนวันที่ฝนตก 17.0 วัน โดยมีฝนตกมากในช่วงเดือนกันยายน-ตุลาคม สำหรับเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่ำสุด คือ เดือนกุมภาพันธ์ เท่ากับ 4.0 มิลลิเมตร มีจำนวนวันที่ฝนตก 1.0 วัน

กระแสดลม (Wind : Knots) จังหวัดเพชรบุรีมีความเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.3-5.1 น็อต และมีความเร็วลมเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 2.6 น็อต โดยมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดในเดือนมีนาคมเท่ากับ 5.1 น็อต และความเร็วลมเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนตุลาคมเท่ากับ 1.3 น็อต

2.1.4 ประชากร

ในปี พ.ศ.2557 ประชากรในจังหวัดเพชรบุรี มีจำนวนเท่ากับ 474,192 คน แบ่งเป็น ประชากรเพศชาย 229,510 คน และประชากรเพศหญิง 244,682 คน รายละเอียดดังตารางที่ 2 โดยจำนวนประชากรของจังหวัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ.2551

ตารางที่ 2.1 จำนวนประชากรและการเปลี่ยนแปลงประชากร 5 ปี ย้อนหลัง

พ.ศ.	จำนวนประชากร (คน)		
	ชาย	หญิง	รวม
2554	225,884	240,195	466,079
2555	227,095	241,779	468,874
2556	228,054	243,033	471,087
2557	229,510	244,682	474,192
2558	231,747	246,842	478,589

ที่มา : กรมการปกครอง (www.dopa.go.th)

2.1.5 สถานการณ์สิ่งแวดล้อม

ในช่วง 6 เดือนแรกของปี พ.ศ.2558 กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งมีการรายงานพบปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณชายฝั่งอ่าวไทย มากถึง 12 ครั้ง (กรมควบคุมมลพิษ, 2558) ตั้งแต่จังหวัดระยอง จังหวัดชลบุรี ปากแม่น้ำท่าจีน และนอกชายฝั่งจังหวัดสมุทรสาคร ปากแม่น้ำแม่กลองและชายฝั่งจังหวัดสมุทรสงคราม จังหวัดเพชรบุรี และจังหวัดชุมพรลักษณะที่พบส่วนใหญ่จะเป็นสีเขียวเข้มบางครั้งพบสีขาวขุ่น น้ำตาล หรือเขียวปนแดง (ภาพที่ 2.1) แต่การเกิดปรากฏการณ์แต่ละครั้งไม่รุนแรงและเกิดขึ้นในเวลาสั้น ๆ จึงไม่ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ และการประกอบอาชีพของชาวประมง สาเหตุการเกิดปรากฏการณ์ดังกล่าวมาจากการระบายน้ำเสียจากบนบกที่ไหลลงทะเลเป็นปัจจัยเร่งที่ทำให้เกิดการแบ่งตัวของสาหร่าย ปริมาณสารอาหาร (โดยเฉพาะสารประกอบไนโตรเจนและฟอสเฟต) ออกซิเจน แสงแดดและอุณหภูมิที่เพียงพอและเหมาะสมทำให้สาหร่ายสามารถแพร่กระจายอย่างรวดเร็วทำให้เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี จึงควรมีการควบคุมการระบายน้ำเสียจากชุมชน อุตสาหกรรมและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งลงสู่ทะเล



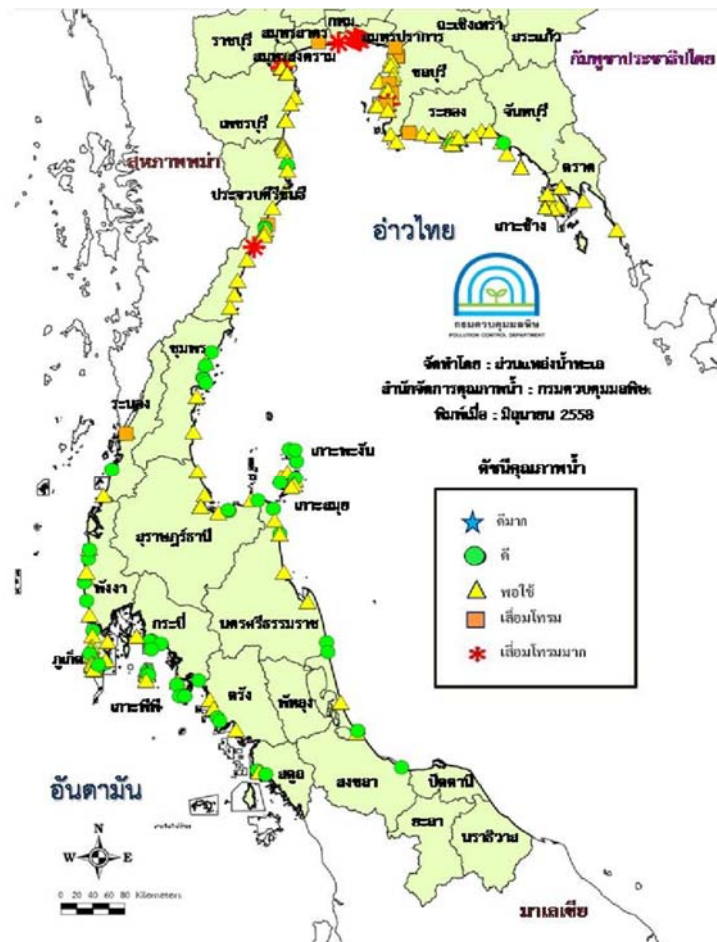
ภาพที่ 2.1 การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณชายฝั่งอ่าวไทย

ที่มา : (กรมควบคุมมลพิษ, 2558)

พื้นที่ที่คุณภาพน้ำทะเลเสื่อมโทรมมาก ได้แก่ บริเวณอ่าวไทยรูปตัว ก ตั้งแต่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา บางขุนเทียนกรุงเทพมหานคร ปากคลอง 12 อันวา หน้าโรงงานฟอกย้อม กม. 35 จังหวัดสมุทรปราการ หาดพิทยากลาง จังหวัดชลบุรี และบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันตก ปากคลองบ้านบางตะบูน จังหวัดเพชรบุรี และหาดวนกร จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ (ภาพที่ 2.2)

ติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำแม่น้ำเพชรบุรี ของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 8 ดำเนินการรวมทั้งสิ้น 10 สถานีโดยดำเนินการตรวจวัดในปี พ.ศ.2557 (สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดเพชรบุรี, 2557) ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังนี้ เมื่อพิจารณาจากดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำที่

สำคัญได้แก่ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ปริมาณความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (BOD) ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (TCB) ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (FCB) และปริมาณไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของแอมโมเนียทั้งหมด (NH_3) พบว่าค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำแม่น้ำเพชรบุรีตอนล่างส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์เมื่อเทียบกับมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินตามประกาศของกรมควบคุมมลพิษ คุณภาพน้ำเฉลี่ยเมื่อเทียบกับมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน จัดอยู่ในประเภทที่ 3 จำนวน 4 สถานี (ร้อยละ 57.14) และจัดอยู่ในประเภทที่ 4 จำนวน 3 สถานี (ร้อยละ 42.86) ค่าเฉลี่ยคุณภาพแม่น้ำเพชรบุรีตอนบนต่ำกว่าเกณฑ์เมื่อเทียบกับมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน ตามประกาศของกรมควบคุมมลพิษ คุณภาพน้ำเฉลี่ยเมื่อเทียบกับมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินจัดอยู่ในประเภทที่ 3 จำนวน 3 สถานี (ร้อยละ 100) ดังตารางที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 แสดงคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งทั่วประเทศ ปี 2558 ในช่วงฤดูแล้ง
ที่มา : (กรมควบคุมมลพิษ, 2558)

ตารางที่ 2.2 ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำแม่น้ำเพชรบุรี ปี พ.ศ.2557

สถานี	ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำที่สำคัญ					การจัดลำดับ ประเภท คุณภาพน้ำ	ปัญหา
	DO	BOD	TCB	FCB	NH3-N		
	(mg/l)		(MPN/100ml.)		(mg/l)		
PC01	3.26	2.3	35,975	9,900	0.53	4	DO, BOD, TCB, FCB, NH3
PC02	3.49	2.0	43,750	4,725	0.25	4	DO, TCB, FCB
PC03	5.50	1.5	30,500	3,825	0.04	4	TCB
PC04	5.16	1.3	12,975	2,375	0.04	3	
PC4.1	5.05	1.3	2,900	1,245	0.02	3	-
PC4.9	5.75	1.1	1,700	204	0.04	3	-
PC05	6.19	1.2	865	52.8	0.05	3	-
PC5.1	5.69	0.9	1,045	42.5	0.08	3	DO
PC5.9	3.85	1.2	760	19	0.08	3	DO
PC06	3.26	1.0	4,900	227.5	0.17	3	DO

ที่มา : (สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดเพชรบุรี,2557)

บริเวณที่เก็บตัวอย่างน้ำ

- PC01 : ปากแม่น้ำเพชรบุรี อ.บ้านแหลม จ.เพชรบุรี
- PC02 : สะพานข้ามก่อนเข้าบ้านแหลม อ.บ้านแหลม จ.เพชรบุรี
- PC03 : สะพานเทศบาล ต.คลองกระแซง อ.เมือง จ.เพชรบุรี
- PC04 : ถ.เพชรเกษม บ้านต้นม่วง-บ้านหม้อ อ.เมือง จ.เพชรบุรี
- PC4.1 : สะพานราษฎร์ร่วมศรัทธา (วัดลาดศรัทธาราม) อ.บ้านลาด จ.เพชรบุรี
- PC4.9 : สะพานยางหย่อง อ.ท่ายาง จ.เพชรบุรี
- PC05 : ท้ายเขื่อนเพชรบุรี ม.1 ต.ท่าแลง อ.ท่ายาง จ.เพชรบุรี
- PC5.1 : สะพานท่าไม้รวก ต.ท่าไม้รวก อ.ท่ายาง จ.เพชรบุรี
- PC5.9 : สะพานสองพี่น้อง อ.แก่งกระจาน จ.เพชรบุรี
- PC06 : ท้ายเขื่อนแก่งกระจาน ม.1 ต.แก่งกระจาน อ.แก่งกระจาน จ.เพชรบุรี

เมื่อพิจารณาจากสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำที่คุณภาพน้ำเฉลี่ยต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกรมควบคุมมลพิษ พบว่าดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำที่เป็นปัญหาสำคัญที่เป็นสาเหตุทำให้คุณภาพน้ำต่ำคือ ปริมาณความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ (BOD) ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (TCB) และปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม(FCB) โดยเฉพาะบริเวณปากแม่น้ำเพชรบุรี อำเภอ บ้านแหลม (PC 01) มีค่าเฉลี่ยของปริมาณแบคทีเรียค่อนข้างสูง ซึ่งน่าจะมีสาเหตุมาจากน้ำทิ้งชุมชน รวมทั้งสถานประกอบการแปรรูปสัตว์น้ำที่มีอยู่เป็นจำนวนมากในเขตเทศบาลตำบลบ้านแหลม

2.2 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic Process) ประกอบด้วยก๊าซมีเทน (CH_4) ร้อยละ 50-70 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ร้อยละ 30-50 ก๊าซอื่นๆ เช่น แอมโมเนีย (NH_3) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และไอน้ำ ประเทศไทยจัดได้ว่าเป็นประเทศที่มีศักยภาพด้านก๊าซชีวภาพ เนื่องจากเป็นประเทศที่มีอุตสาหกรรมเกษตรจำนวนมาก ดังนั้นในแผนพลังงานทดแทน 15 ปี จึงได้ตั้งเป้าหมายส่งเสริมการผลิตพลังงานจากก๊าซชีวภาพ ทั้งในรูปแบบไฟฟ้า 120 เมกะวัตต์ (เทียบเท่า 54 ktoe) และความร้อน 600 ktoe รวมทั้งสิ้นเป็น 654 ktoe เพื่อผลักดันแผนพัฒนาก๊าซชีวภาพ 15 ปีให้บรรลุเป้าหมาย มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพัฒนาให้เกิดความร่วมมือท่ามกลางผู้มีส่วนได้-ส่วนเสียตลอดห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain) ตั้งแต่แหล่งวัตถุดิบสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพ ไปจนถึงตลาดของก๊าซชีวภาพทั้งในรูปแบบของไฟฟ้าและความร้อนที่ผลิตได้ ดังแสดงในภาพที่ 2.3



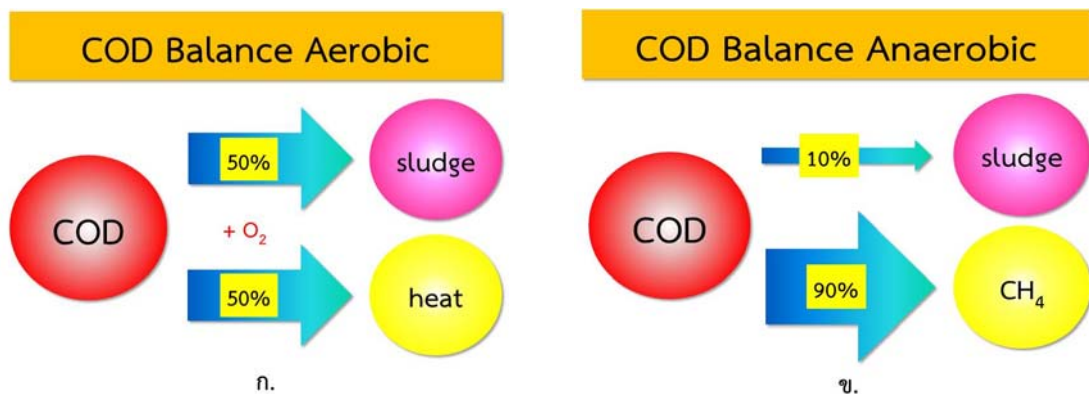
ภาพที่ 2.3 ห่วงโซ่อุปทานของพลังงานก๊าซชีวภาพ

ที่มา : (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2551)

สถานการณ์ปัจจุบันของก๊าซชีวภาพตามห่วงโซ่อุปทาน วิเคราะห์ถึงปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้นในแต่ละห่วงโซ่รวมถึงแนวทางสำคัญในการพัฒนาก๊าซชีวภาพ จะนำไปสู่การดำเนินการตามแผนการพัฒนาก๊าซชีวภาพ 15 ปีและดัชนีชี้วัดความสำเร็จของแผนพร้อมทั้งระดับความสำเร็จ เพื่อใช้ในการติดตามประเมินผลความสำเร็จของแผนในแต่ละช่วง

2.2.1 ประเภทของเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสีย (กระทรวงพลังงาน,2551)

การบำบัดน้ำเสียหรือของเสียที่มีสารอินทรีย์เป็นส่วนประกอบหลัก จะใช้เทคโนโลยีที่อาศัยแบคทีเรียช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์เหล่านั้น โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก คือ เทคโนโลยีที่ใช้อากาศและเทคโนโลยีที่ไม่ใช้อากาศดังภาพที่ 2.4 กระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ (Biological Wastewater Treatment) โดยอาศัยจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสีย สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กระบวนการใหญ่คือ



ภาพที่ 2.4 การย่อยสลาย COD ในน้ำเสียด้วยกระบวนการใช้ออกซิเจน (ก.)

และกระบวนการไร้ออกซิเจน (ข.)

ที่มา : (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน,2551)

2.2.1.1 เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ (Aerobic digestion)

สารอินทรีย์ถูกย่อยสลายไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และมีการสร้างเซลล์จุลินทรีย์ขึ้นจำนวนมาก (ประมาณร้อยละ 50 ของสารอินทรีย์ในน้ำเสียถูกเปลี่ยนเป็นเซลล์ของจุลินทรีย์) ซึ่งมีปฏิกิริยาในการย่อยสลายข้อได้เปรียบของกระบวนการบำบัดแบบนี้คือ ระบบมีประสิทธิภาพสูงในการบำบัดน้ำเสีย อีกทั้งใช้ระยะเวลาในการบำบัดสั้นแต่มีข้อเสียคือต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดสูง เนื่องจากต้องมีการพ่นอากาศให้กับระบบและยังต้องกำจัดตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน นอกจากนี้กระบวนการบำบัดแบบนี้ไม่สามารถใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ กับน้ำเสียที่มีปริมาณสารอินทรีย์สูงมาก ๆ เนื่องจากมีข้อจำกัดในการให้ออกซิเจนอย่างเพียงพอกับระบบ

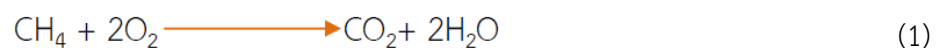
2.2.1.2 เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ (Anaerobic digestion)

กระบวนการนี้สารอินทรีย์ในน้ำเสียประมาณร้อยละ 80-90 ถูกย่อยสลายเป็นก๊าซมีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์รวมเรียกว่า ก๊าซชีวภาพ (Biogas) ระบบดังกล่าวนี้ จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายมีการเจริญเติบโตค่อนข้างช้าทำให้ระบบเริ่มต้น (Startup) ได้ช้า อีกทั้ง

ประสิทธิภาพของระบบในการบำบัดน้ำจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการกักเก็บของเหลว (Hydraulic Retention Time : HRT) นานขึ้น ระบบบำบัดจึงมีขนาดใหญ่ นอกจากนี้ระบบยังมีการปรับตัวไม่ทันต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม และในระหว่างกำจัดบางครั้งอาจมีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen sulfide) เกิดขึ้นด้วย ทำให้มีกลิ่นเหม็น ระบบนี้จึงมีข้อจำกัดการใช้งาน

เทคโนโลยีที่ใช้อากาศ มักต้องอาศัยเครื่องจักรกลในการเติมอากาศให้กับน้ำเสีย ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานและค่าใช้จ่าย โดยผลจากการบำบัดจะได้ออกมาเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ส่วนเทคโนโลยีที่ไม่ใช้อากาศหรือเรียกอีกอย่างว่า เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียหรือของเสียโดยวิธีไร้อากาศ จะทำให้ได้ผลพลอยได้ออกมาเป็นก๊าซชีวภาพ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากแบคทีเรียในระบบในทางกลับกัน ถ้าวางแผนเป้าหมายที่จะผลิตก๊าซชีวภาพเป็นหลัก ก็อาจเรียกเทคโนโลยีนี้ว่า ระบบก๊าซชีวภาพ (Biogas System) ประกอบไปด้วย ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ระบบนำก๊าซชีวภาพไปใช้งาน และระบบบำบัดของเสีย

สามารถคำนวณหาปริมาณก๊าซมีเทน (CH_4) ที่เกิดจากกระบวนการไร้ออกซิเจนได้จากสมการ



ทุก 1 โมล ของมีเทน (22.4 L, 0°C) จะถูกทำลายโดยออกซิเจน 2 โมล (หรือ 64 กรัม)

ดังนั้น 1 g COD ที่ถูกกำจัดเท่ากับ 0.35 L CH_4 (ที่ 0°C , 1 atm)

หรือ 1 g COD ที่ถูกกำจัดเท่ากับ 0.395 L CH_4 (ที่ 35°C , 1 atm)

ก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic Process) จะมีก๊าซมีเทน (CH_4) เป็นองค์ประกอบหลักอยู่ประมาณ 50-70% นอกนั้นเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และมีก๊าซ H_2S , N_2 , H_2 อีกเล็กน้อย ดังนั้นจึงสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ ปัจจุบันสารอินทรีย์ที่นิยมนำมาผ่านกระบวนการนี้แล้วให้ก๊าซชีวภาพ คือ น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานแปรงมันสำปะหลัง โรงงานเบียร์ โรงงานผลไม้กระป๋อง เป็นต้น รวมทั้งน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ จากกระบวนการดังกล่าวมีค่า COD ลดลงมากกว่า 80% และได้ก๊าซชีวภาพ 0.3-0.5 ลบ.ม./กิโลกรัม COD ที่ถูกกำจัด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของน้ำเสียแต่ละประเภท ก๊าซมีเทนมีค่าความร้อน 39.4 เมกะจูล/ลบ.ม. สามารถใช้ทดแทนน้ำมันเตาได้ 0.55 ลิตร

2.2.2 แบคทีเรียในระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ

กระบวนการย่อยสลายทางชีววิทยาแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Process) เป็นกระบวนการย่อยสลายทางชีววิทยาที่ใช้แบคทีเรียชนิดไม่ใช้อากาศหลายกลุ่ม ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มี

โครงสร้างโมเลกุลใหญ่และสลายซับซ้อนอันได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน ผลพลอยได้จากกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกภาค คือ ก๊าซชีวภาพ (Biogas) (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554)

การย่อยทางชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกภาคเกิดขึ้นจากการทำงานร่วมกันของแบคทีเรียหลายชนิด ในการเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์จนกระทั่งได้ก๊าซชีวภาพ แบคทีเรียชนิดไม่ใช้ออกภาคหลายกลุ่มเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยมีวิธีการจำแนกหรือแบ่งกลุ่มได้หลายวิธีดังนี้

2.2.2.1 แบ่งชนิดของแบคทีเรียตามลักษณะสภาวะการดำรงชีพของแบคทีเรียซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1) Facultative Anaerobic Bacteria หรือแบคทีเรียที่สามารถอยู่ได้ทั้งสภาวะที่มีหรือไม่มีออกซิเจน

2) Obligate Anaerobic Bacteria เป็นแบคทีเรียที่ต้องอยู่ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนเท่านั้น ดังนั้นแบคทีเรียในกลุ่มนี้จึงไม่สามารถทำการย่อยสลายสารอินทรีย์หรือผลิตก๊าซชีวภาพได้หากระบบมีการละลายของออกซิเจนอิสระ

2.2.2.2 การแบ่งชนิดของแบคทีเรียตามปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

1) แบคทีเรียชนิดสร้างกรด (Acid Former Bacteria)

แบคทีเรียในกลุ่ม Facultative Anaerobic Bacteria และแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกภาค แบคทีเรียกลุ่มนี้จะย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งไปเป็นกรดอินทรีย์ต่างๆ แบคทีเรียในกลุ่มนี้ประกอบไปด้วย *Pseudomonas*, *Flavobacteria*, *Aerobacter* และ *Escherichia* เป็นต้น

2) แบคทีเรียสร้างมีเทน (Methane Former Bacteria)

แบคทีเรียชนิดที่ไม่ใช้ออกภาคอย่างแท้จริง จะย่อยสลายพวกกรดอินทรีย์ไปเป็นก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ แบคทีเรียกลุ่มนี้ได้แก่ *Methanobacterium*, *Methanosarcina*, *Methanococcus* และ *Methanobacillus* เป็นต้น ซึ่งเป็นจีส (Genus) ในตระกูล *Methanobacteriaceae* เติบโตได้ช้า โดยทั่วไปต้องการเวลากักเก็บตะกอน (Solid Retention Time, SRT) มากกว่า 4 วัน แบคทีเรียในกลุ่มสร้างกรดและสร้างมีเทน ซึ่งจะต้องพึ่งพากันและกัน

3) แบคทีเรียรีดิวซ์ซัลเฟต (Sulfate Reducing Bacteria, SBR)

ปริมาณของแบคทีเรียชนิดนี้ จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของซัลเฟตในน้ำเสีย โดยเป็นแบคทีเรียที่ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนซัลเฟตให้กลายเป็นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ทั้งนี้ แบคทีเรียชนิดดังกล่าวจะทำงานได้ดีในสภาวะที่เป็นกรดอ่อนๆ (pH ประมาณ 5) แต่ในขณะที่ แบคทีเรียรีดิวซ์ซัลเฟตทำงานได้ดี จะส่งผลให้แบคทีเรียสร้างมีเทนลดการผลิตก๊าซมีเทนลง เนื่องจาก ช่วง pH และสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการทำงานของแบคทีเรียทั้งสองชนิดแตกต่างกัน ดังนั้นใน น้ำเสียที่มีซัลเฟตสูงจะต้องมีการปรับ pH ให้เหมาะสมอยู่เสมอหรือทำการกำจัดซัลเฟตออกก่อนที่จะ ระบายน้ำเสียเข้าสู่กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ

2.2.3 กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ

สารอินทรีย์ที่พบอยู่ในน้ำเสียจะเป็นสารประกอบจำพวก โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และ ไขมัน ทั้งที่อยู่ในรูปของของแข็งและสารละลาย จะผ่านกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย แบบไม่ใช้ออกซิเจน สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ ไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) อะซิโดจีนิ ซิส (Acidogenesis) อะซิโดจีนิซิส (Acetogenesis) และเมทาโนจีนิซิส (Methanogenesis) ดังภาพ ที่ 2.5 และ ภาพที่ 2.6

กระบวนการหมักย่อยในสภาวะไร้อากาศแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554)

1) ไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)

สารอินทรีย์ (เศษพืชผัก เนื้อสัตว์) มีองค์ประกอบสำคัญคือ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน แบคทีเรียจะปล่อยเอนไซม์เอ็กสตราเซลลูลาร์ (Extra Cellular Enzyme) มาช่วยละลาย โครงสร้างโมเลกุลอันซับซ้อนให้แตกลงเป็นโมเลกุลเชิงเดี่ยว (Monomer) เช่น การย่อยสลายแป้งเป็น น้ำตาลกลูโคส การย่อยสลายไขมันเป็นกรดไขมัน และการย่อยโปรตีนเป็นกรดอะมิโน

2) แอซิทิฟิเคชัน หรือ แอซิโดเจเนซิส (Acidification/Acidogenesis)

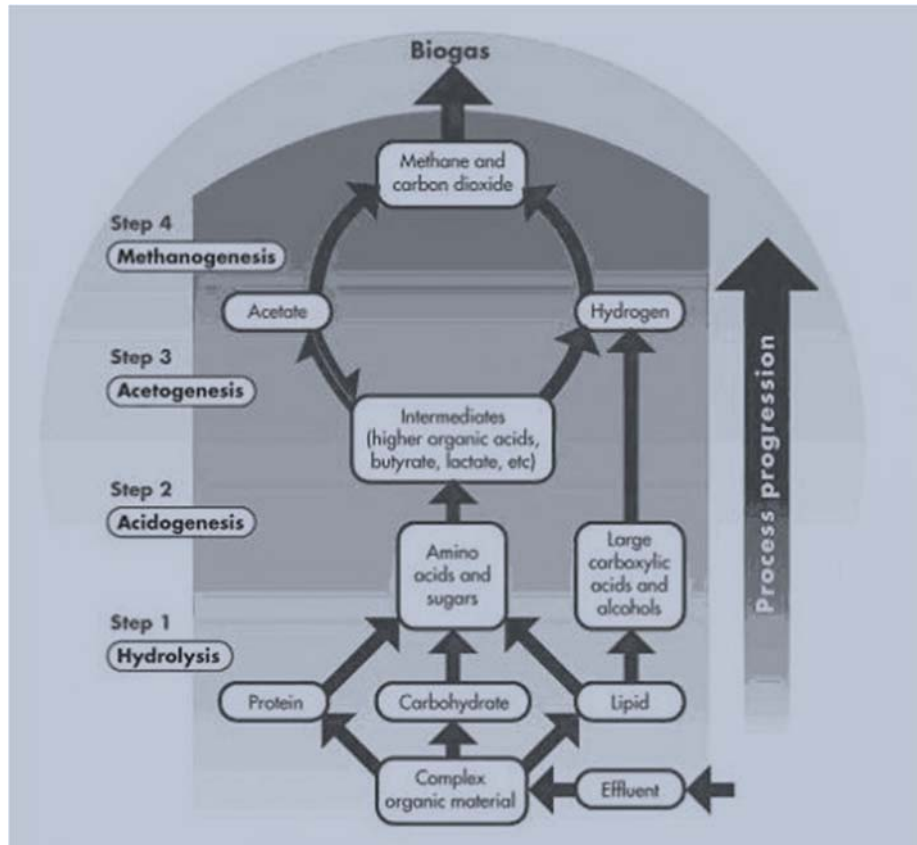
การย่อยสลายสารอินทรีย์เชิงเดี่ยว (Monomer) เป็นกรดระเหยง่าย (Volatile fatty acid) กรดคาร์บอนิก แอลกอฮอล์ คาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย และไฮโดรเจน

3) อะซิโดเจเนซิส (Acetogenesis)

เปลี่ยนกรดระเหยง่ายเป็นกรดอะซิติกหรือเกลืออะซิเตตซึ่งเป็นสารตั้งต้นหลักในการ ผลิตมีเทน

4) เมทาไนเซชัน หรือ เมทาโนเจเนซิส (Methanization/Methanogenesis)

กรดอะซิติก และอื่นๆ จากขั้น 2 รวมถึงคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจนบางส่วน จะเข้าสู่กระบวนการเปลี่ยนเป็นมีเทนโดยเมทาโนเจน (Methanogen)



ภาพที่ 2.5 ขั้นตอนการเปลี่ยนสารอินทรีย์ให้เป็นก๊าซชีวภาพ

ที่มา : (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน,2554)



ภาพที่ 2.6 สรุปขั้นตอนอย่างง่ายในการเปลี่ยนสารอินทรีย์ให้เป็นก๊าซชีวภาพ

ที่มา : (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน,2554)

2.2.4 ปัจจัยและสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ

การย่อยสลายสารอินทรีย์และการผลิตก๊าซมีปัจจัยต่าง ๆ เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.2.4.1 อุณหภูมิในการเดินระบบ (Operating Temperature)

เมทาโนเจน ไม่สามารถทนต่ออุณหภูมิที่ต่ำมากหรือสูงมากได้ ถ้าหากอุณหภูมิ ลดลงต่ำกว่า 10°C แบคทีเรียจะหยุดทำงาน อุณหภูมิในการเดินระบบแบ่งเป็นสองระดับตามสปีชีส์ ของเมทาโนเจน ได้แก่ เมโซฟิลิก (Mesophilic) และเทอร์โมฟิลิก (Thermophilic)

1) เมโซฟิลิก ทำงานได้ดีคือ อุณหภูมิประมาณ $20^{\circ}\text{C} - 45^{\circ}\text{C}$ แต่อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดคือ ช่วง $37 - 41^{\circ}\text{C}$ โดยในช่วงอุณหภูมิระดับนี้แบคทีเรียส่วนใหญ่ในถังหมักจะเป็น เมโซฟิลิก

2) เทอร์โมฟิลิก ทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิที่สูงกว่า โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดคือประมาณ $50 - 52^{\circ}\text{C}$ แต่ก็สามารถทำงานในอุณหภูมิที่สูงขึ้นไปถึง 70°C

แบคทีเรียเมโซฟิลิกนั้นมีจำนวนสปีชีส์มากกว่าเทอร์โมฟิลิก นอกจากนี้ยังสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าเทอร์โมฟิลิกอีกด้วย ทำให้ระบบหมักก๊าซชีวภาพที่ใช้เมโซฟิลิก เสถียรกว่าขณะเดียวกันอุณหภูมิที่สูงกว่าในระบบที่ใช้เทอร์โมฟิลิกก็เป็นการช่วยเร่งปฏิกิริยาส่งผลให้อัตราการผลิตก๊าซสูงกว่าข้อเสียอีกข้อของระบบเทอร์โมฟิลิก คือการที่ต้องใช้พลังงานจากภายนอกมาเพิ่มความร้อนให้ระบบ ทำให้อาจได้พลังงานสุทธิที่ต่ำกว่า

2.2.4.2 ความเป็นกรด-ด่าง (pH Value)

ค่า pH ที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตก๊าซชีวภาพคือระหว่าง $7.0 - 7.2$ ค่า pH ในถังหมักขึ้นอยู่กับช่วงของการหมักด้วย เพราะในช่วงแรกแบคทีเรียที่สร้างกรดจะสร้างกรดเป็นจำนวนมากและทำให้ค่า pH ลดลง ซึ่งถ้าหาก pH ลดลงต่ำกว่า 5 ก็จะหยุดกระบวนการย่อยและหมักทั้งหมด หรืออีกนัยหนึ่งก็คือแบคทีเรียตาย Methanogen นั้นอ่อนไหวต่อความเป็นกรดต่างมาก และจะไม่เจริญเติบโตหาก pH ต่ำกว่า 6.5 ในช่วงท้ายของกระบวนการ ความเข้มข้นของ NH_4 จะมากขึ้นตามการย่อยสลายไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ค่า pH เพิ่มขึ้นโดยอาจเกิน 8 จนกระทั่งระบบผลิตเริ่มมีความเสถียร pH จะอยู่ระหว่าง 6.8 - 8

2.2.4.3 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio)

อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนของขยะอินทรีย์ที่สามารถใช้ผลิตก๊าซชีวภาพ คือ ตั้งแต่ 8- 30 แต่อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพคือประมาณ 23 ถ้าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงมาก ไนโตรเจนจะถูก Methanogen นำไปใช้เพื่อเสริมโปรตีน

ให้ตัวเองและจะหมดย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ได้ก๊าซน้อยแต่ถ้าหาก C/N Ratio ต่ำมากๆ ก็จะทำให้ไนโตรเจนมีมากและไปเกาะกันเป็นแอมโมเนีย แอมโมเนียจะไปเพิ่มค่า pH ซึ่งถ้าหากค่า pH สูงถึง 8.5 ก็จะมีเริ่มเป็นพิษกับแบคทีเรียทำให้จำนวน Methanogen ลดลง นอกจากนี้หาก C/N ratioอยู่นอกเหนือจากช่วง 8-30 จะทำให้มีสัดส่วนปริมาณก๊าซที่ได้เป็นก๊าซอื่นๆ เช่นคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น มูลสัตว์โดยเฉพาะโคกระบือมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสมที่สุด รองลงมาได้แก่พวกดอกจอก ผักตบและเศษอาหาร ขณะที่ฟางมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ค่อนข้างจะสูง อย่างไรก็ตามสามารถนำวัตถุดิบที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงมาผสมกับวัตถุดิบที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำได้ เพื่อให้ได้วัตถุดิบที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ต้องการ

2.2.4.4 ปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบ (Loading)

ปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบคือ ปริมาณสารอินทรีย์ที่เราเติมใส่ถังหมักในแต่ละวัน ซึ่งถ้าหากว่าปริมาณที่เราเติมนั้นมากเกินไป ก็จะส่งผลให้ค่า pH ลดลงมากเกินไป (เนื่องจากในช่วงแรกของกระบวนการคือ Acidogenesis กรดจะถูกผลิตขึ้นมา) จนทำให้ระบบล้มเหลวเนื่องจาก Methanogen ตายหมด ซึ่งหากสิ่งนี้เกิดขึ้นจริงก็จะต้องเริ่มต้นระบบใหม่หมด แต่ถ้าหากปริมาณสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบน้อย ก๊าซที่ผลิตได้ก็จะน้อยตามไปด้วย เท่ากับว่าไม่ได้เดินระบบเต็มตามกำลังการผลิต ทำให้ถังหมักมีขนาดใหญ่เกินไปโดยไม่จำเป็น

2.2.4.5 ระยะเวลาการกักเก็บสารอินทรีย์ในถังหมัก (Retention Time)

ระยะเวลาในการกักเก็บสารอินทรีย์ในถังหมักขึ้นอยู่กับปริมาณ และประเภทของสารอินทรีย์ที่เติมเข้าไปซึ่งมีลักษณะและคุณสมบัติที่แตกต่างกันไป รวมถึงรูปแบบของระบบ/ถังหมัก หากระยะเวลาในการกักเก็บสั้นไปก็จะไม่พอสำหรับแบคทีเรียที่จะผลิตก๊าซชีวภาพ นอกจากนี้แบคทีเรียยังจะถูกถ่ายออกจากระบบเร็วเกินไปส่งผลให้จำนวนแบคทีเรียลดลงไป ทำให้แบคทีเรียที่เหลืออยู่ทำการย่อยไม่ทันและอาจทำให้ค่า pH ในถังหมักลดลงขึ้น ขณะเดียวกัน การที่ระยะเวลาการกักเก็บนานเกินไปจะทำให้เกิดตะกอนของสารอินทรีย์ที่แบคทีเรียย่อยสลายแล้วสะสมอยู่ทำให้ถังหมักมีขนาดใหญ่โดยไม่จำเป็น ระยะเวลาในการกักเก็บส่วนใหญ่จะประมาณ 14 - 60 วัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ คือ ค่า TSC อุณหภูมิ ขนาด และประเภทของ digester และปริมาณสารอินทรีย์ที่เติม ระยะเวลาในการกักเก็บนั้นเป็นตัวบ่งชี้ว่าแบคทีเรียจะมีชีวิตได้นานเท่าไรโดยไม่มีการเติมอาหาร เนื่องจากระยะเวลาการกักเก็บนั้นหมายถึงระยะเวลาที่แบคทีเรียต้องการเพื่อย่อยอาหารให้หมด ดังนั้นเมื่อไหร่ก็ตามที่แบคทีเรียย่อยอาหารไม่หมดก็หมายความว่าแบคทีเรียจะยังไม่ตายจากการขาดอาหาร

2.2.4.6 ปริมาณของแข็ง (Total Solid Content, TSC)

ปริมาณของแข็งของสารอินทรีย์ในการผลิตก๊าซชีวภาพแบ่งเป็นสองระดับคือ

- 1) High-solid (ปริมาณของแข็งสูง) TSC สูงกว่า 20%
- 2) Low-solid (ปริมาณของแข็งต่ำ) TSC ต่ำกว่า 15%

ถังหมักที่ออกแบบสำหรับเติมสารอินทรีย์ high solid จะต้องใช้พลังงานมากกว่าในการสูบน้ำตะกอน (Slurry) แต่เนื่องจากในระบบ High solid ความเข้มข้นของน้ำในถังหมักสูงกว่า พื้นที่ที่ใช้ก็จะน้อยกว่าในทางกลับกัน ถังหมัก Low solid สามารถใช้เครื่องสูบน้ำทั่วไปที่ใช้พลังงานน้อยกว่าสูบน้ำตะกอน แต่ก็ต้องใช้พื้นที่มากกว่าเนื่องจากปริมาตรต่อสารอินทรีย์ที่เติมเข้าไปสูงขึ้น การที่น้ำตะกอนมีความใสกว่าก็ทำให้การหมุนเวียนและกระจายตัวของของแบคทีเรียและสารอินทรีย์ดีขึ้นและการที่แบคทีเรียสามารถสัมผัสสารอินทรีย์อย่างทั่วถึงก็ช่วยให้การย่อยและการผลิตก๊าซเร็วขึ้น

2.2.4.7 การคลุกเคล้า (Mixing)

การคลุกเคล้าตะกอน น้ำ และ สารอินทรีย์ เป็นส่วนที่สำคัญอีกส่วนเพราะจะทำให้แบคทีเรียสัมผัสกับสารอินทรีย์ได้อย่างทั่วถึง ทำให้แบคทีเรียทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่งผลให้เกิดก๊าซเร็วขึ้นและมากขึ้น นอกจากนี้ยังป้องกันการตกตะกอนและตะกอนลอย (Scum) ซึ่งตะกอนอาจจะไปอุดช่องทางสำหรับระบายของเหลวจากถัง

2.2.4.8 สารอาหาร (Nutrient)

สารอาหารที่แบคทีเรียต้องการเพื่อการเจริญเติบโต นอกเหนือไปจากคาร์บอนและไฮโดรเจนแล้ว ยังมีไนโตรเจน ซัลเฟอร์ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม นอกจากนี้ก็มีธาตุที่จำเป็นในปริมาณน้อย เช่น เหล็ก แมงกานีส โมลิบดีนัม สังกะสี โคบอลต์ ซิลิเนียม ทังสเตน และนิกเกิล เป็นต้น แต่ขยะอินทรีย์โดยทั่วไปจะมีธาตุอาหารเหล่านี้ในระดับที่สมดุลพอเพียง เพราะฉะนั้นในการหมักจึงไม่จำเป็นต้องเติมสารอาหารลงไป

2.2.4.9 สารยับยั้งและสารพิษ (Inhibiting and Toxic Materials)

สารยับยั้งและสารพิษ (Inhibiting and Toxic Materials) เช่น กรดไขมันระเหยได้ไฮโดรเจนหรือแอมโมเนีย รวมถึงธาตุไอออน สารพิษ โลหะหนัก สารทำความสะอาดต่างๆ เช่น สบู่ น้ำยาล้างต่างๆ และยาปฏิชีวนะ สามารถส่งผลยับยั้งการเจริญเติบโตและการผลิตก๊าซของแบคทีเรีย ธาตุไอออนในปริมาณน้อย (เช่น โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม ซัลเฟอร์ และแอมโมเนีย) สามารถช่วยกระตุ้นการเติบโตของแบคทีเรียเช่นกัน แต่ถ้าหากปริมาณนั้นมากก็จะ

ส่งผลเป็นพิษได้ ยกตัวอย่างเช่น แอมโมเนียในปริมาณ 50-200 มิลลิกรัมต่อลิตรจะเป็นผลดี ช่วยในการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย แต่เมื่อใดที่ความเข้มข้นของแอมโมเนียสูงกว่า 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตรก็จะเริ่มส่งผลเสีย ในทางเดียวกัน โลหะหนักบางประเภท (เช่น ทองแดง นิกเกิล โครเมียม สังกะสี ตะกั่ว และอื่นๆ) ในปริมาณที่น้อยๆ ช่วยในการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย แต่เมื่อความเข้มข้นสูงก็จะ เป็นพิษ

2.2.4.10 อัลคาไลน์ตี (Alkalinity)

ค่าอัลคาไลน์ตี หมายถึง ความสามารถในการรักษาระดับความเป็นกรด-ด่าง ค่าอัลคาไลน์ตีที่เหมาะสมต่อการหมักมีค่าประมาณ 1,000 - 5,000 มิลลิกรัม/ลิตร ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3)

2.2.5 ชนิดและแบบของบ่อก๊าซชีวภาพ (Biogas plant)

บ่อก๊าซชีวภาพ แบ่งตามลักษณะการทำงาน ลักษณะของของเสียที่เป็นวัตถุดิบ และประสิทธิภาพการทำงานได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ ดังนี้

2.2.5.1 บ่อหมักช้าหรือบ่อหมักของแข็ง

บ่อหมักช้าที่มีการสร้างใช้ประโยชน์กันและเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป มี 3 แบบหลักคือ แบบยอดโดม (Fined Dome Digester) แบบฝาครอบลอย (Floating Drum Digester) หรือแบบอินเดีย (Indian Digester) และแบบพลาสติกคลุมราง (Plastic Covered Ditch) หรือแบบปลั๊กโฟลว์ (Plug Flow Digester)

2.2.5.2 บ่อหมักเร็วหรือบ่อบำบัดน้ำเสีย แบ่งได้เป็น 2 แบบหลัก คือ

1) แบบบรรจุตัวกลางในสภาพไร้ออกซิเจน (Anaerobic Filter) หรืออาจเรียกตามชื่อย่อว่าแบบเอเอฟ (AF) ตัวกลางที่ใช้ทำได้จากวัสดุหลายชนิด เช่น ก้อนหิน กรวด พลาสติก เส้นใยสังเคราะห์ ไม่ไผ่ตัดเป็นท่อน เป็นต้น ในลักษณะของบ่อหมักเร็วแบบนี้ จุลินทรีย์จะเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนบนตัวกลางที่ถูกตรึงอยู่

2) แบบยูเอเอสบี (UASB หรือ Up flow Anaerobic Sludge Blanket) บ่อหมักเร็วแบบนี้ใช้ตะกอนของสารอินทรีย์ (sludge) ที่เคลื่อนไหวภายในบ่อหมักเป็นตัวกลางให้จุลินทรีย์เกาะ ลักษณะการทำงานของบ่อหมักเกิดขึ้น โดยการควบคุมความเร็วของน้ำเสียให้ไหลเข้าบ่อหมักจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบนตะกอนส่วนที่เบาจะลอยตัวไปพร้อมกับน้ำเสียที่ไหลล้นออกนอกบ่อ ตะกอนส่วนที่หนัก จะจมลงก้นบ่อ

2.2.6 การใช้ประโยชน์จากแก๊สชีวภาพ

ประโยชน์จากแก๊สชีวภาพพบว่ามีหลายด้าน ประกอบด้วย

2.2.6.1 ด้านพลังงาน

เมื่อพิจารณาถึงด้านเศรษฐกิจแล้ว การลงทุนผลิตแก๊สชีวภาพจะลงทุนต่ำกว่าการผลิตเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ สามารถนำมาใช้ทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงจากแหล่งอื่นๆ เช่น ฟืน ถ่าน น้ำมัน แก๊สหุงต้ม และไฟฟ้า แก๊สชีวภาพจำนวน 1 ลูกบาศก์เมตร สามารถนำไปใช้ได้ดังนี้

- 1) ให้ค่าความร้อน 3,000 - 5,000 กิโลแคลอรี ความร้อนนี้จะทำให้น้ำ 130 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เดือดได้
- 2) ใช้กับตะเกียงแก๊สขนาด 60 - 100 วัตต์ ลูกใหม่ได้ 5 - 6 ชั่วโมง
- 3) ผลิตกระแสไฟฟ้า 1.25 กิโลวัตต์
- 4) ใช้กับเครื่องยนต์ 2 แรงม้า ได้นาน 1 ชั่วโมง
- 5) ถ้าใช้กับครอบครัวขนาด 4 คน สามารถหุงต้มได้ 3 มื้อ

2.2.6.2 ด้านปรับปรุงสภาพแวดล้อม

โดยการนำมูลสัตว์และน้ำล้างคอกมาหมักในบ่อแก๊สชีวภาพ จะเป็นการช่วยกำจัดมูลในบริเวณที่เลี้ยงทำให้กลิ่นเหม็นและแมลงวันในบริเวณนั้นลดลง และผลจากการหมักมูลสัตว์ในบ่อแก๊สชีวภาพที่ปราศจากออกซิเจนเป็นเวลานานๆ ทำให้ไข่พยาธิและเชื้อโรคส่วนใหญ่ในมูลสัตว์ตายด้วย ซึ่งเป็นการทำลายแหล่งเพาะเชื้อโรคบางชนิด เช่น โรคบิด อหิวาต์ และพยาธิที่อาจแพร่กระจายจากมูลสัตว์ด้วยกัน นอกจากนี้แล้วยังเป็นการป้องกันไม่ให้มูลสัตว์ถูกชะล้างลงไปในแหล่งน้ำตามธรรมชาติ

2.2.6.3 ด้านการเกษตร

การทำเป็นปุ๋ย กากที่ได้จากการหมักแก๊สชีวภาพ สามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้ดีกว่ามูลสัตว์สดๆ และปุ๋ยคอก ทั้งนี้เนื่องจากในขณะที่มีการหมักจะมีการเปลี่ยนแปลงสารประกอบไนโตรเจนในมูลสัตว์ทำให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และการทำเป็นอาหารสัตว์ โดยนำส่วนที่เหลือจากการหมัก นำไปตากแห้ง แล้วนำไปผสมเป็นอาหารสัตว์ให้โคและสุกรกินได้ แต่ทั้งนี้ก็มีข้อจำกัดคือ ควรใส่อยู่ระหว่าง 5 - 10 กิโลกรัม ต่อส่วนผสมทั้งหมด 100 กิโลกรัม จะทำให้สัตว์เจริญเติบโตตามปกติและเป็นการลดต้นทุนการผลิตอีกด้วย

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชัยศรี ธาราสวัสดิ์พิพัฒน์ และโกวิท สุวรรณหงส์ (2555) ศึกษาการผลิตแก๊สชีวภาพจากซากชีวมวลในร่องสวนในพื้นที่อำเภอมโนรมย์ จังหวัดสุพรรณบุรีเพื่อใช้ทดแทนแก๊สหุงต้มในครัวเรือน และศึกษาหารูปแบบของการมีส่วนร่วมของชุมชนด้านการผลิตและการใช้ประโยชน์จากแก๊สชีวภาพที่ผลิตจากซากชีวมวลในร่องสวนในพื้นที่ โดยใช้กระบวนการวิจัย 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย (1) การสร้างกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนเพื่อกำหนดแนวทางการดำเนินงานวิจัยร่วมกับชุมชน และคัดเลือกพื้นที่ตัวอย่างในอำเภอมโนรมย์ จังหวัดสุพรรณบุรี (2) ทำการสำรวจเก็บตัวอย่างแก๊สในร่องสวนผลไม้ จำนวน 5 จุดในตำบลบางนางลี่ซึ่งได้ผ่านการคัดเลือกเป็นพื้นที่ศึกษา (3) เก็บซากชีวมวลในรูปของตะกอนโคลนมาทดลองผลิตแก๊สชีวภาพโดยผสมกับมูลสัตว์ในส่วนที่ต่างกัน นำผลที่ได้จากการทดลองนำไปแนะนำให้ชุมชนและทดลองผลิตแก๊สชีวภาพภายในชุมชนที่พบแก๊สในร่องสวนมากที่สุด และ (4) ประเมินระดับความพึงพอใจของชุมชน ผลการวิจัยพบว่าตัวแทนในพื้นที่อำเภอมโนรมย์ร้อยละ 65 เลือกพื้นที่ตำบลบางลี่เป็นพื้นที่ศึกษาเนื่องจากเป็นพื้นที่ลุ่มแอ่ง มีสวนผลไม้ และร่องสวนทั่วทั้งตำบล ผลการสำรวจปริมาณแก๊สชีวภาพในร่องสวนจำนวน 5 จุดพบมีแก๊สสะสมในตะกอนดินโคลน 50-52 ลิตรต่อตารางเมตร โดยพบแก๊สมีเทน 62.5-65.5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ผลการทดลองนำตะกอนดินโคลนมาผลิตแก๊สชีวภาพร่วมกับมูลสัตว์พบว่าสามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้สูงสุดที่ 55.5 ลิตรที่สัดส่วนตะกอนดินโคลนต่อมูลสัตว์ 1:1 และผลการผลิตแก๊สชีวภาพในระดับชุมชนที่ขนาดความจุของหลุมหมักแก๊ส 4000 ลิตร พบว่าสามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้ถึง 56.4 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรที่ระยะเวลาจนถึง 40 วัน ผลการประเมินผลระดับความพึงพอใจของชุมชน ผลการวิจัย พบว่า ร้อยละ 89.5 มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดต่อการเข้าร่วมวิจัย ร้อยละ 82.4 มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดหากมีโครงการนำวัสดุเหลือทิ้งทางเกษตร/ครัวเรือน วัชพืชน้ำและโคลนในร่องสวนมาผลิตก๊าซและใช้ประโยชน์จากแก๊สชีวภาพที่ผลิต

ตระกูลศักดิ์ เสนานิคม และคณะ (2557) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและทดลองการหมักก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียจากกองขยะของขยะทั่วไปและน้ำเสียจากกองขยะของขยะอินทรีย์และศึกษาผลของสภาพความเป็นกรด-ด่าง และการกวนที่มีผลต่ออัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ โดยทำการทดลองในถังหมักต้นแบบ การออกแบบการทดลองแบ่งออกเป็นสามส่วน ส่วนแรกเป็นการทดลองการเกิดก๊าซชีวภาพโดยใช้น้ำเสียจากกองขยะของขยะทั่วไปและน้ำเสียจากกองขยะของขยะอินทรีย์ โดยทำการปรับค่า pH ให้เป็นกลางก่อนทำการทดลอง ส่วนที่สองเป็นการทดลองผลของความเป็นกรด-ด่างที่มีผลต่อการเกิดก๊าซชีวภาพ โดยการทดลองได้แบ่งค่าความเป็นกรด-ด่าง ออกเป็น 3 ค่า ได้แก่ค่า

pH=6.5, 7.0 และ 7.5 ส่วนที่สามเป็นการทดลองการกวนที่มีผลต่อการเกิดก๊าซชีวภาพโดยการทดลองได้แบ่งการกวนออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กวน 15 นาที หยุด 15 นาที กวน 15 นาที หยุด 30 นาที และกวน 15 นาที หยุด 45 นาที จากการศึกษาพบว่า การนำน้ำเสียจากกองขยะมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตก๊าซชีวภาพควรใช้น้ำเสียจากกองขยะอินทรีย์ และค่า pH=7.5 และการกวน 15 นาที หยุด 15 นาที จึงจะทำให้เกิดก๊าซชีวภาพสูงสุด

ธัชกร ผลพันธุ์ และคณะ (2557) วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรม 5 ประเภท ได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรมประเภทแป้ง โรงงานอุตสาหกรรมประเภทน้ำมันปาล์ม โรงงานอุตสาหกรรมประเภทเอทานอล โรงงานอุตสาหกรรมประเภทแปรรูปอาหาร และอุตสาหกรรมประเภทแปรรูปยาง รวมถึงการคัดเลือกเทคโนโลยีระบบผลิตก๊าซชีวภาพที่เหมาะสมในแต่ละประเภทน้ำเสียอุตสาหกรรม งานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือการเก็บรวบรวมข้อมูลลักษณะน้ำเสีย ต่อมาคือการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพและการคัดเลือกเทคโนโลยี ส่วนสุดท้ายคือการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อผลการตัดสินใจลงทุนสำหรับผู้ประกอบการ รวมถึงการวิเคราะห์ปัญหาและอุปสรรคในการส่งเสริมเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพพร้อมเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น สำหรับศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพที่ได้จากงานวิจัยนี้เป็นเพียงภาพรวมสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียในแต่ละประเภทอุตสาหกรรม โดยยึดประเภทและจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่ทำการขึ้นทะเบียนโดยตรงกับกรมโรงงานอุตสาหกรรม โดยศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมโดยรวมที่มากที่สุด คือ อุตสาหกรรมประเภทเอทานอล โดยมีศักยภาพที่ 1,005.65 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี รองลงไปคือ อุตสาหกรรมประเภทผลิตแป้งมันสำปะหลังมีศักยภาพที่ 416.54 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี อุตสาหกรรมประเภทน้ำมันปาล์มมีศักยภาพที่ 156.04 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี อุตสาหกรรมประเภทแปรรูปอาหาร มีศักยภาพที่ 60.10 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และอุตสาหกรรมประเภทยางมีศักยภาพที่ 18.05 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปีตามลำดับ จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า น้ำเสียอุตสาหกรรมทั้ง 5 ประเภท มีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพที่ตีรวมถึงเทคโนโลยีในการผลิตก๊าซชีวภาพหรือเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนเป็นทางเลือกที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมที่มีความเข้มข้นสูงในค่า ซีโอดี และบีโอดี เพื่อลดค่าใช้จ่ายภายในโรงงานและช่วยรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

สมจิตนา ลิ่มสุข ปุณยวี เพียรธรรม และอนุรักษ ปิตรีกษ์สกุล (2554) ได้ทำการศึกษาศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและการเพิ่มอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพโดยการเติมกลีเซอรินดิบที่ได้จาก

การผลิตไบโอดีเซล โดยกระบวนการหมักแบบไร้อากาศในถังหมักขนาด 200 ลิตร แบบกึ่งกะในตอนเริ่มต้นเดินระบบใช้เศษอาหารอย่างเดียวป้อนที่อัตราการสารอินทรีย์เฉลี่ยในช่วง 0.306-1.245 g/Lreactor-day (56.6-230.2 g/day) ให้ผลผลิตของมีเทนเฉลี่ย 0.465 m³CH₄/kgCOD ที่อุณหภูมิห้อง และให้ค่าผลผลิตของก๊าซเฉลี่ย 0.789 m³biogas/kgCOD ในการป้อนกลีเซอรินดิบร่วมกับเศษอาหาร 1.245 g/Lreactor-day ปริมาตรก๊าซชีวภาพเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 36.8 L/day เป็น 72.2 L/day และ 90.4 L/day หลังจากเพิ่มกลีเซอริน 30.8 และ 46.3 mL/day ตามลำดับ

สุพจน์ เกดมี รังสรรค์ และคณะ (2554) ได้ศึกษาการพัฒนการใช้พลังงานก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และเศษวัสดุทางการเกษตร โดยการศึกษาปริมาณการใช้ของพลังงานเชื้อเพลิงเพื่อมาผลิตก๊าซชีวภาพมาใช้แทน เพื่อเป็นแนวทางส่งเสริมให้มีการใช้อย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพสูงสุด ผลการศึกษาพบว่า การพัฒนการใช้พลังงานก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และเศษวัสดุทางการเกษตรสามารถสร้างเตาชีวมวลอย่างง่ายเพื่อใช้ทดแทนเตาแบบธรรมดาและเตาแก๊สที่ใช้กัน จากข้อมูลที่ได้จากการทดสอบการใช้เตาชีวมวลเปรียบเทียบกับการใช้เตาธรรมดา ระยะเวลาในการจุดเตาและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเตาชีวมวลมีค่าน้อยกว่า และสำหรับค่าความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตจากเตาชีวมวลมีค่าสูงกว่าเตาแบบธรรมดา จะเห็นได้ว่าเตาชีวมวลมีประสิทธิภาพสูงทำให้ลดค่าใช้จ่ายด้านการใช้เชื้อเพลิงจากก๊าซธรรมชาติได้ และในส่วนของถังหมักก๊าซชีวภาพนั้นสามารถออกแบบและสร้างถังหมักและถังเก็บก๊าซและใช้งานได้จริง แต่เนื่องจากปริมาณของมูลสัตว์และเศษอาหารของชุมชนมีปริมาณไม่เพียงพอสำหรับการใช้หมักก๊าซจึงไม่เหมาะสมที่จะใช้ก๊าซชีวภาพที่เกิดจากการหมักมูลสัตว์และเศษอาหาร ในการประกอบอาหารทดแทนการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากก๊าซธรรมชาติ ข้อเสนอแนะที่ได้จากงานวิจัย คือ การทำถังหมักก๊าซชีวภาพสำหรับครอบครัวเล็กควรใช้ถังหมักขนาด 60 ลิตร ครอบครัวใหญ่ควรใช้ถังหมักก๊าซที่มีขนาด 200 ลิตร

Owamah et al. (2014) ได้ศึกษาเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพของก๊าซชีวภาพจากมูลไก่ด้วยตะไคร้ เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการผลิตก๊าซชีวภาพที่ดีที่สุดด้วยการหมักของมูลไก่ และตะไคร้ ด้วยกระบวนการหมักแบบไร้อากาศเป็นเวลา 30 วันในการหมัก ที่อุณหภูมิ 33.1±2 องศาเซลเซียส ด้วยถังปฏิกรณ์ A-C จากผลการทดลองพบว่าปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักของมูลไก่ การหมักร่วมของมูลไก่และตะไคร้ และ จากการหมักของตะไคร้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.8 ลิตรต่อกิโลกรัมต่อกรัม 1.3 ต่อกิโลกรัมต่อกรัม และ 1 ต่อกิโลกรัมต่อกรัม โดยมีค่าปริมาณมีเทนเฉลี่ยที่ได้เท่ากับ 41.71 เปอร์เซ็นต์ 66.20 เปอร์เซ็นต์ และ 71.95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับผลการวิจัยที่ได้แสดงให้เห็นว่าปริมาณมีเทนที่ได้จากมูลสัตว์ด้วยการหมักร่วมสามารถใช้เป็นพลังงานได้

Ming Wang et al. (2014) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับวิธีการป้อนระบบแบบใหม่สำหรับการย่อยแบบไม่ใช้ออกซิเจนแบบกึ่งต่อเนื่องของเศษอาหารกับมูลไก่ ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการปรับปรุงปริมาณมีเทนจากการหมักร่วมของเศษอาหาร (FW) และมูลไก่ (CM) โดยการป้อนของสารตั้งต้นคือทำการป้อนเศษอาหาร (FW) และวันต่อมาเป็นการป้อน CM (FM/CM) วันที่สองทำการเติม FM และในวันที่สามทำการเติม CM (FW/FM/CM) ลงในถังหมักร่วมแบบไร้อากาศเป็นเวลา 225 วัน จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า การหมักก๊าซชีวภาพจาก FW/CM และหมักจาก CM เพียงอย่างเดียวมีความล้มเหลวในระหว่างวันที่ 70 เนื่องจากเกิดแอมโมเนียขึ้นทำให้ยับยั้งกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ แต่สำหรับการหมักร่วมของ FW/FM/CM การผลิตก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นในระหว่างวันที่ 35 ซึ่งให้ค่า OLR เท่ากับ 2.5 kg /L/day มีค่าอัตราการผลิตมีเทนสูงกว่า 507.58 mL/g ของแข็งระเหยได้ และอัตราการผลิตปริมาตรก๊าซชีวภาพเท่ากับ 2.1 L/L/day

Haider et al. (2015) ทำวิจัยเรื่องผลของการผสมเศษอาหาร หมักร่วมกับแกลบ และสารตั้งต้นต่ออัตราส่วนหัวเชื้อที่ส่งผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือศึกษาสัดส่วนการหมักร่วมระหว่างเศษอาหารและแกลบ ด้วยสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน เท่ากับ 20, 25, 30 และ 35 ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิเมโซฟิลิก จากผลวิจัยพบว่าปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้สูงสุดคือ 584 L/kg VS เกิดขึ้นที่สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 20 ซึ่งปริมาณก๊าซชีวภาพจะลดลงเมื่อมีการลดของสัดส่วนของเศษอาหาร

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย การหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งชุมชน การออกแบบโครงสร้างระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ การสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพ การวัดค่าการผลิตก๊าซชีวภาพ การศึกษาศักยภาพของการผลิตก๊าซชีวภาพและการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งชุมชน

3.1 ขั้นตอนการวิจัย

การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับออกแบบและพัฒนาระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งจากชุมชนบริเวณปากแม่น้ำเพชรบุรีมีขั้นตอนในการดำเนินการดังภาพที่ 3.1

3.1.1 วิธีการศึกษา

การศึกษาประกอบด้วยการศึกษาและรวบรวมข้อมูล การกำหนดวัตถุประสงค์ การออกแบบโครงสร้างระบบ การเลือกและจัดหาวัสดุอุปกรณ์ การดำเนินการสร้างโครงสร้างตามแผนที่วางไว้ การปรับปรุงแก้ไข การศึกษาตัวแปร และการวิเคราะห์ผลและสรุปผลที่ได้จากการศึกษา

1) ศึกษาและรวบรวมข้อมูล

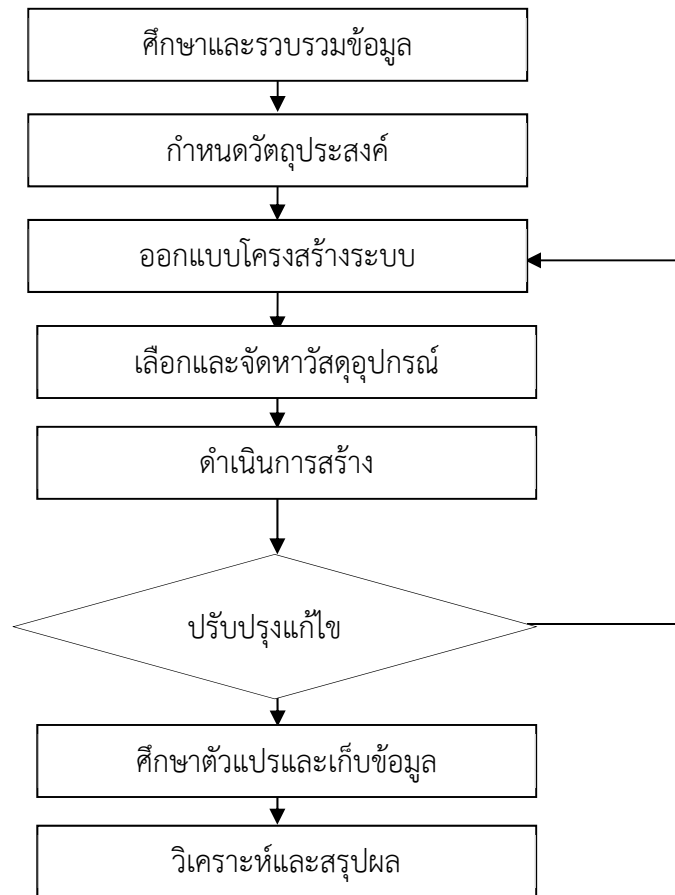
ศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเลือกวัตถุดิบที่เหมาะสมกับประสิทธิภาพของก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งจากชุมชนด้วยกระบวนการหมักภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนแบบฝาครอบแช่ในบ่อมูล ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพก๊าซชีวภาพที่ได้

2) กำหนดวัตถุประสงค์

กำหนดวัตถุประสงค์ในการสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพด้วยกระบวนการหมักภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน

3) ออกแบบโครงสร้างระบบ

ออกแบบโครงสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งด้วยกระบวนการภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนแบบฝาครอบแช่ในบ่อมูลขนาด 200 ลิตร และกำหนดตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการศึกษากระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนแบบฝาครอบแช่ในบ่อมูลขนาด 200 ลิตร

4) เลือกและจัดหาวัสดุอุปกรณ์

เลือกและจัดหาวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งด้วยกระบวนการภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีขายอยู่ตามท้องตลาดเพื่อความสะดวกในการจัดหาและเพื่อความประหยัด

5) ดำเนินการสร้างโครงสร้างตามแผนที่วางไว้

สร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งด้วยกระบวนการภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน ตามขนาดที่ได้ออกแบบไว้และติดตั้งเครื่องมือวัด

6) ปรับปรุงแก้ไข

ปรับปรุงแก้ไขระบบที่ไม่เป็นไปตามโครงสร้างระบบที่ออกแบบไว้

7) ศึกษาตัวแปร

ศึกษาตัวแปรที่มีผลกระทบต่อกลไกการเกิดก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งด้วยกระบวนการภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนและเก็บข้อมูลผลการศึกษาวิจัย

8) วิเคราะห์ผลและสรุปผลที่ได้จากการศึกษา

วิเคราะห์ผลและสรุปผลที่ได้จากการเก็บข้อมูล

3.1.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างวิธีการศึกษา

ทำการทดสอบตามขั้นตอนของการทดสอบ โดยทำการทดสอบซ้ำอย่างน้อย 3 ซ้ำและในการทดสอบแต่ละครั้งในการทดสอบหาค่าที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของก๊าซชีวภาพ คือ ปริมาณก๊าซมีเทน (CH_4) ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) รวมถึงการวัดสภาวะควบคุมระบบ คือ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) อุณหภูมิ (Temperature)

3.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษามีดังนี้

3.1.3.1 เครื่องตรวจวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพ ยี่ห้อ Geotech รุ่น BIOGAS 5000

3.1.3.2 เครื่องวิเคราะห์ COD ยี่ห้อ Lovibond รุ่น MD200

3.1.3.3 เครื่องวิเคราะห์ BOD ยี่ห้อ Lovibond รุ่น BD600

3.1.3.4 เครื่องพีเอชมิเตอร์ (pH meter)

3.1.3.5 เครื่องวัดอุณหภูมิ (Data logger)

3.1.3.6 ตู้อบ (Oven)

3.1.3.7 เครื่องกวนสารให้ความร้อน (Hot plate)

3.1.3.8 เครื่องชั่ง (Balance) ทศนิยมชนิด 4 ตำแหน่ง

3.1.3.9 ตู้ดูดความชื้น (Desiccator)

3.1.3.10 บิวเรต (Buret) ขนาด 50 มิลลิลิตร

3.1.3.11 กระบอกตวง (Cylinder) ขนาด 50 และ 1,000 มิลลิลิตร

3.1.3.12 ปีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 50,100,250 และ 1,000 มิลลิลิตร

3.1.3.13 ปิเปตวัดปริมาตร (Volumetric pipet) ขนาด 1,2,5,10,20 และ 50 มิลลิลิตร

3.1.3.14 กรวยกรองแก้ว (Glass funnel)

3.1.3.15 ภาชนะเก็บน้ำตัวอย่าง

3.1.3.16 ป้อนสุญญากาศ

3.1.3.17 ขาตั้ง (Stand)

3.1.3.18 ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร

3.1.3.19 ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 50 และ 1,000 มิลลิลิตร

3.1.3.20 ขวดซีโอดี (COD) ขนาด 300 มิลลิลิตร พร้อมหัวจุก

3.1.3.21 ขวดกรองสุญญากาศ

3.1.4 สถานที่ทดลองและเก็บข้อมูล

3.1.4.1 สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏ
เพชรบุรี เลขที่ 38 หมู่ 8 ถนนเพชรบุรี-หาดเจ้าสำราญ ตำบลนาวิ่ง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี
76000

3.1.4.2 วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

3.2 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งชุมชน

ในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพประกอบด้วยการศึกษาสมบัติวัตถุดิบ
สัดส่วนของวัตถุดิบ การควบคุมระบบ และปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระบบ โดยมีอุปกรณ์และขั้นตอน
ดังต่อไปนี้

3.2.1 วัตถุดิบและขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ

1) มูลสัตว์

มูลสัตว์ที่ใช้ในการศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพประกอบด้วย
มูลวัว มูลสุกร และมูลไก่ เป็นมูลสดที่เก็บมาจากแหล่งเดียวกันทุกครั้ง ตัวอย่างมูลวัว ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 มูลวัว

2) ผัก

ผักที่ใช้ในการหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพ คือ ผักบุ้ง ได้มาจากแหล่งที่มีการปลูกผักบุ้งโดยไม่ใช้สารเคมี ส่วนที่ใช้ในการทดลองคือส่วนรากเป็นตัวแทนของผักที่เหลือจากกระบวนการเตรียมอาหาร ดังแสดงในภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 รากผักบุ้งที่ใช้ในการหมักก๊าซ

3) ข้าวสววย

ข้าวสววยใช้ในการหาสภาวะที่เหมาะสมผลิตก๊าซชีวภาพ ได้ทำการหุงข้าวเพื่อทดสอบการผลิตก๊าซชีวภาพในครั้งนี้ เพื่อควบคุมการปนเปื้อนของสารกันบูด ดังแสดงในภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 ข้าวสววยที่ใช้ในผลิตก๊าซชีวภาพ

4) น้ำเสีย

น้ำทิ้งชุมชน และน้ำทิ้ง เก็บตัวอย่างจากสถานประกอบการแปรรูปสัตว์น้ำที่มีการปล่อยลงสู่แม่น้ำ ทั้งนี้ค่าการตรวจวัดผ่านมาตรฐานตามกฎหมาย



ภาพที่ 3.5 น้ำทิ้งจากชุมชน

3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการหาสถานะที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพ

ในการทดสอบเพื่อหาสถานะที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพ เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย คือ เครื่องทดสอบเพื่อหาค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำหรือบีโอดี (Biochemical oxygen demand: BOD) เครื่องทดสอบเพื่อหาค่าปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการสลายสารอินทรีย์ด้วยสารเคมีหรือซีโอดี (Chemical oxygen demand: COD) และเครื่องวิเคราะห์เพื่อหาศักยภาพในการผลิตมีเทนด้วยวิธีชีวเคมี (Biochemical methane potential: BMP) วิธีการทดสอบมีดังนี้

3.2.2.1 เครื่องทดสอบเพื่อหาค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำหรือบีโอดี (Biochemical oxygen demand: BOD)

1) อุปกรณ์วิเคราะห์ค่า BOD ยี่ห้อ Lovibond รุ่น BD600



ภาพที่ 3.6 อุปกรณ์ทดสอบ ค่า BOD

2) วิธีการทดสอบ

เติมน้ำอย่างช้าลงในขวดบีโอดี ปิดจุกให้แน่นไม่ให้อากาศเข้าออกได้ แล้วนำขวดไปเลี้ยงเชื้อภายใต้สภาวะที่กำหนดเป็นเวลาจำกัด (อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เวลามาตรฐานคือ 5 วัน) นำขวด BOD วางบน Rack แล้วกดปุ่มเปิดเครื่อง กดเริ่ม เพื่อเข้าสู่การตั้งค่า เลือกตำแหน่งของขวด ที่ต้องการตั้งค่า เลือกช่วงการวัด และปริมาณน้ำตัวอย่างที่ต้องการเลือกจำนวนวันที่ต้องการวัดค่า และกดยืนยัน ให้กดบันทึกข้อมูลนำชุดวิเคราะห์ทั้งชุดเข้าไปป้อนในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 20 องศาเซลเซียส

3.2.2.2 เครื่องทดสอบเพื่อหาค่าปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการสลายสารอินทรีย์ด้วยสารเคมีหรือซีโอดี (Chemical oxygen demand: COD)

1) อุปกรณ์วิเคราะห์ COD ยี่ห้อ Lovibond รุ่น MD200



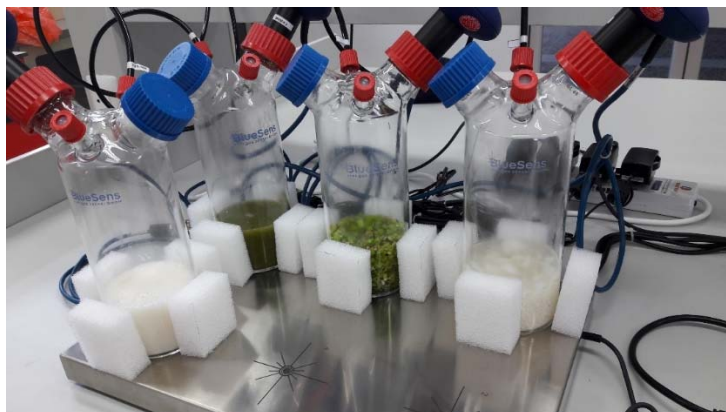
ภาพที่ 3.7 อุปกรณ์วิเคราะห์ COD ยี่ห้อ Lovibond รุ่น MD200

2) วิธีการทดสอบ

ใส่ Adaptor chamber สำหรับทดลองเปิดเครื่องเลือกช่วงการวัดที่ต้องการ Set zero โดยการใส่ blank ใน Chamber ใส่ Reagent Cuvette ที่ทำปฏิกิริยา วัดค่าโดยการกดปุ่ม Zero/Test

3.2.2.3 เครื่องวิเคราะห์เพื่อหาค่าศักยภาพในการผลิตมีเทนด้วยวิธีชีวเคมี (Biochemical methane potential: BMP)

1) เครื่องวิเคราะห์ BMP ยี่ห้อ BLUESENS รุ่น Yield Master



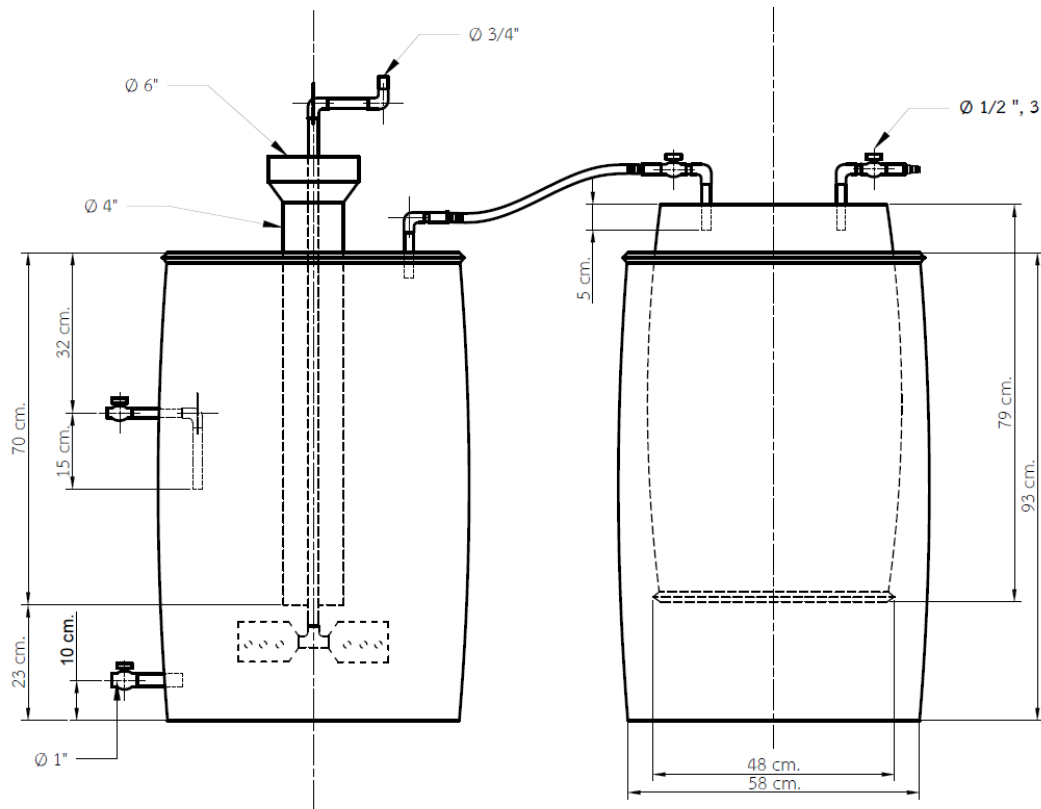
ภาพที่ 3.8 เครื่องวิเคราะห์เพื่อหาค่าศักยภาพในการผลิตมีเทนด้วยวิธีชีวเคมี

3.2.3 การคำนวณหาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของวัตถุดิบที่ใช้ในการหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพ

ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงควรควบคุมให้ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในการผลิตก๊าซชีวภาพให้อยู่ระหว่าง 20-40 เพื่อให้ได้ก๊าซชีวภาพที่มีคุณภาพ ทั้งนี้อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนของขยะอินทรีย์ที่สามารถใช้ผลิตก๊าซชีวภาพคือตั้งแต่ 8-30 เนื่องจากถ้าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงมาก ไนโตรเจนจะถูกเมทาโนเจนแบคทีเรีย (Methanogen bacteria) นำไปใช้เพื่อเสริมโปรตีนให้ตัวเองและจะหมดอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ได้ก๊าซชีวภาพปริมาณน้อย แต่ถ้าหากอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำมาก ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนสูงและรวมตัวกันเกิดแอมโมเนีย ซึ่งแอมโมเนียจะส่งผลทำให้ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) เพิ่มขึ้น ซึ่งถ้าหากค่าความเป็นกรดต่างสูงถึง 8.5 ก็จะเริ่มเป็นพิษกับแบคทีเรียทำให้จำนวนเมทาโนเจนแบคทีเรียลดลง นอกจากนี้หากอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงอยู่นอกเหนือจากช่วง 8-30 จะทำให้มีสัดส่วนปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้เป็นก๊าซอื่นๆ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น อย่างไรก็ตามสามารถนำวัตถุดิบที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงมาผสมกับวัตถุดิบที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำได้ เพื่อให้ได้วัตถุดิบที่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ต้องการ

3.3 การออกแบบโครงสร้างระบบการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งชุมชน

ออกแบบงานโครงสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งด้วยกระบวนการภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน 2 มิติ และ 3 มิติ ดังภาพที่ 3.9 และ 3.10 ได้ทำการออกแบบระบบการผลิตก๊าซชีวภาพเป็นแบบฝาคบในบ่อมูลขนาด 200 ลิตร และกำหนดตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา รวมทั้งการเลือกและจัดหาวัสดุอุปกรณ์



ภาพที่ 3.9 แบบระบบผลิตก๊าซชีวภาพภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนแบบฝาครอบแช่ในบ่อมูล 2 มิติ



ภาพที่ 3.10 แบบระบบผลิตก๊าซชีวภาพภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนแบบฝาครอบแช่ในบ่อมูล 3 มิติ

3.4 การสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งชุมชน

ระบบการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งชุมชนประกอบด้วยวัสดุและอุปกรณ์ในการสร้างระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ

3.4.1 วัสดุ และอุปกรณ์ในการสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

การสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพมีวัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ดังต่อไปนี้

3.4.1.1 วัสดุ

การเลือกวัสดุที่ใช้เป็นระบบการผลิตก๊าซชีวภาพนั้นต้องมีการเลือกวัสดุที่ทนต่อความดันและการกัดกร่อนได้ เนื่องจากในกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพนั้นมีการสร้างกรดขึ้น ซึ่งวัสดุที่แช่อยู่ในน้ำหมักควรเป็นวัสดุที่ไม่มีการทำปฏิกิริยากับกรดที่เกิดขึ้น วัสดุที่ใช้ในการทำระบบผลิตก๊าซชีวภาพ มีดังนี้

- 1) ถังพลาสติกทรงกระบอกขนาด 200 ลิตร
- 2) ถังพลาสติกทรงกระบอกขนาด 120 ลิตร
- 3) บอลวาล์ว (Ball valve) 1 นิ้ว
- 4) บอลวาล์ว (Ball valve) 3/4 นิ้ว
- 5) บอลวาล์ว (Ball valve) 1/2 นิ้ว
- 6) ต่อตรงเกลียวใน (Faucet socket-WS B) 1 นิ้ว
- 7) ต่อตรงเกลียวใน (Faucet socket-WS B) 1/2 นิ้ว
- 8) ต่อตรงเกลียวนอก (Valve socket-WS B) 1 นิ้ว
- 9) ต่อตรงเกลียวนอก (Valve socket-WS B) 3/4 นิ้ว
- 10) ต่อตรงเกลียวนอก (Valve socket-WS B) 1/2 นิ้ว
- 11) ข้องอ 90° (Elbow 90°) ขนาด 1/2
- 12) ข้องอ 90° เกลียวใน (Faucet elbow 90°-WS B) ขนาด 3/4 นิ้ว
- 13) ท่อพีวีซี (PVC) ขนาด 4 นิ้ว
- 14) ท่อพีวีซี (PVC) ขนาด 1 นิ้ว
- 15) ท่อพีวีซี (PVC) ขนาด 3/4 นิ้ว

- 16) ท่อพีวีซี (PVC) ขนาด 1/2 นิ้ว
- 17) ข้อต่อหางปลาไหล (Hose socket fitting of stainless steel) 1/2 นิ้ว
- 18) ท่อแยก 3 ทาง (Tee-WS B) ขนาด 1/2 นิ้ว
- 19) สายรัด (Cable ties) ขนาด 1 นิ้ว
- 20) คลิปก้ามปู (Pipe clip-WS B) ขนาด 1/2 นิ้ว
- 21) ท่อต่อตรง (Reducing socket-WS B) 6 นิ้ว ลด 4 นิ้ว
- 22) เช็มขัดรัดสายยาง
- 23) สายยางใส
- 24) อีพ็อกซี (Epoxy)
- 25) ปะเก็นยาง (Rubber gasket)
- 26) เทปพันเกลียว (Thread seal tape)

3.4.1.2 อุปกรณ์

การสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพมีอุปกรณ์ที่ใช้ดังต่อไปนี้

- 1) เลื่อยตัดเหล็ก
- 2) สว่านมือ
- 3) ดอกเจาะโฮลซอร์ขนาด 3/4 นิ้ว 1/2 นิ้ว และ 1 นิ้ว
- 4) ตลับเมตร
- 5) กรรไกร
- 6) กระดาษทราย เบอร์ 100
- 7) ไขควง
- 8) ประแจ

3.4.2 ขั้นตอนการทำระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

ขั้นตอนการทำระบบผลิตก๊าซชีวภาพในงานวิจัยนี้เป็นระบบฝาคือบแช่ในน้ำซึ่งกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้ปรับปรุงมาจากระบบฝาคือบแช่ในน้ำ โดยการทำบ่อกักเก็บมูลในถังใบหนึ่งส่วนถังเก็บก๊าซจะอยู่กึ่งกลางอีกใบหนึ่งเป็นถัง 2 ชั้น เพื่อหล่อน้ำในถังวงนอกป้องกันก๊าซชีวภาพรั่วออก เพราะเหตุนี้จึงแบ่งขั้นตอนการทำระบบผลิตก๊าซชีวภาพเป็น 2 ส่วนดังนี้

3.4.2.1 ถังหมักก๊าซชีวภาพ

ส่วนของถังหมักก๊าซชีวภาพเป็นการใช้ถังพลาสติกทรงกระบอกขนาด 200 ลิตร จำนวนหนึ่งถังมีความหนา 1 เซนติเมตรและเป็นถังที่ปิดสนิท ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1) กำหนดจุดเจาะจำนวน 3 จุด ดังแสดงในภาพที่ 3.11 โดยจุดที่ 1 คือ จุดกึ่งกลางบนฝาของถังซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว และทำการแบ่งสัดส่วนของถังออกเป็น 3 ส่วน ซึ่งเป็นส่วนของการหมัก 2 ส่วน และส่วนของการเก็บก๊าซชีวภาพอีก 1 ส่วน ในตำแหน่งจุดเจาะจุดที่ 2 และ 3 อยู่ในส่วนของหมัก จุดที่ 2 คือ ท่อสำหรับถ่ายน้ำล้นหลังจากการเกิดปฏิกิริยาแล้วซึ่งห่างจากฝาดังลงมา 32 เซนติเมตร ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง $\frac{3}{4}$ นิ้ว และจุดที่ 3 คือ ท่อสำหรับถ่ายตะกอนอยู่สูงจากพื้น 51 เซนติเมตร ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว จากนั้นก็ดำเนินการเจาะตามที่ได้ออกแบบไว้



(ก)

(ข)

ภาพที่ 3.11 ตำแหน่งการเจาะระบบ ก.จุดเจาะที่ 1 ข.จุดเจาะที่ 2 และ 3

2) ตัดปะเก็นยางให้เป็นวงกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว จำนวน 1 ชิ้น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง $\frac{3}{4}$ นิ้ว จำนวน 1 ชิ้น และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง $\frac{1}{2}$ นิ้ว จำนวน 1 ชิ้น

3) ตัดท่อพีวีซี ขนาด 4 นิ้ว 1 นิ้ว $\frac{3}{4}$ นิ้ว และ $\frac{1}{2}$ นิ้ว ความยาวตามแบบที่กำหนดไว้

4) ประกอบท่อในจุดที่สองโดยใช้ข้องอ 90° เคลียวในกับท่อต่อตรงเกลียวนอกขนาด $\frac{3}{4}$ นิ้ว เข้ากับถังหมักโดยให้ข้องอ 90° เคลียวในอยู่ข้างในถังและให้ปะเก็นยางรองระหว่างข้อต่อ

จากนั้นนำท่อพีวีซี ขนาด 3/4 นิ้ว ความยาว 15 เซนติเมตร เข้ากับข้ออ 90° แล้วนำท่อพีวีซีขนาด 3/4 นิ้ว ความยาว 10 เซนติเมตร สวมเข้ากับท่อต่อตรงเกลียวใน แล้วนำบอลวาล์วขนาด 3/4 นิ้ว มาสวมเข้ากับท่อพีวีซีข้างต้น

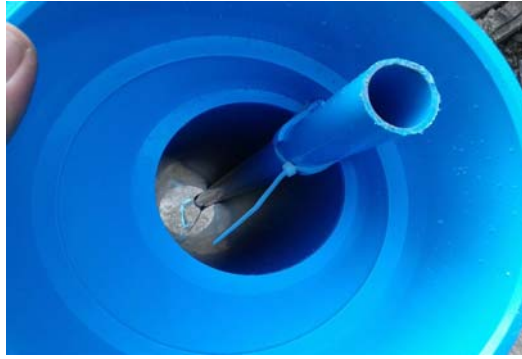
5) ประกอบท่อในจุดที่สามโดยใช้ท่อต่อตรงเกลียวในกับท่อต่อตรงเกลียวนอก ขนาด 1 นิ้ว เข้ากับถังหมักโดยให้ท่อต่อตรงเกลียวนอกอยู่ภายในถังและใช้ปะเก็นยางรองระหว่างข้อต่อจากนั้นนำท่อพีวีซีขนาด 1 นิ้ว ความยาว 10 เซนติเมตร สวมเข้ากับท่อต่อตรงเกลียวในแล้วนำบอลวาล์วขนาด 1 นิ้ว มาสวมเข้ากับท่อพีวีซีข้างต้น

6) ทำไบโกลนโดยทำจากท่อพีวีซีขนาด 1/2 นิ้ว ความยาว 10 เซนติเมตร จากนั้นทำการผ่าท่อด้านหนึ่งแล้วนำไปให้ความร้อนกับท่อพีวีซี จนอ่อนตัวเพื่อทำการดัดให้เป็นแผ่นสี่เหลี่ยมเรียบแล้วเจาะรูตรงกลางไบโกลนจำนวนสามรู เพื่อลดแรงต้านในขณะกวนทำแบบนี้จำนวนสองชิ้น ดังแสดงในภาพที่ 3.12



ภาพที่ 3.12 ลักษณะของไบโกลน

7) สวมข้อต่อตรง 6 นิ้ว ลด 4 นิ้ว เข้ากับท่อพีวีซีขนาด 4 นิ้ว แล้วติดคลิปก้ามปูเข้ากับท่อพีวีซีขนาด 4 นิ้ว จำนวน 2 ตัว และติดท่อพีวีซีขนาด 3/4 นิ้ว เข้ากับคลิปก้ามปูใช้สายรัดรัดท่อพีวีซีขนาด 3/4 นิ้ว เข้ากับท่อพีวีซีขนาด 4 นิ้ว จากนั้นสอดท่อพีวีซีขนาด 1/2 นิ้ว เข้าในท่อพีวีซีขนาด 3/4 นิ้ว ดังแสดงในภาพที่ 3.13



ภาพที่ 3.13 การประกอบแกนใบกวน

8) ประกอบใบกวนเข้ากับท่อพีวีซีขนาด 1/2 นิ้ว จากขั้นตอนที่ 7 โดยประกอบภายในถังหมัก จากนั้นนำท่อพีวีซีขนาด 4 นิ้ว ใส่ลงในถังหมัก ดังแสดงในภาพที่ 3.14



ภาพที่ 3.14 การประกอบใบกวนเข้ากับแกน

9) ใช้ไอพ็อกซีปิดรอยรั่วที่เกิดจากการเจาะในตำแหน่งต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 3.15 แล้วปล่อยให้แห้งประมาณ 1 วัน เพื่อให้ไอพ็อกซีแข็งตัว



ภาพที่ 3.15 การปิดรอยรั่ว

10) การตรวจสอบรอยรั่วจะทำโดยใช้ฟองสบู่ทาบริเวณที่มีการปิดรอยรั่วหรือที่เสี่ยงต่อการรั่วซึมได้ จากนั้นปิดวาล์วทุกตัวแล้วก็อัดน้ำเข้าไปในระบบเพื่อให้ น้ำเข้าไปไล่อากาศ หากมีจุดรั่วซึมอากาศก็จะออกมาทำให้ฟองสบู่ที่ทาไว้เกิดเป็นฟองขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 3.16



ภาพที่ 3.16 การตรวจสอบรอยรั่ว

3.4.2.2 ถังเก็บก๊าซชีวภาพ

ถังเก็บก๊าซชีวภาพเป็นการใช้ถังพลาสติกทรงกระบอกสองใบที่มีขนาดต่างกัน สวมเข้ากันโดยใช้ถังพลาสติกทรงกระบอกขนาด 200 ลิตรความหนา 1 เซนติเมตรและถังพลาสติกทรงกระบอกขนาด 120 ลิตร ความหนา 0.5 เซนติเมตร มีขั้นตอนการทำได้ดังนี้

1) กำหนดจุดเจาะที่ท้ายของถังพลาสติกทรงกระบอกขนาด 120 ลิตร จำนวน 2 จุด โดยที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของจุดเจาะมีขนาด 22 มิลลิเมตร เมื่อได้ตามที่กำหนดก็ทำการเจาะโดยใช้เลื่อยเจาะรูกลม ดังแสดงในภาพที่ 3.17



ภาพที่ 3.17 ตำแหน่งจุดเจาะของถังเก็บก๊าซชีวภาพ

2) ทำการตัดปะเก็นยางเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง $1/2$ นิ้ว จำนวน 2 ชิ้น

3) นำเทปพันเกลียวมาพันที่เกลียวของข้อต่อตรงเกลียวนอกขนาด $1/2$ นิ้ว แล้วสวมปะเก็นยางเข้าไป จากนั้นนำข้อต่อตรงเกลียวนอกสวมเข้าไปในรูที่เจาะไว้โดยสวมจากด้านในของถังเพื่อให้เกลียวโผล่ออกมาด้านนอก แล้วนำข้อต่อตรงเกลียวในขนาด $1/2$ นิ้ว มาประกอบเข้าด้วยกันดังแสดงในภาพที่ 3.18

4) ตัดท่อพีวีซี ขนาด $1/2$ นิ้ว ความยาว 20 เซนติเมตร และ 10 เซนติเมตร โดยนำท่อพีวีซีที่ความยาว 20 เซนติเมตร มาสวมเข้ากับข้อต่อตรงจากข้อที่ (3) ส่วนอีกด้านสวมเข้ากับ ข้องอ 90°

5) นำข้อต่อหางปลาไหลเกลียวนอกมาพันเกลียวแล้วขันเข้ากับข้อต่อตรงเกลียวในขนาด $1/2$ นิ้ว นำท่อพีวีซีที่ความยาว 10 เซนติเมตร มาสวมเข้ากับข้อที่ (4) และอีกด้านสวมเข้ากับข้องอ 90° ดังแสดงในภาพที่ 3.19



ภาพที่ 3.18 การประกอบถังเก็บก๊าซชีวภาพ

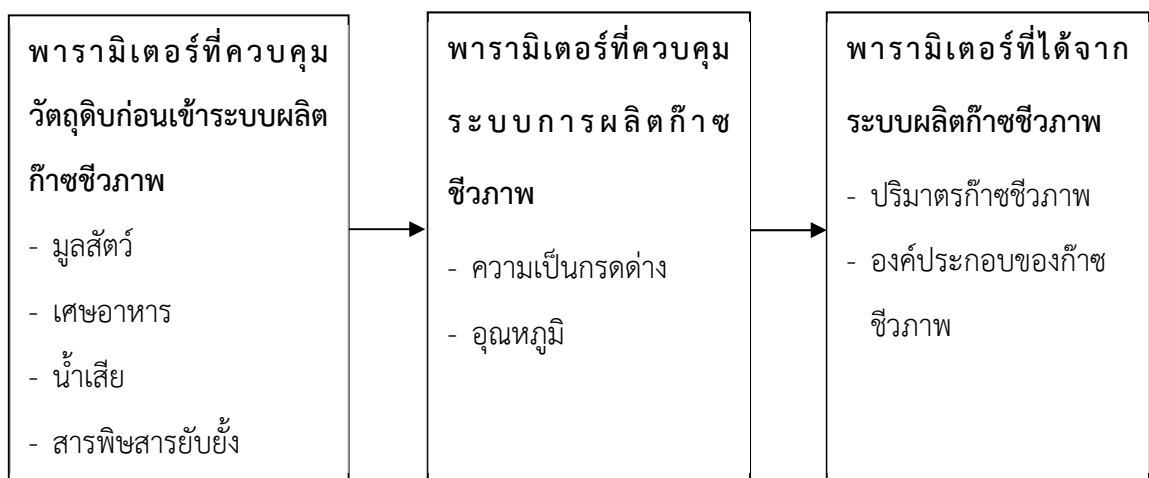


ภาพที่ 3.19 ถังเก็บก๊าซชีวภาพ

3.5 การวัดค่าการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งชุมชน

การวัดค่าการผลิตก๊าซชีวภาพประกอบด้วยการวัดองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ ซึ่งประกอบด้วยการวัดค่าปริมาณก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และการวัดค่าสภาวะควบคุมประกอบด้วยความเป็นกรดต่าง (pH) และอุณหภูมิ (Temperature)

การผลิตก๊าซชีวภาพจากผลเบื้องต้นจากการทดลองหาสัดส่วนที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพ การควบคุมวัตถุดิบและปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ ดังแสดงในภาพที่ 3.20 ซึ่งขั้นตอนในการผลิตก๊าซชีวภาพ มีขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 3.20 การควบคุมพารามิเตอร์ในการผลิตก๊าซชีวภาพ

3.5.1 การเติมวัตถุดิบเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ

- 1) ใส่มูลโคครั้งแรกจำนวน 35 กิโลกรัม และน้ำจำนวน 70 ลิตร กวนให้เข้ากันแล้วหมักทิ้งไว้ประมาณ 10 วัน
- 2) เมื่อครบ 10 วันแล้วทำการเติมมูลสัตว์ 1 กิโลกรัม เศษอาหาร 1 กิโลกรัม และน้ำเสีย 2 ลิตร ทุกวัน แล้วกวนให้เข้ากัน เศษอาหารที่ใช้ต้องผ่านการคัดแยกสิ่งที่ไม่ต้องการออกไปก่อน
- 3) ทำการถ่ายน้ำที่ผ่านการเกิดปฏิกิริยาแล้วทิ้งทางท่อน้ำล้นสัปดาห์ละ 3 ครั้ง เพื่อให้มีพื้นที่ว่างในการเกิดปฏิกิริยาในครั้งใหม่

3.5.2 การวัดปริมาตรก๊าซชีวภาพ

ปริมาตรก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นทำการวัดด้วยตลับเมตรโดยทำการวัดจากการลอยตัวของถัง 120 ลิตร ดังแสดงในภาพที่ 3.21 เมื่อได้ความสูงจากการวัด นำไปคำนวณหาปริมาตรก๊าซชีวภาพ



ภาพที่ 3.21 การวัดปริมาตรก๊าซชีวภาพ

3.5.3 การวัดองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

การวัดค่าองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ ซึ่งประกอบด้วยการวัดค่าปริมาณก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) โดยใช้เครื่องตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ ยี่ห้อ Geotech รุ่น BIOGAS 5000 แสดงดังภาพที่ 3.22



ภาพที่ 3.22 เครื่องตรวจวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพ

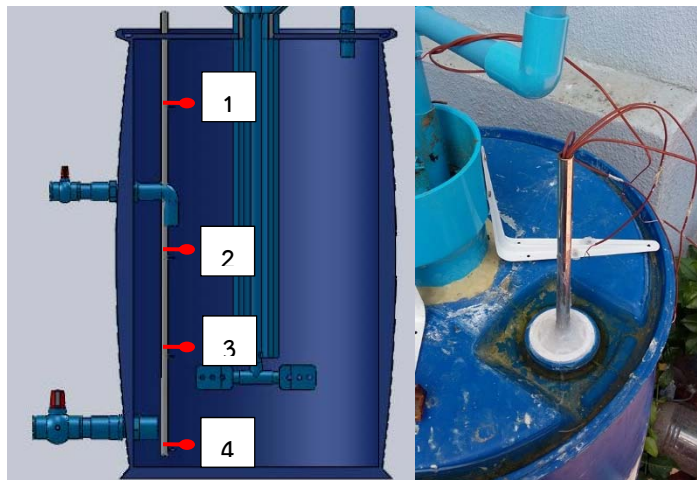
3.5.4 การวัดพารามิเตอร์ที่ควบคุมระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ

3.5.4.1 อุณหภูมิ

การเก็บค่าพารามิเตอร์อุณหภูมิภายในถังหมักและภายนอกถังหมักโดยใช้เครื่องเก็บข้อมูล (Data logger) ยี่ห้อ Omron รุ่น ZR-RX25 แสดงดังภาพที่ 3.23 ต่อเข้ากับสายเทอร์โมคัปเปิลชนิด T ทำการวัดอุณหภูมิภายในถัง 4 จุด โดยจุ่มสายเทอร์โมคัปเปิลลงไปในถังความลึกประมาณ 70 เซนติเมตร และทำการวัดอุณหภูมิภายนอกถังโดยการวัดอุณหภูมิแวดล้อมถังหมัก แสดงในภาพที่ 3.24



ภาพที่ 3.23 เครื่องเก็บข้อมูลอุณหภูมิ



ภาพที่ 3.24 การวัดอุณหภูมิ

3.5.4.2 ความเป็นกรดต่าง (pH)

ทำการวัดค่าความเป็นกรดต่าง (pH) โดยเครื่องวัดความเป็นกรดต่าง ยี่ห้อ Testo รุ่น Testo 206 PH 1 ดังแสดงในภาพที่ 3.25



ภาพที่ 3.25 เครื่องวัดความเป็นกรดต่าง

3.6 การศึกษาศักยภาพของการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งชุมชน

การศึกษาศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งชุมชน โดยการประเมิน ศักยภาพทางความร้อน การประเมินศักยภาพทางความร้อนของก๊าซชีวภาพจะใช้ความเข้มข้นของ ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ในแต่ละวันมาคำนวณหาค่าความร้อน จากสมการที่ 3.1

$$Q = q_{\text{CH}_4} (\sigma/100)V \quad (3.1)$$

เมื่อ Q คือ ศักยภาพทางความร้อน มีหน่วยเป็น เมกะจูล/วัน

q_{CH_4} คือ ค่าความร้อนของก๊าซมีเทน มีหน่วยเป็น เมกะจูล/ลูกบาศก์เมตร

σ คือ ความเข้มข้นของก๊าซมีเทน มีหน่วยเป็น ร้อยละ

V คือ ปริมาตรก๊าซชีวภาพในแต่ละวัน มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร/วัน

3.7 การศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหาร และน้ำทิ้งชุมชน

การประเมินศักยภาพทางเศรษฐศาสตร์จะทำการหาผลประโยชน์ของก๊าซชีวภาพและระยะเวลา คืนทุนของโครงการ โดยการหาผลประโยชน์ของก๊าซชีวภาพจะทำการเทียบกับก๊าซหุงต้ม ซึ่งหาได้จาก สมการที่ 3.2 จากข้อมูลก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร สามารถทดแทนก๊าซหุงต้มได้ 0.5 กิโลกรัม

$$\text{ผลประโยชน์} = \left[\frac{V_{\text{total}} \times 0.5}{1} \right] \quad (3.2)$$

เมื่อ V_{total} คือ ปริมาตรก๊าซชีวภาพรวม มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร

ระยะเวลาคืนทุนของโครงการหาได้จากต้นทุนในการสร้างระบบต่อผลประโยชน์ ดังสมการที่ 3.3

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \left[\frac{\text{ต้นทุนในการสร้างระบบ}}{\text{ผลประโยชน์}} \right] \quad (3.3)$$

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยประกอบด้วย ผลการหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งชุมชน ผลการออกแบบโครงสร้างและการสร้างระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ ผลการวัดค่าการผลิตก๊าซชีวภาพ ผลการศึกษาศักยภาพของการผลิตก๊าซชีวภาพ และผลการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งชุมชน

4.1 ผลการหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งชุมชน

ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพประกอบด้วยผลการทดสอบค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid: TS) ปริมาณของแข็งระเหย (Volatile Solid: VS) ของวัตถุดิบ ค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำหรือปี้โอดี (Biochemical oxygen demand: BOD) ค่าปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการสลายสารอินทรีย์ด้วยสารเคมีหรือซีโอดี (Chemical oxygen demand: COD) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) และศักยภาพในการผลิตมีเทนด้วยวิธีชีวเคมี (Biochemical methane potential: BMP) ผลการทดสอบมีดังนี้

4.1.1 สภาวะเบื้องต้นของวัตถุดิบ

ผลการทดสอบค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ของแข็งทั้งหมด (Total Solid: TS) ของแข็งระเหย (Volatile Solid: VS) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของวัตถุดิบ ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand: BOD) ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand: COD) แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ลักษณะของวัตถุดิบที่นำมาทดสอบ

วัตถุดิบ	pH	TS %	VS %	VS : TS	C/N ratio	BOD	COD
มูลโค	7.14	25.21	24.65	0.98	22.21	9,500	19,000
มูลสุกร	7.36	26.12	20.12	0.77	18.23	37,000	17,000
มูลไก่	7.52	26.13	19.23	0.74	11.21	4,950	10,740
เศษอาหาร	6.11	25.82	23.20	0.90	26.52	7,500	15,060
น้ำเสีย	6.89	10.27	8.21	0.80	10.52	2,000	3,000

BOD เป็นปริมาณของออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ในเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ค่าที่ได้เป็นตัวแทนปริมาณสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายง่าย ส่วนใหญ่มาจาก สารอินทรีย์ต่าง ๆ เช่น การล้าง เศษอาหาร น้ำมันบางประเภท ฯลฯ เป็นสาเหตุทำให้น้ำเน่าเสีย ส่วน COD เป็นปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการใช้เพื่อให้เกิดการออกซิเดชันของสารอินทรีย์ในน้ำ ให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ หรือเป็นตัวแทนสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายง่ายและยาก รวมทั้งสาร อินทรีย์บางชนิด เช่น ไนเตรท คลอไรด์ ซัลไฟด์ ส่วนใหญ่นิยมทดสอบ เนื่องจากใช้เวลาวัดเพียง 2-3 ชั่วโมง ปกติ COD จะมากกว่า BOD เสมอ อัตราส่วนระหว่าง BOD และ COD ในน้ำเสีย ส่วนใหญ่ เป็นค่าคงที่ หากค่า BOD : COD สูง เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการใช้วิธีการบำบัดทางชีวภาพ

ค่ามาตรฐานของ BOD อยู่ที่ 20 mg/l และ ค่ามาตรฐานของ COD เท่ากับ 120 mg/l ตามประกาศกรมควบคุมมลพิษ เรื่อง กำหนดประเภทของแหล่งน้ำ ในแม่น้ำเพชรบุรี ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 116 ตอนที่ 72 ง แสดงว่าแม่น้ำเพชรบุรีตั้งแต่ปากแม่น้ำเพชรบุรี บ้านแหลม ต.บ้านแหลม อ.บ้านแหลม จ.เพชรบุรี (กม.ที่ 0) จนถึงท้ายเขื่อนเพชรบุรี หมู่ที่ 1 บ้านค้อละออม ต.ท่าแลง อ.ท่ายาง จ.เพชรบุรี (กม.ที่ 61) อยู่ในประเภทคุณภาพของแหล่งน้ำ (ตามมาตรฐานคุณภาพ น้ำในแหล่งน้ำผิวดิน) ระดับ 3

4.1.2 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของวัตถุดิบที่ใช้ในการหาสภาวะที่เหมาะสม ในการผลิตก๊าซชีวภาพ

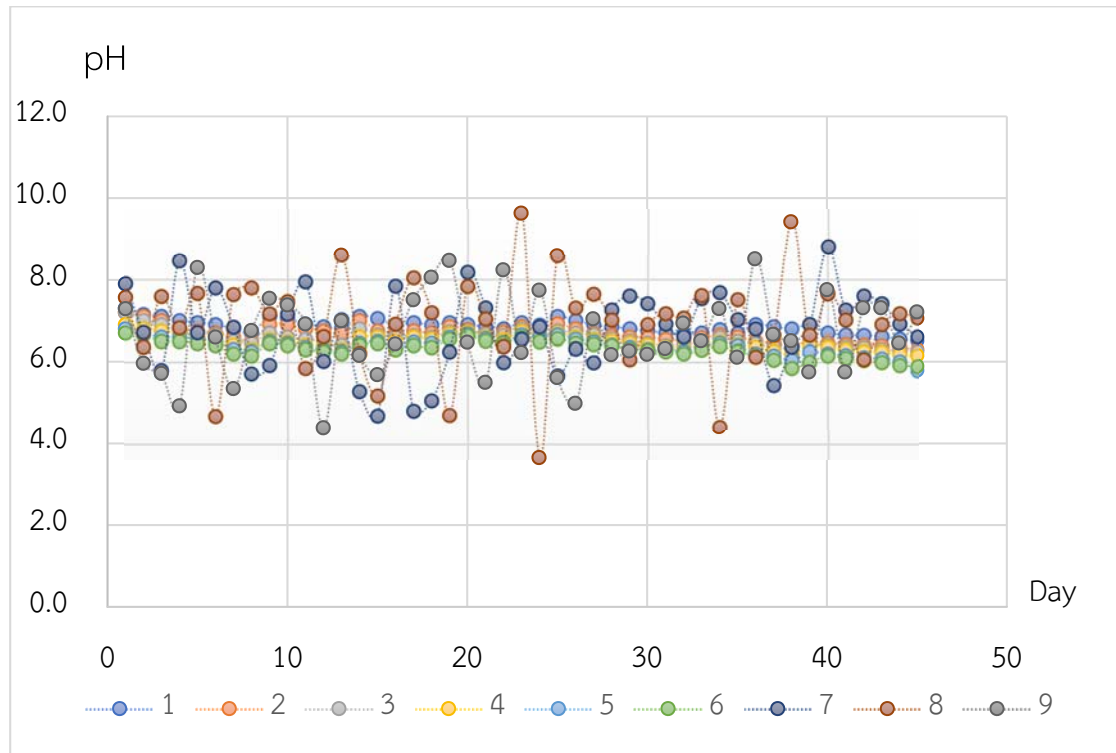
อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) คือ อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน ของอินทรีย์สารที่สามารถใช้ผลิตก๊าซชีวภาพคือตั้งแต่ 8– 30 แต่อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพคือประมาณ 20-25 ถ้าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงมาก ไนโตรเจนจะถูก Methanogen นำไปใช้เพื่อเสริมโปรตีนให้ตัวเองและจะหมดอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ได้ก๊าซน้อย แต่ถ้าหาก C/N Ratio ต่ำ จะส่งผลทำให้ไนโตรเจนมีมากและไปเกาะกันเป็นแอมโมเนีย แอมโมเนียจะไปเพิ่มค่า pH ซึ่งถ้าหากค่า pH สูงถึง 8.5 ก็จะมีเริ่มเป็นพิษกับแบคทีเรียทำให้จำนวน Methanogen ลดลง นอกจากนี้หาก C/N ratio อยู่นอกช่วง 8-30 จะทำให้มีสัดส่วนปริมาณก๊าซที่ได้เป็นก๊าซอื่น ๆ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น ดังนั้นหากพิจารณาสภาวะการทดลองที่ 2 คือมีสัดส่วนมูลโค : เศษอาหาร : น้ำเสียในอัตรา 1: 2 : 1 และสภาวะการทดลองที่ 5 คือมีสัดส่วนมูลสุกร : เศษอาหาร : น้ำเสียในอัตรา 1: 2 : 1 มีโอกาสที่จะเกิดก๊าซชีวภาพที่มีประสิทธิภาพเนื่องจากมีค่า C/N ratio อยู่ในช่วงระหว่าง 20-25 แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของวัตถุดิบ

สภาวะการทดลอง	มูลโค	มูลสุกร	มูลไก่	เศษอาหาร	น้ำเสีย	C/N ratio
1	1	-	-	1	1	19.75
2	1	-	-	2	1	21.44
3	1	-	-	1	2	17.44
4	-	1	-	1	1	18.42
5	-	1	-	2	1	20.45
6	-	1	-	1	2	16.45
7	-	-	1	1	1	16.08
8	-	-	1	2	1	18.69
9	-	-	1	1	2	14.69

4.1.3 ศักยภาพในการผลิตมีเทนด้วยวิธีชีวเคมี (Biochemical methane potential: BMP)

ในการศึกษาศักยภาพในการผลิตมีเทนด้วยวิธีชีวเคมี (Biochemical methane potential: BMP) ได้มีการควบคุมค่าความเป็นกรดต่างแสดงดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 การควบคุมค่าความเป็นกรดต่างของระบบการผลิตมีเทนด้วยวิธีชีวเคมี

4.2 ผลการออกแบบโครงสร้างและการสร้างระบบการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งชุมชน

ผลการออกแบบโครงสร้างและการสร้างระบบการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งชุมชน ได้ออกแบบระบบเป็นระบบแบบฝาคบแช่ในน้ำ ขนาด 200 ลิตร ซึ่งเป็นการออกแบบเพื่อใช้กับชุมชนเนื่องจากเป็นระบบที่ไม่ต้องใช้พื้นที่ติดตั้งมากเหมือนระบบชนิดอื่น ๆ และสามารถเคลื่อนย้ายได้ตามความต้องการ ผู้วิจัยได้ทำการสร้างตรงตามแบบที่ได้ออกแบบไว้และสอดคล้องกับพารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบ ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 ระบบจากการออกแบบของระบบผลิตก๊าซชีวภาพที่สร้างขึ้น

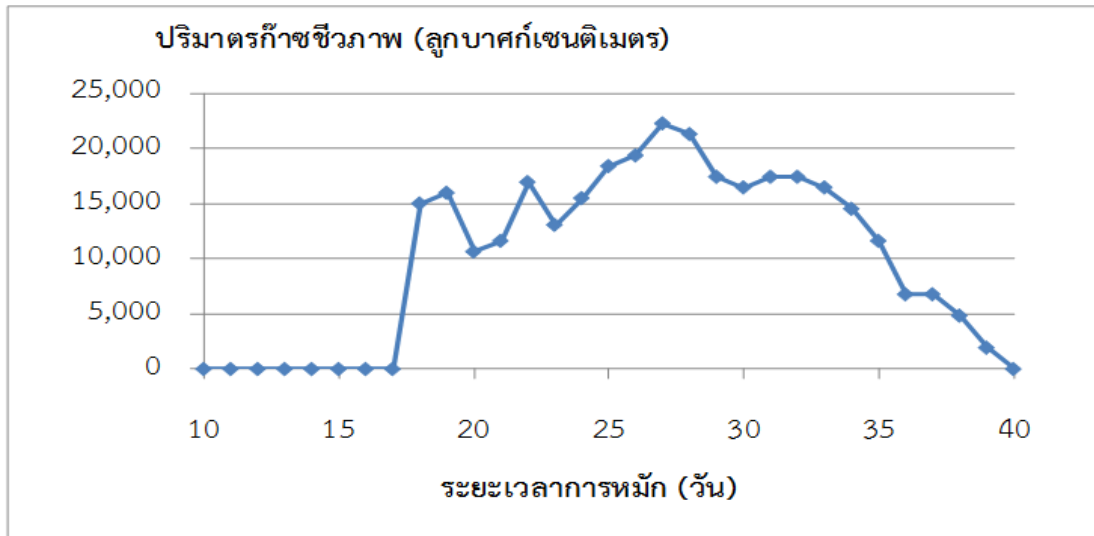
4.3 ผลการวัดค่าการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งชุมชน

ผลการวัดค่าการผลิตก๊าซชีวภาพประกอบด้วยการวัดเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ การวัดเชิงปริมาณ คือ การวัดปริมาตรของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ ส่วนการวัดเชิงคุณภาพ คือ การวัดองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพเพื่อวิเคราะห์คุณภาพของก๊าซชีวภาพว่าเหมาะสมที่จะนำมาใช้ประโยชน์ด้านความร้อนได้ ประกอบด้วยการวัดค่าปริมาณก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และการวัดค่าสภาวะควบคุมประกอบด้วยความเป็นกรดต่าง (pH) และอุณหภูมิ (Temperature)

การผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโค เศษอาหาร และน้ำทิ้งชุมชน ที่สัดส่วน 1: 2: 1 เป็นการผลิตก๊าซชีวภาพในระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบฝาคบแช่ในน้ำขนาด 200 ลิตร และสัดส่วนในการผลิตก๊าซชีวภาพเป็นการเลือกสัดส่วนมาจากผลการทดลองหาสัดส่วนที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพ ซึ่งเป็นสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตก๊าซชีวภาพผลการทดลองมีดังต่อไปนี้

4.3.1 ปริมาตรก๊าซชีวภาพ

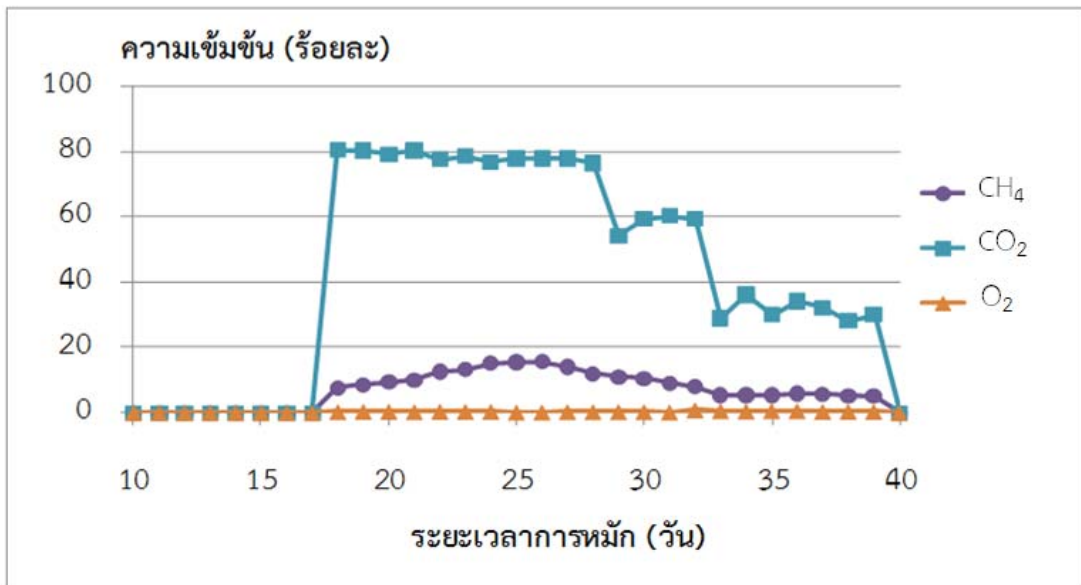
การทดลองผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโค เศษอาหาร และน้ำทิ้งชุมชน ที่สัดส่วน 1: 2: 1 มีปริมาตรก๊าซชีวภาพที่ได้ ดังภาพที่ 4.3 ก๊าซชีวภาพจะเกิดขึ้นในวันที่ 18 ของการหมักและเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนมากที่สุดในวันที่ 27 คือ มีปริมาตรก๊าซชีวภาพอยู่ที่ 22,258.25 ลูกบาศก์เซนติเมตร และลดลงเรื่อย ๆ จนถึงวันที่ 40 ของการหมัก โดยปริมาตรก๊าซชีวภาพเฉลี่ยตลอดการทดลองอยู่ที่ 7,790.39 ลูกบาศก์เซนติเมตร



ภาพที่ 4.3 ปริมาตรก๊าซชีวภาพที่จากมูลโค เศษอาหาร และน้ำทิ้งชุมชน ที่สัดส่วน 1: 2: 1

4.3.2 องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

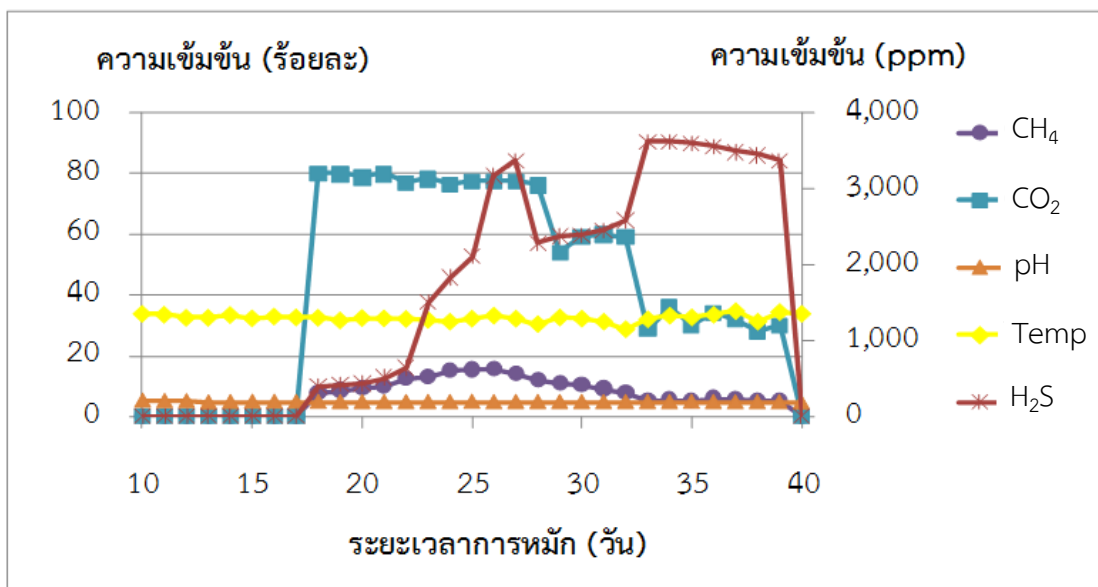
องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นส่วนมากจะเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน และก๊าซออกซิเจนตามลำดับดังภาพที่ 4.4 ก๊าซชีวภาพจะเกิดขึ้นในวันที่ 18 จะเห็นได้ว่ามีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นสูงที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 77 ส่วนก๊าซมีเทนความเข้มข้นสูงที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 15.5 และก๊าซออกซิเจนความเข้มข้นสูงที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 0.8



ภาพที่ 4.4 องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพจากมูลโค เศษอาหาร และน้ำทิ้งชุมชน ที่สัดส่วน 1: 2: 1

4.3.3 ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์กับองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพจากมูลโคและเศษอาหาร

การผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโค เศษอาหาร และน้ำทิ้งชุมชน มีปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดก๊าซชีวภาพหลายปัจจัยซึ่งความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์กับองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพก็เป็นความสัมพันธ์หนึ่งที่มีผลต่อกระบวนการเกิดองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ ดังภาพที่ 4.5



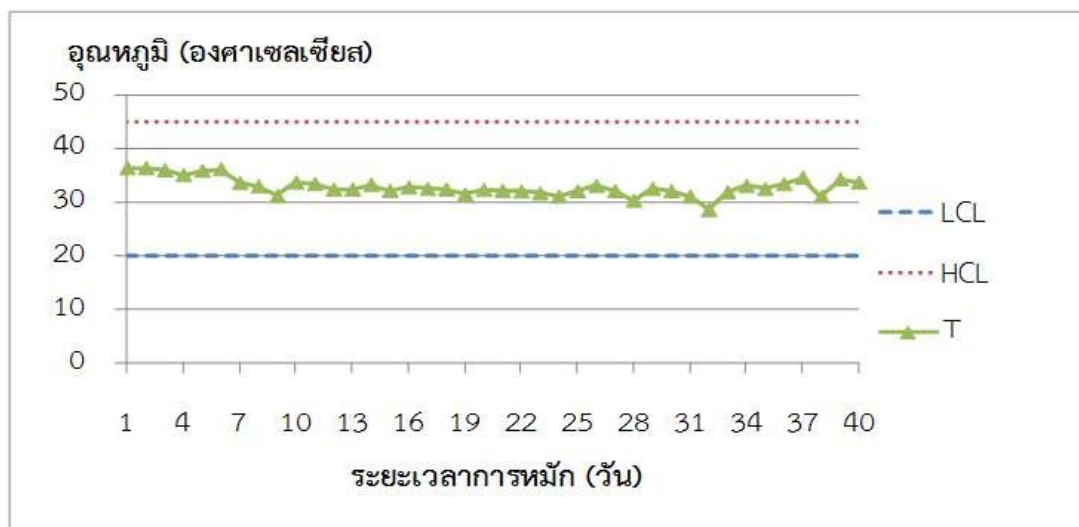
ภาพที่ 4.5 ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์กับองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ผลิตจากมูลโค

เศษอาหาร และน้ำทิ้งชุมชน ที่สัดส่วน 1: 2: 1

จากภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์กับองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ เห็นได้ว่า ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ยังมีความเข้มข้นสูงกว่าก๊าซมีเทนเนื่องจากความเป็นกรดต่ำมีความสัมพันธ์ ต่อองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ จากทฤษฎีความเป็นกรดต่ำที่เหมาะสมจะอยู่ที่ 7.00-7.20 องค์ประกอบก๊าซชีวภาพจะมีความเข้มข้นของก๊าซมีเทนอยู่ที่ร้อยละ 70 ส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะมีความเข้มข้นอยู่ที่ร้อยละ 30 แต่ในการทดลองพบว่า ความเป็นกรดต่ำเฉลี่ยอยู่ที่ 4.98 ส่งผลให้ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าก๊าซมีเทน หากความเป็นกรดต่ำมีความเป็นกรดแบบนี้ อาจจะเป็นไปได้ที่เกิดก๊าซชีวภาพอยู่ในกระบวนการ Acidogenesis และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เริ่มสูงขึ้นในช่วงวันที่ 33 ของการหมัก

4.3.4 อุณหภูมิที่ใช้ในการเดินระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการทำงานของจุลินทรีย์ในมูลโคในการเดินระบบผลิตก๊าซชีวภาพ จากมูลโค เศษอาหาร และน้ำทิ้งชุมชน ที่สัดส่วน 1: 2: 1 จะอยู่ในช่วงอุณหภูมิเมโซฟิลิกคือมีอุณหภูมิ อยู่ประมาณ 20-45 องศาเซลเซียส จากภาพที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการเดินระบบผลิตก๊าซ ชีวภาพจากมูลโค เศษอาหาร และน้ำทิ้งชุมชน ที่สัดส่วน 1: 2: 1 เฉลี่ยอยู่ที่ 33 องศาเซลเซียส

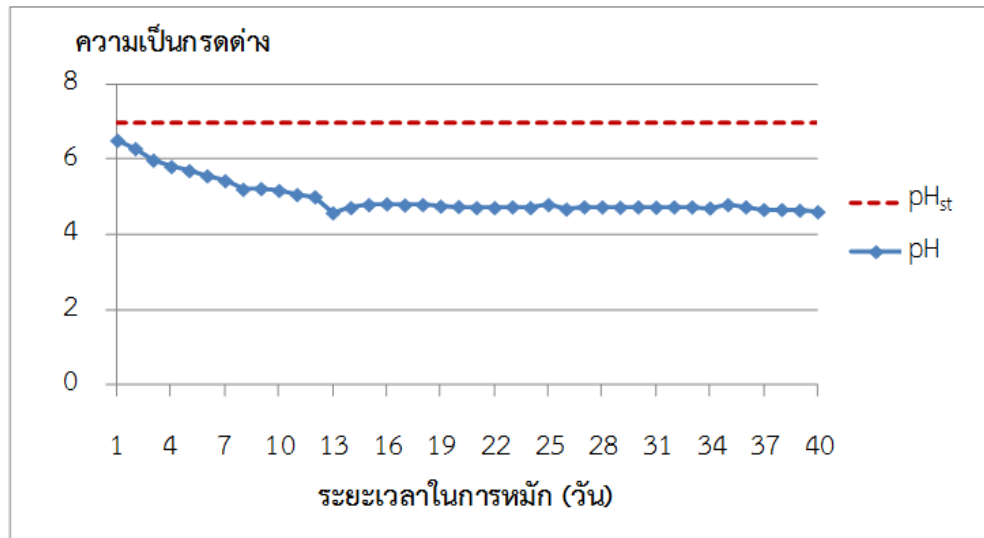


ภาพที่ 4.6 อุณหภูมิของระบบการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโค เศษอาหาร และน้ำทิ้งชุมชน

4.3.5 ความเป็นกรดต่ำที่เกิดขึ้นในระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ

ค่าความเป็นกรดต่ำที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตก๊าซชีวภาพคือระหว่าง 7.0-7.2 ซึ่งผลใน การทดลองจะมีค่าความเป็นกรดต่ำ ดังภาพที่ 4.7 การควบคุมสภาวะของระบบให้มีความเป็นกรด ต่ำอยู่ในช่วงดังกล่าวนี้ทำได้ยากมากเพราะค่าความเป็นกรดต่ำในถังหมักขึ้นอยู่กับการ

การหมักด้วยเพราะในช่วงแรกแบคทีเรียที่สร้างกรดจะสร้างกรดเป็นจำนวนมากและทำให้ค่าความเป็นกรดต่างลดลงและเข้าสู่สภาวะคงที่ในวันที่ 14 ของการหมักโดยมีค่าความเป็นกรดต่างอยู่ที่ 4.79



ภาพที่ 4.7 ความเป็นกรดต่างของระบบการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโค เศษอาหาร และน้ำทิ้งชุมชน

4.4 ผลการศึกษาศักยภาพของการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งชุมชน

ในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพประกอบด้วยการศึกษาสมบัติวัตถุดิบ สัดส่วนของวัตถุดิบ การควบคุมระบบ และปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระบบ โดยมีอุปกรณ์และขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.4.1 ผลการศึกษาศักยภาพทางความร้อนของก๊าซชีวภาพในแต่ละวันที่ผลิตได้

จากข้อมูลที่ได้เก็บค่าปริมาณก๊าซชีวภาพและองค์ประกอบก๊าซชีวภาพ พบว่าปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้เฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 0.0223 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และค่าความเข้มข้นของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ 58.5% เนื่องจากก๊าซมีเทน 100% มีค่าความร้อน 39.4 เมกะจูลต่อลูกบาศก์เมตร

$$Q = q_{\text{CH}_4} (\sigma / 100) V$$

$$Q = 39.4 (58.5/100) (0.0223)$$

หรือ $Q = 385.17 \text{ kJ/day}$

ดังนั้น ศักยภาพทางความร้อนของก๊าซชีวภาพในแต่ละวันที่ผลิตได้เท่ากับ 385.17 กิโลจูลต่อวัน

4.4.2 ผลการศึกษาศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพ

จากข้อมูลการทดลองโดยเติมเศษอาหารวันละ 1 กิโลกรัม น้ำทิ้งชุมชน 1 กิโลกรัม ตลอดการทดสอบ 35 วันจะได้ปริมาตรก๊าซชีวภาพรวมตลอดการทดสอบคือ 0.7790 ลูกบาศก์เมตร เศษอาหารที่เป็นเนื้อเหลือทิ้งวันละ 128 กิโลกรัม จะได้ปริมาตรก๊าซชีวภาพรวม ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{ปริมาตรก๊าซชีวภาพรวม} &= (0.7790 \text{ m}^3/\text{kg})(128 \text{ kg}) \\ &= 99.71 \text{ m}^3\end{aligned}$$

ดังนั้น สามารถผลิตก๊าซชีวภาพตลอดการทดลอง 40 วันได้ 99.71 ลูกบาศก์เมตร

หากทำการผลิตก๊าซชีวภาพ 1 ปี จะได้ ปริมาตรก๊าซชีวภาพ ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{ปริมาตรก๊าซชีวภาพรวม 1 ปี} &= (99.71 \times 365)/40 \\ &= 909.85 \text{ m}^3/\text{year}\end{aligned}$$

ดังนั้น ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพต่อปีเท่ากับ 909.85 m³/year

4.5 ผลการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งชุมชน

การคำนวณหาผลประโยชน์ของก๊าซชีวภาพเมื่อเทียบกับก๊าซหุงต้ม จากข้อมูลก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตรสามารถทดแทนก๊าซหุงต้มได้ 0.5 กิโลกรัม ระยะเวลา 1 ปี ศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพได้ 909.85 m³/year

$$\begin{aligned}\text{ผลประโยชน์} &= \left[\frac{V_{\text{total}} \times 0.5}{1} \right] \\ \text{ผลประโยชน์} &= (909.85 \times 0.5)/1 \\ &= 454.93 \text{ kg}\end{aligned}$$

ราคาก๊าซ LPG บรรจุกัง (ก๊าซหุงต้ม) 15 กิโลกรัม ราคา 363 บาท ราคอ้างอิง 1 ตุลาคม 2561 เฉลี่ยราคากิโลกรัมละ 24.2 บาท

$$\begin{aligned}\text{ผลประโยชน์คิดเป็นเงิน} &= (454.93) (24.2) \\ &= 11,009.30 \text{ บาทต่อปี}\end{aligned}$$

ระยะเวลาคืนทุน ทำการประเมินต้นทุนในการสร้างระบบ ทั้งค่าวัสดุ และค่าแรงประกอบ คิดเป็นต้นทุนในการสร้างระบบรวม 4,527 บาท

$$\begin{aligned}\text{จะได้} \quad \text{ระยะคืนทุน} &= \left[\frac{\text{ต้นทุนในการสร้างระบบ}}{\text{ผลประโยชน์}} \right] \\ &= (4,527/11,009.30) = 0.41 \\ &= 0.41 \quad \text{หรือประมาณ 5 เดือน}\end{aligned}$$

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัยประกอบด้วยการหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งชุมชน การออกแบบโครงสร้างและการสร้างระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ การวัดค่าการผลิตก๊าซชีวภาพ การศึกษาศักยภาพของการผลิตก๊าซชีวภาพ และการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งชุมชน

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งจากชุมชนบริเวณปากแม่น้ำเพชรบุรี ที่เหมาะกับการใช้ในชุมชน ทำการศึกษาเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักร่วมระหว่างมูลสัตว์ เศษอาหาร และน้ำทิ้งจากชุมชนภายในระบบถังหมัก และหาศักยภาพทางความร้อนของก๊าซชีวภาพ ซึ่งส่วนแรกเป็นการทดลองหาสัดส่วนที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยทำการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ วัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก คือมูลโค มูลสุกร มูลไก่ เศษอาหารและน้ำทิ้งจากชุมชน ทั้ง 3 ชุดการทดลองมีสัดส่วนแตกต่างกัน เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพ ส่วนที่สองเป็นการออกแบบระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบระบบฝาครอบแช่ในน้ำโดยใช้ถังพลาสติกขนาด 200 ลิตร และเพิ่มระบบใบกวนในถังหมักก๊าซชีวภาพ ส่วนที่สามการผลิตก๊าซชีวภาพโดยการหมักมูลโค เศษอาหาร และน้ำทิ้งจากชุมชน ในสัดส่วน 1:2:1 อุณหภูมิที่ใช้ในการเดินระบบผลิตก๊าซชีวภาพเฉลี่ยอยู่ที่ 33 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดต่างเฉลี่ยอยู่ที่ 5.79 มีปริมาตรก๊าซชีวภาพเฉลี่ยตลอดการทดลองอยู่ที่ 7,790.39 ลูกบาศก์เซนติเมตร องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพประกอบด้วยก๊าซมีเทน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ มีก๊าซมีเทนความเข้มข้นสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 58.5 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นสูงสุดร้อยละ 23.4 และปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ความเข้มข้นสูงสุดอยู่ที่ 682 ppm ศักยภาพทางความร้อนเฉลี่ยอยู่ที่ 385.17 กิโลจูลต่อวัน ศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพหากเติมวัตถุดิบในการหมักวันละ 128 กิโลกรัม สามารถผลิตก๊าซชีวภาพรวมตลอดการทดลองอยู่ที่ 99.71 ลูกบาศก์เมตรต่อครั้ง หรือ 909.85 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งเมื่อนำมาทดแทนก๊าซหุงต้มจะสามารถลดการใช้ก๊าซหุงต้มได้ 454.93 กิโลกรัมต่อปี คิดเป็นเงินผลประโยชน์ 11,009.30 บาทต่อปี โดยมีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 5 เดือน

5.2 การอภิปรายผล

สภาวะการควบคุมระบบประกอบด้วยค่าความเป็นกรดต่างและอุณหภูมิอยู่ในสภาวะที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิระบบที่ทดลองค่าเฉลี่ยประมาณ 33 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงเมโซฟิลิกค่าเฉลี่ยอุณหภูมิประมาณ 20 - 45 °C ส่วนค่าความเป็นกรดต่างเฉลี่ยอยู่ที่ 5.79 โดยค่า pH ที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตก๊าซชีวภาพคือระหว่าง 7.0 - 7.2 ทั้งนี้ถ้าหากความเป็นกรดต่างลดลงต่ำกว่า 5 ก็จะทำให้กระบวนการย่อยและหมักทั้งหมดหรืออีกนัยหนึ่งก็คือแบคทีเรียตาย เนื่องจากแบคทีเรียเมทาโนเจนอ่อนไหวต่อความเป็นกรดต่างมาก

การผลิตก๊าซชีวภาพโดยการหมักมูลโค เศษอาหาร และน้ำทิ้งจากชุมชน ในสัดส่วน 1:2:1 ปริมาตรก๊าซชีวภาพเฉลี่ยตลอดการทดลองอยู่ที่ 7,790.39 ลูกบาศก์เซนติเมตร องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพประกอบด้วยก๊าซมีเทน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ผลการทดลองก๊าซมีเทนความเข้มข้นสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 58.5 โดยปกติก๊าซมีเทนความเข้มข้นควรมีความเข้มข้นร้อยละ 50-70 และจากผลการทดลองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นสูงสุดร้อยละ 23.4 โดยปกติก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ควรมีค่าร้อยละ 30-50 ส่วนปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ความเข้มข้นสูงที่สุดอยู่ที่ 682 ppm ตามมาตรฐาน The American National Standards Institute standard ระดับความเข้มข้นของก๊าซที่ได้รับ 500-700 ppm ระยะเวลาการได้รับ 30-60 นาที ส่งผลกระทบต่อร่างกายหากมีอาการสูดดมหรือสัมผัส จะทำให้สมองถูกทำลาย สูญเสียความสามารถในการสั่งการและอาจถึงขั้นเสียชีวิต

ศักยภาพทางความร้อนเฉลี่ยอยู่ที่ 385.17 กิโลจูลต่อวัน ศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพหากเติมวัตถุดิบในการหมักวันละ 128 กิโลกรัม สามารถผลิตก๊าซชีวภาพรวมตลอดการทดลองอยู่ที่ 99.71 ลูกบาศก์เมตรต่อครั้ง หรือ 909.85 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งเมื่อนำมาทดแทนก๊าซหุงต้มจะสามารถลดการใช้ก๊าซหุงต้มได้ 454.93 กิโลกรัมต่อปี คิดเป็นเงินผลประโยชน์ 11,009.30 บาทต่อปี โดยมีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 5 เดือน

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารและน้ำทิ้งชุมชน มีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1. ผลการทดลองก๊าซชีวภาพมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เจือปน ดังนั้นจึงควรกำจัดเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพทางความร้อนที่สูงขึ้นและปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน
2. ควรมีการศึกษานำพลังงานความร้อนที่ได้จากก๊าซชีวภาพ มาใช้ประโยชน์เพื่อทดแทนการใช้ก๊าซหุงต้มเพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

บรรณานุกรม

กรมการปกครอง (www.dopa.go.th)

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. แผนพลังงานทดแทน 15 ปี (พ.ศ. 2551-2565) บทที่ 6 ก๊าซชีวภาพ

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2554). คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 5 พลังงานก๊าซชีวภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: บริษัท เอเบิล คอนซัลแตนท์ จำกัด.

ชัยศรี ธาราสวัสดิ์พิพัฒน์ และโกวิท สุวรรณหงษ์. (2555). การผลิตแก๊สชีวภาพจากซากชีวมวลในร่องสวนของชุมชน ในอำเภออัมพวาจังหวัดสมุทรสงคราม. รายงานวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ตระกูลศักดิ์ เสนานิคม วรายุทธ คัมภีรวัฒน์ และอาคม แก้วระวัง. (2557). การศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียจากกองขยะ. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัย ระดับบัณฑิตศึกษาครั้งที่ 15, วันศุกร์ที่ 28 มีนาคม 2557 ณ วิทยาลัยการปกครองท้องถิ่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ธัชกร ผลพันธ์ วลัยรัตน์ อุดมมะปราง และประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ. (2557). การศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียภาคอุตสาหกรรม. วารสารพลังงาน ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 (มกราคม-มิถุนายน)

แผนบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระดับพื้นที่ พ.ศ. 2559 – 2563 สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดเพชรบุรี รายงานสถานการณ์มลพิษประเทศไทย ปี 2558 รอบ 6 เดือน (มกราคม – มิถุนายน) กรมควบคุมมลพิษกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

รายงานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน พ.ศ. 2557 สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดเพชรบุรี

สมจินตนา ลีสมสุข ปุณยวี เพียรธรรม และอนุรักษ์ ปิติรักษ์สกุล. (2554). การผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารร่วมกับกลีเซอร์ลินดิบที่ได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล. วิศวกรรมสาร มข. ปีที่ 38 ฉบับที่ 2 (101-110) เมษายน-มิถุนายน 2554

สุพจน์ เกดมี รังสรรค์ เพ็งพัด เสาวนิตย์ แดงทองดี นางสาวพนิตทิพย์ แก้วแกมทอง และนายไพฑูรณ์. (2554). พัฒนาการใช้พลังงานก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์และเศษวัสดุทางการเกษตร. รายงานฉบับ

สมบูรณ์ได้ทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2554.
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

H.I. Owamah, M.I. Alfa, S.O. Dahunsi. (2014). Optimization of biogas from chicken droppings with *Cymbopogon citratus*. Renewable Energy 68: 366-371.

Ming Wang, Xianli Sun, Pengfei Li, Lili Yin, Dan Liu, Yingwei Zhang, Wenzhe Li, and Guoxiang Zheng. (2014). Bioresource Technology 164: 309-314.

Muhammad Rizwan Haider, Zeshan, Sohail Yousaf, Riffat Naseem Malik, Chettiyappan Visvanathan. (2015) Effect of mixing ratio of food waste and rice husk co-digestion and substrate to inoculum ratio on biogas production. Bioresource Technology: accepted 26 February 2015.

Roland Tusar, "PROFITING FROM THE USE OF BIOGAS THE PANVITA CASE,"
(<http://www.intering.si>)



ประวัติและประสบการณ์ของผู้ร่วมในโครงการ

ระบุรายชื่อพร้อมทั้งประวัติการทำงานของบุคลากรหลักที่ร่วมดำเนินงานแต่ละบุคคล

ประวัติหัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ - สกุล นางสาวจุติพร อินทะนิน
Miss. Jutiporn Intanin
2. วัน เดือน ปีเกิด 28 กรกฎาคม 2527 (เพื่อเก็บในฐานข้อมูลนักวิจัย)
3. รหัสประจำตัวนักวิจัย (ถ้ามี)
4. ตำแหน่งทางวิชาการปัจจุบัน ☐ ข้าราชการ ☐ พนักงาน ☐ บุคคลภายนอก
☒ อาจารย์ () ชำนาญการ
 () ผู้ช่วยศาสตราจารย์ () เชี่ยวชาญ
 () รองศาสตราจารย์ () เชี่ยวชาญพิเศษ
 () ศาสตราจารย์ () อื่นๆ (โปรดระบุ).....
5. สถานที่ทำงาน
 หน่วยงาน สาขาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
 โทรศัพท์ 086-3974013 โทรสาร 032-414455
 E-mail address: gibsy_kmutt@hotmail.com
 ที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 89/3 หมู่ 2 ต.ธงชัย อ.เมือง จ.เพชรบุรี โทร.083-0352535
6. ประวัติการศึกษา
 - ปริญญาเอก กำลังศึกษาหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด)
 สาขาวิชาพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน
 วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
 - ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม)
 สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม
 คณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ พ.ศ. 2550-2552
 - ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.)
 สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2545-2549

7. สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ

- การประยุกต์ใช้ทางวัสดุศาสตร์ เทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม เทคโนโลยีชีว
มวล

บทความวิชาการ ตีพิมพ์ในวารสารและนำเสนอในการประชุมวิชาการ:

- Hussaro, K., **Intanin, J.** & Teekasap S. (2018). Biogas Production of animal manure with wastewater from Toddy palm process with circulate system for the community, Community: Case Study Phechaburi Province, GMSARN International Journal (2018) Vol.12 No.1, 1-10.
- Hussaro K., **Intanin J.**, Teekasap S., and Saengaran N. (2018). Impacts of a Very Small Scale Biomass Gasification and Small Scale Solar PV Power Plant on Power Systems, GMSARN Int. Conf. on Energy Connectivity, Environment, and Development in GMS, 28-30 November 2018, China
- N. Puangmalee, K. Hussaro, V. Boonyayothin, **J. Intanin.** (2017). *The Thermal Response Time and Temperature of Thermal Comfort for Thai Student in University Buildings under Air Condition Room*, GMSARN Int. Conf. on Energy Connectivity, Environment, and Development in GMS, 28-30 November 2017, Danang, Vietnam
- Hussaro, K. , **Intanin, J.** , Chaisawang, M. , Sorndech, W. (2017). *Municipal waste management from toddy palm processing for biogas production to community; evidence Phetchaburi province*, The 8th Rajamangala University of Technology International Conference, Creative RMUT and Sustainable Innovation for Thailand 4.0, 2-4 August 2017, IMPACT Muang Thong Thani, Thailand
- กังสดาล สกุลพงษ์มาลี, เจิมธง ประรณารักษ์, **จตุพร อินทะนิน**, ภาณุศักดิ์ มูลศรี และ ชลิตล อินยาศรี. (2560). การพัฒนาเครื่องมือวัดศักยภาพกำลังคลื่นทะเลชนิดหุ่นลอย บริเวณชายฝั่งทะเลหาดเจ้าสำราญ จ.เพชรบุรี, วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 22 (ฉบับที่ 2) พฤษภาคม - สิงหาคม พ.ศ. 2560 (335-349).
- ชลิตล อินยาศรี**, ณัฐวุฒิ โชคชัยถาวร, จิรัฐติกา แดรสังข์, **จตุพร อินทะนิน** และเจิมธง ประรณารักษ์.(2560). การศึกษาระบบติดตามดวงอาทิตย์ด้วยวิธีการคำนวณตำแหน่งดวงอาทิตย์ด้วยสมการเวลาโดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโน. *การประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏเพชรบุรีวิจัยเพื่อแผ่นดินไทยที่ยั่งยืน ครั้งที่ 7*, 15 กรกฎาคม 2560, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี, จังหวัดเพชรบุรี. (337 – 344).
- จตุพร อินทะนิน**, น้ำผึ้ง ใจกล้า, สุดใจ ดาวกระจาย และ ชลิตล อินยาศรี. (2559). การประเมินสมรรถนะเครื่องอัดถ่านเพื่อผลิตถ่านอัดแท่งที่มีศักยภาพทางความร้อนและทางเศรษฐศาสตร์. *การประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 9*, 29 พฤศจิกายน – 1 ธันวาคม 2559, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาวิทยาเขตดอยสะเก็ด, จังหวัดเชียงใหม่. (232-243).
- กังสดาล สกุลพงษ์มาลี, เจิมธง ประรณารักษ์, **จตุพร อินทะนิน** และ ปองพล รักการงาน. (2559). อุปกรณ์ทดสอบศักยภาพกำลังคลื่นทะเลใกล้ชายฝั่งชนิดหุ่นลอย. *การประชุมสัมมนาวิชาการ*

รูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 9, 29 พฤศจิกายน – 1 ธันวาคม 2559, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตตอสะแก, จังหวัดเชียงใหม่. (2 – 10).

เจิมธง บรรณารักษ์ กังสดาล สกุลพงษ์มาลี จุติพร อินทะนิน และชาญยุทธ์ อรุณสวัสดิ์. (2558). การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยการเลื่อนเฟสการแกว่งตัวของหุ่นลอยบนสายฝิ่ง. การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8, 4 - 6 พฤศจิกายน 2558, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, จังหวัดปทุมธานี. (331 – 334).

ปองพล รักการงาน กังสดาล สกุลพงษ์มาลี จุติพร อินทะนิน และ ภาณุศักดิ์ มูลศรี. (2557). การเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร โดยใช้ฉนวนกันความร้อน. ใน รายงานสืบเนื่องการประชุมสัมมนาเชิงวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7 ระหว่างวันที่ 12-14 พฤศจิกายน 2557, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ประเทศไทย. 266-271

จุติพร อินทะนิน วรรัตน์ ปัตตประกร และพระพรพิพัฒน์ ภาสบุตร. (2551). การศึกษาสมบัติของถ่านลอยจากกระบวนการแปรรูปแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นปูนขาวเพื่อนำไปทำเชื้อเพลิงแท่งอัดแข็ง การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 5 ระหว่างวันที่ 8-9 ธันวาคม 2551 หน้า 542-548.

Jutiporn Intanin, Woraratana Pattaraprakorn. (2009). Properties and Formation of Briquette Prepared from Fly Ash of Calcium Carbonate Transformation”, in the Second Thammasat University International Conference on Chemical, Environmental and Energy Engineering, Thailand.

Jutiporn Intanin, Vorakamol Boonyayothin and Joseph Khedari. (2011). Energy Saving Potential of Air-Condition System in Electronics Cleanroom, In the Third International Conference on Sustainable Energy and Green Architecture, Thailand.

จุติพร อินทะนิน กังสดาล สกุลพงษ์มาลี. (2556). การศึกษาสมบัติของเชื้อเพลิงแท่งอัดแข็งจากผงถ่านไม้ไผ่จากกากวัสดุเหลือใช้ของกลุ่มอาชีพเผาถ่าน อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 6 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ระหว่างวันที่ 13-15 พฤศจิกายน 2556, หน้า 223-232

ประวัติผู้ร่วมวิจัยคนที่ 1

1. ชื่อ - สกุล นายปองพล รักการงาน
Mr. Pongphol Rakkanrane
2. วัน เดือน ปีเกิด 27 ธันวาคม 2520 (เพื่อเก็บในฐานะข้อมูลนักวิจัย)
3. รหัสประจำตัวนักวิจัย (ถ้ามี)
4. ตำแหน่งทางวิชาการปัจจุบัน ☐ ข้าราชการ ☐ พนักงาน ☐ บุคคลภายนอก
☒ อาจารย์ () ชำนาญการ
() ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ()เชี่ยวชาญ
() รองศาสตราจารย์ ()เชี่ยวชาญพิเศษ
() ศาสตราจารย์ () อื่นๆ (โปรดระบุ).....
5. สถานที่ทำงาน
หน่วยงาน สาขาวิศวกรรมพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
โทรศัพท์ 089-2341387 โทรสาร 032-414455
E-mail address: ballkmutt8@hotmail.com
ที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 53/91 หมู่3 ต.บ้านใหม่ อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี โทร. 089-2341387
6. ประวัติการศึกษา
 - ปริญญาเอก กำลังศึกษาหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด)
สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
 - ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.)
สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2547-2549
 - ปริญญาตรี ครุศาสตรอุตสาหกรรมบัณฑิต (คอ.บ.) เกียรตินิยมอันดับ 2
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติ พ.ศ. 2542-2544
7. สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ
 - การประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบความร้อน เทคโนโลยีโรงเรือน และการระบายอากาศและการถ่ายเทความร้อน

บทความวิชาการ ตีพิมพ์ในวารสารและนำเสนอในการประชุมวิชาการ:

ปองพล รักการงาน, ชลิตล อินยาศรี, เจริญ ประรณารักษ์, ยุทธภูมิ อาสนะรัตนธรรม และปรกรณ์ พรหมแก้ว. (2561). การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ในกระบวนการอบผ้าเบรกเพื่อประหยัดแก๊สแอลพีจี. การประชุมวิชาการระดับนานาชาติ ราชภัฏวชิร ครั้งที่ 5, 2-5 ธันวาคม 2561, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี, จ.เพชรบุรี

ปองพล รักการงาน, เจริญ ประรณารักษ์, ชลิตล อินยาศรี, วิรุทธ สระสีสมและ ยุทธภูมิ อาสนะรัตนธรรม (2561). การศึกษาระบบทำอากาศร้อนเพื่อใช้เป็นความร้อนเสริมในระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์. การประชุมวิชาการระดับนานาชาติ ราชภัฏวชิร ครั้งที่ 5, 2-5 ธันวาคม 2561, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี, จ.เพชรบุรี

ปองพล รักการงาน, ภาณุศักดิ์ มูลศรี, ชลิตล ใจซื่อดี, ไพศาล สมชัย และนันทิยา ขำใจดี.(2560). การเพิ่มประสิทธิภาพระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยผิวดูดกลืนความร้อน. การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 14, 13-15 มิถุนายน 2561, โรงแรมโนโวเทล, จังหวัดระยอง. (724 - 728).

ภาณุศักดิ์ มูลศรี, **ปองพล รักการงาน** กังสดาล สกุลพงษ์มาลี ,หาดเพชร แดงฉำ และ สิทธิชัย สังข์กุล (2560). การศึกษาประสิทธิภาพระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานรังสีอาทิตย์โดยใช้ตัวรับรังสีแบบแผ่นราบร่วมกับตัวรับรังสีแบบหลอดแก้วสุญญากาศ. การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13, 31 พฤษภาคม – 2 มิถุนายน 2560 ณ โรงแรม ดิเอ็มเพรส เชียงใหม่. (1483 - 1487).

ปองพล รักการงาน, ภาณุศักดิ์ มูลศรี, ชาญยุทธ์ อรุณสวัสดิ์ และ ลิขิต ศรีพรหมณ์. (2559). การลดอุณหภูมิเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้ครีบน้ำร้อนอลูมิเนียม. การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยครั้งที่ 9 , 29 พฤศจิกายน – 1 ธันวาคม 2559 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตดอยสะเก็ด, จังหวัดเชียงใหม่. (19-26).

กังสดาล สกุลพงษ์มาลี, เจริญ ประรณารักษ์, จุติพร อินทะนิน และ **ปองพล รักการงาน** . (2559). อุปกรณ์ทดสอบศักยภาพกำลังคลื่นทะเลใกล้ชายฝั่งชนิดทุ่นลอย.การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 9 , 29 พฤศจิกายน – 1 ธันวาคม 2559 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตดอยสะเก็ด, จังหวัดเชียงใหม่. (2-10).

ภาณุศักดิ์ มูลศรี, **ปองพล รักการงาน**, ชลิตล อินยาศรี และ กังสดาล สกุลพงษ์มาลี. (2558). เครื่องสูบน้ำพลังงานความร้อนจากถ่านไม้สำหรับชุมชน. การประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 9, 4 - 6 พฤศจิกายน 2558, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, จังหวัดปทุมธานี. (324 – 326).

ปองพล รักการงาน, กังสดาล สกุลพงษ์มาลี, จุติพร อินทะนิน และ ภาณุศักดิ์ มูลศรี. (2557). การเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร โดยใช้ฉนวนกันความร้อน. การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยครั้งที่ 7 , 12 - 14

พฤศจิกายน 2557, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล, จังหวัดประจวบคีรีขันธ์. (266-271).

ศิริชัย เทพา , ณรงค์ศักดิ์ สังขพิทักษ์ และ ปองพล รักการงาน , 2548, "การพัฒนาโมเดลเพื่อทดสอบผิวนวหะเหย" การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยของมูลนิธิโครงการหลวง ประจำปี 2548, 4 พฤศจิกายน 2548, โรงแรมเชียงใหม่ฮิลล์ อำเภอเมือง, เชียงใหม่, ปองพล รักการงาน , ศิริชัย เทพา และ ณัฏฐ์ กาศยปนนันท์ , 2549, "การทดลองและวิเคราะห์สมบัติการส่งผ่านของวัสดุคลุมโรงเรือน" การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 6, 13-14 ตุลาคม 2549, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, หน้า 280.

ปองพล รักการงาน, ศิริชัย เทพา, ณัฏฐ์ กาศยปนนันท์ และ แก้วกันยา สดประเสริฐ, 2549, "การวิเคราะห์รูปแบบการไหลของอากาศผ่านวัสดุคลุมโรงเรือนโดยคำนวณพลศาสตร์ของไหล" การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยของมูลนิธิโครงการหลวง ประจำปี 2549, 16-17 พฤศจิกายน 2549, กรีน เลค รีสอร์ท อำเภอเมือง, เชียงใหม่

ปองพล รักการงาน, ศิริชัย เทพา, ณัฏฐ์ กาศยปนนันท์ และ แก้วกันยา สดประเสริฐ, 2551, "การพัฒนาการวัดการส่งผ่านของแสงอาทิตย์สำหรับวัสดุคลุมโรงเรือน", การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 9, 31 มกราคม -1 กุมภาพันธ์, โรงแรมอิมพีเรียล แม่ปิง, จ.เชียงใหม่

Pongphol Rakkanrane^{1,*}, Sirichai Thepa¹ and Nat Kasayapanand., 2012, "

Mathematical analysis of the air flow characteristics of greenhouse Screening materials ", The 13th Annual Conference of Thai Society of Agricultural Engineering , The International Conference on Agricultural Engineering “ Agro-Techno fusion for Global Sustainability ” April 4-5, 2012, The Imperial Mae Ping Hotel, Chiang Mai, Thailand,

Pongphol Rakkanrane^{1,*}, Sirichai Thepa¹ and Nat Kasayapanand., 2012, " Study of flow Pattern and Temperature Distribution in Greenhouse temperature by Computanation fluid Dynamics Method ", The 13th Annual Conference of Thai Society of Agricultural Engineering , The International Conference on Agricultural Engineering “ Agro-Techno fusion for Global Sustainability ” April 4-5, 2012, The Imperial Mae Ping Hotel, Chiang Mai, Thailand,

ประวัติผู้ร่วมวิจัยคนที่ 2

1. ชื่อ - สกุล นายภาณุศักดิ์ มูลศรี
Mr. Panusak Moonsri
2. วัน เดือน ปีเกิด 13 พฤศจิกายน 2526 (เพื่อเก็บในฐานข้อมูลนักวิจัย)
3. รหัสประจำตัวนักวิจัย (ถ้ามี)
4. ตำแหน่งทางวิชาการปัจจุบัน ☐ ข้าราชการ ☐ พนักงาน ☐ บุคคลภายนอก
☒ อาจารย์ () ข้าราชการ
() ผู้ช่วยศาสตราจารย์ () เชี่ยวชาญ
() รองศาสตราจารย์ () เชี่ยวชาญพิเศษ
() ศาสตราจารย์ () อื่นๆ (โปรดระบุ).....
5. สถานที่ทำงาน
หน่วยงาน สาขาวิศวกรรมพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
โทรศัพท์ 086-3974013 โทรสาร 032-414455
E-mail address: Panusak_13@hotmail.com
ที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 175 บ้านโคกพรม ต.โนนไทย อ.โนนไทย จ.นครราชสีมา 30220 โทร.086-3974013
6. ประวัติการศึกษา
 - ปริญญาเอก กำลังศึกษาหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด)
สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
 - ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.)
สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อม
และวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2549 - 2551
 - ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.)
สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมทำความเย็นและปรับอากาศ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พ.ศ. 2545 -
2548
 - มัธยมศึกษาตอนปลาย ปวช. สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคชัยภูมิ พ.ศ. 2542 -
2545

7. สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ

- การประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบความร้อน การทำความเย็นและปรับอากาศ และการถ่ายเทความร้อน

บทความวิชาการ ตีพิมพ์ในวารสารและนำเสนอในการประชุมวิชาการ:

Panusak Moonsri^{1,*}, Pichai Namprakai and Janthana Kunchornrat, " The air volume affecting the number of pumping cycle of solar water pump system", The 13th Annual Conference of Thai Society of Agricultural Engineering , The International Conference on Agricultural Engineering “ Agro-Techno fusion for Global Sustainability ” April 4-5, 2012, The Imperial Mae Ping Hotel, Chiang Mai, Thailand.

Panusak Moonsri^{1,*}, Pichai Namprakai and Janthana Kunchornrat, " The solar water pump with auxiliary electric heater", The 13th Annual Conference of Thai Society of Agricultural Engineering , The International Conference on Agricultural Engineering “ Agro-Techno fusion for Global Sustainability ” April 4-5, 2012, The Imperial Mae Ping Hotel, Chiang Mai, Thailand.

Panusak Moonsri^{1,*}, Pichai Namprakai and Janthana Kunchornrat, “Development of a solar thermal water pump with air- water vapour”, The 26th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems, Proceedings of ECOS 2013, July 16-19, 2013, Guilin, China.

ประวัติผู้ร่วมวิจัยคนที่ 3

1. ชื่อ - สกุล นางสาวกังสดาล สกุลพงษ์มาลี
Miss Kangsadan Sagulpongmalee
2. วัน เดือน ปีเกิด 19 กุมภาพันธ์ 2519 (เพื่อเก็บในฐานข้อมูลนักวิจัย)
3. รหัสประจำตัวนักวิจัย (ถ้ามี)
4. ตำแหน่งทางวิชาการปัจจุบัน ☐ ข้าราชการ ☐ พนักงาน ☐ บุคคลภายนอก
☒ อาจารย์ () ข้าราชการ
() ผู้ช่วยศาสตราจารย์ () เชี่ยวชาญ
() รองศาสตราจารย์ () เชี่ยวชาญพิเศษ
() ศาสตราจารย์ () อื่นๆ (โปรดระบุ).....
5. สถานที่ทำงาน
หน่วยงาน สาขาวิศวกรรมพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
โทรศัพท์ 086-6361698 โทรสาร 032-414455
E-mail address: kangsadan_d@hotmail.com
ที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 11/1 ตำบลสระพัง อำเภอยะบอย จังหวัดเพชรบุรี โทร. 086-6361698
6. ประวัติการศึกษา
 - ปริญญาเอก กำลังศึกษาหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.)
สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
 - ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.)
สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2542 -2545
วิทยานิพนธ์เรื่อง นโยบายด้านงานวิจัยพลังงานทดแทน
 - ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.บ.)
สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ พ.ศ. 2537 - 2541
ปริญญานิพนธ์เรื่อง เครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้รีเจนเรเตอร์
เป็นสารดูดความชื้น
5. บทความวิชาการ ตีพิมพ์ในวารสารและนำเสนอในการประชุมวิชาการ:
วารุณี เตีย, พิมพ์ แจ่มพลอย, กังสดาล สกุลพงษ์มาลี และสมชาติ โสภณธนฤทธิ์, 2548, "สถานภาพ
และแนวทางการวิจัยพลังงานหมุนเวียนในประเทศไทย", วารสารราชบัณฑิตยสถาน, ปีที่ 30,
ฉบับที่ 3, กรกฎาคม-กันยายน, หน้า 659

กังสดาล สกุลพงษ์มาลี, 2554, “ความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอลล์ 95 กับ น้ำมันแก๊สโซฮอลล์ 91 สำหรับรถยนต์ขนาดเล็ก”, การประชุมวิชาการ เครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7 3 – 5 พฤษภาคม 2554 โรงแรมภูเก็ตออคิด รีสอร์ท แอนด์ สปา จังหวัดภูเก็ต.

ณัฐกิตติ์ โพธิ์เอี่ยม พิพัฒน์พงษ์ ทับทิมหิน และ กังสดาล สกุลพงษ์มาลี, 2555, การเพิ่มเสถียรภาพของเครื่องสูบน้ำโดยใช้ไฮดรอลิกแรมป์, การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 5 18 - 20 ธันวาคม 2555 มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
รวีวรรณ นวสุชาติ, กังสดาล สกุลพงษ์มาลี และศิริวรรณ แดงฉ่ำ. (2561). การประยุกต์ใช้ระบบสูบน้ำเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดต่อตรงร่วมกับการเกษตร. การประชุมวิชาการระดับนานาชาติและระดับชาติ ราชภัฏวชิร ครั้งที่ 5, 2-5 ธันวาคม 2561, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จ. เพชรบุรี. (659-664).

รุ่งทิพา เปรมศิริพัฒน์, สุภัตชัย ศรีสุกใส, กังสดาล สกุลพงษ์มาลี และ ชลาลัย วงเวียน. (2561). การประชุมวิชาการระดับนานาชาติและระดับชาติ ราชภัฏวชิร ครั้งที่ 5, 2-5 ธันวาคม 2561, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จ.เพชรบุรี. (665-670).

ชลาลัย วงเวียน, อลงกรณ์ ฉัตรเมืองปัก, ประเสริฐ ปราชญ์ประยูร และกังสดาล สกุลพงษ์มาลี. (2561). ผลของโปรแกรมวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนสะสมต่อประสิทธิภาพการผลิตชิ้นงานในธุรกิจโรงกลึง. การประชุมวิชาการระดับนานาชาติและระดับชาติ ราชภัฏวชิร ครั้งที่ 5, 2-5 ธันวาคม 2561, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จ.เพชรบุรี. (589-593).

กังสดาล สกุลพงษ์มาลี, เจริญ ประรณารักษ์, จุติพร อินทะนิน, ภาณุศักดิ์ มูลศรี และ ชลิตล อินยาศรี. (2560). การพัฒนาเครื่องมือวัดศักยภาพกำลังเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่บนล้อ. หาดเจ้าสำราญ จ.เพชรบุรี. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 2, (1-15).

ภาณุศักดิ์ มูลศรี, ปองพล รักการงาน, กังสดาล สกุลพงษ์มาลี, หาดเพชร แดงฉ่ำ และ สิทธิชัย สังขกุล. (2560). การศึกษาประสิทธิภาพระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานรังสีอาทิตย์โดยใช้ตัวรับรังสีแบบแผ่นราบร่วมกับตัวรับรังสีแบบหลอดแก้วสุญญากาศ. การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13, 31 พฤษภาคม – 2 มิถุนายน 2560, โรงแรมดิเอ็มเพรส จ.เชียงใหม่. (1483-1487).

กังสดาล สกุลพงษ์มาลี, เจริญ ประรณารักษ์, จุติพร อินทะนิน และ ปองพล รักการงาน. (2559). อุปกรณ์ทดสอบศักยภาพกำลังเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่บนล้อ. การประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 9, 29 พฤศจิกายน – 1 ธันวาคม 2559, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตดอยสะเก็ด, จังหวัดเชียงใหม่. (2 – 10).

เจริญ ประรณารักษ์, กังสดาล สกุลพงษ์มาลี และ ช่างชัย ชูปวา. (2559). การศึกษาการตอบสนองเชิงพลวัตของเครื่องยนต์สันดาปภายในที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ. การประชุม

วิชาการระดับชาตราชภัฏหมู่บ้านจอมบึงวิจัย ครั้งที่ 4, 1 มีนาคม 2559, มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง จังหวัดราชบุรี. (345 – 354).

เจิมธง ปรารณารักษ์, กังสดาล สกุลพงษ์มาลี, จุติพร อินทะนิน และ ชาญยุทธ์ อรุณสวัสดิ์. (2558). การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยการเลื่อนเฟสการแกว่งตัวของฟูล์น ลอยบนชายฝั่ง. การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8, 4 - 6 พฤศจิกายน 2558, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, จังหวัดปทุมธานี. (331 – 334).

ภาณุศักดิ์ มูลศรี, ปองพล รักการงาน, ชลิตล อินยาศรี และ กังสดาล สกุลพงษ์มาลี. (2558). เครื่องสูบน้ำพลังงานความร้อนจากถ่านไม้สำหรับชุมชน. การประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบ พลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 9, 4 - 6 พฤศจิกายน 2557, มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, จังหวัดปทุมธานี. (324 – 326).

ยุทธนา พลอยฉาย, เจิมธง ปรารณารักษ์, กังสดาล สกุลพงษ์มาลี และน้ำฝน คล้ายทอง (2557). การผลิตไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำกระตุ้นตัวเองสำหรับกังหันลมหลายใบ. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ครั้งที่ 2, 8-9 พฤษภาคม 2557, มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต, จังหวัดภูเก็ต. (130-140).

ประวัติผู้ร่วมวิจัยคนที่ 4

1. ชื่อ - สกุล นางสาวชลิศล อินยาศรี
Miss Chaleedol Inyasri
2. วัน เดือน ปีเกิด 5 เมษายน 2530
3. สถานที่ทำงาน
หน่วยงาน สาขาวิศวกรรมพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
E-mail address: bochaleedol@gmail.com
ที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 274 หมู่ที่ 3 ต.ดอกคำใต้ อ.ดอกคำใต้ จ.พะเยา 56120
โทร. 081-888-9684
4. ประวัติการศึกษา
- ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม)
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยนเรศวร พ.ศ. 2552 - 2556
- ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ)
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยนเรศวร พ.ศ. 2548 - 2551
5. บทความวิชาการ ตีพิมพ์ในวารสารและนำเสนอในการประชุมวิชาการ:
- ปองพล รักการงาน, **ชลิศล อินยาศรี**, เจริญ ประธารณารักษ์, ยุทธภูมิ อาสนะรัตนธรรม และปกรณ์ พรหมแก้ว. (2561). การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ในกระบวนการอบผ้าเบรกเพื่อประหยัด แก๊สแอลพีจี. การประชุมวิชาการระดับนานาชาติ ราชภัฏวชิร ครั้งที่ 5, 2-5 ธันวาคม 2561, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี, จ.เพชรบุรี
- ปองพล รักการงาน, ภาณุศักดิ์ มูลศรี, **ชลิศล ใจซื่อดี**, ไพศาล สมชัย และนันทิยา ขำใจดี.(2560). การเพิ่มประสิทธิภาพระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยฝังดูดกลืนความร้อน. การประชุม วิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 14, 13-15 มิถุนายน 2561, โรงแรมโนโว เทล, จังหวัดระยอง. (724 - 728).
- ชลิศล อินยาศรี**, ณัฐฉา โขชัยถาวร, จิรัฐติกาล แตรสังข์, จุติพร อินทะนิน และเจริญ ประธารณา รักษ์.(2560). การศึกษาระบบติดตามดวงอาทิตย์ด้วยวิธีการคำนวณตำแหน่งดวงอาทิตย์ด้วย สมการเวลาโดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาδυโน. การประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏ เพชรบุรีวิจัยเพื่อแผ่นดินไทยที่ยั่งยืน ครั้งที่ 7, 15 กรกฎาคม 2560, มหาวิทยาลัยราชภัฏ เพชรบุรี, จังหวัดเพชรบุรี. (337 - 344).

- กังสดาล สกุลพงษ์มาลี, เจริญ ประรณารักษ์, จุติพร อินทะนิน, ภาณุศักดิ์ มูลศรี และ **ชลิตร อินยาศรี**. (2560). การพัฒนาเครื่องมือวัดศักยภาพกำลังคลื่นทะเลชนิดทุ่นลอยบริเวณชายฝั่งทะเลหาดเจ้าสำราญ จ.เพชรบุรี. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 2, (1-15).
- จุติพร อินทะนิน, น้ำผึ้ง ใจกล้า, สุดใจ ดาวกระจาย และ **ชลิตร อินยาศรี**. (2559). การประเมินสมรรถนะเครื่องอัดถ่านเพื่อผลิตถ่านอัดแท่งที่มีศักยภาพทางความร้อนและทางเศรษฐศาสตร์. การประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 9, 29 พฤศจิกายน – 1 ธันวาคม 2559, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาวิทยาเขตดอยสะเก็ด, จังหวัดเชียงใหม่. (2 – 10).
- ภาณุศักดิ์ มูลศรี, ปองพล รักการงาน, **ชลิตร อินยาศรี** และ กังสดาล สกุลพงษ์มาลี. (2558). เครื่องสูบน้ำพลังงานความร้อนจากถ่านไม้สำหรับชุมชน. การประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 9, 4 - 6 พฤศจิกายน 2557, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, จังหวัดปทุมธานี. (324 – 326). **ชลิตร อินยาศรี**, สุชาติ แยมเม่น และพีระศักดิ์ ฉายประสาท , 2555, “การประมาณค่าน้ำหนักผลมะม่วงบนระบบการชั่งมวลแบบพลวัตโดยใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ย” การประชุมทางวิชาการนเรศวรวิจัย ครั้งที่ 9: ความรู้สู่เชิงพาณิชย์ นำเศรษฐกิจไทยก้าวไกลอาเซียน, 28-29 กรกฎาคม 2556, มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก, หน้า 327
- ชลิตร อินยาศรี**, สุชาติ แยมเม่น และพีระศักดิ์ ฉายประสาท , 2554, “การประมาณค่าน้ำหนักผลมะม่วงบนระบบการชั่งน้ำหนักแบบพลวัตโดยใช้วงจรกรองมัธยฐานปรับปรุง” วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 23–24 มิถุนายน 2554, โรงแรมพัทยาพาร์ค บีช รีสอร์ท ชลบุรี, หน้า 446

ประวัติผู้ร่วมวิจัยคนที่ 5

1. ชื่อ (ภาษาไทย) นายเจิมธง ประรณารักษ์
(ภาษาอังกฤษ) Mr. Chermthong Prattanaruk
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3660100240100
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
4. หน่วยงานที่สังกัด สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี
อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
5. ที่อยู่ติดต่อได้สะดวก 38 หมู่ 8 ถนนสายหาดเจ้าสำราญ-เพชรบุรี ต.นาวิ่ง อ.
เมือง
จ.เพชรบุรี 76000 โทรศัพท์/โทรสาร 032-405502
โทรศัพท์มือถือ 086-3263248
(e-mail) resonic9@hotmail.com
6. ประวัติการศึกษา B.Eng. degree in Agricultural Engineering
Suranaree University of Technology, 2001
M.Eng. degree in Mechanical Engineering
Suranaree University of Technology, 2006
7. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ
Dynamic Control Systems
Applied Mechanics
Measuring and Experimental Technique
8. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย
 - 2545-2554 นักวิจัย ประจำหน่วยวิจัยวิศวกรรมระบบควบคุม (SCE)
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
สุรนารี
 - 2552-2555 หัวหน้ากลุ่มวิจัยและประยุกต์นวัตกรรมเทคโนโลยีพลังงาน (ITERA)
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
 - 2555- ปัจจุบัน หัวหน้าหน่วยวิจัยและประยุกต์เทคโนโลยีพลังงานแทน (AERA)
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

8.1 ผลงานบริหารงานวิจัยย้อนหลังและสถานภาพ

1. โครงการวิจัย การออกแบบอุปกรณ์ขับเคลื่อนทางพลวัต
ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ
แหล่งทุน สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
2. โครงการวิจัย การออกแบบอุปกรณ์ขับเคลื่อนทางพลวัตชนิดคานมวล์คู่
แบบปรับตัวได้
ตำแหน่ง ผู้ร่วมวิจัย
แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)
3. โครงการวิจัย การระบุเอกลักษณ์ของระบบเชิงกลโดยวิธีความลาดชันปรับตัว
ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ
แหล่งทุน มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
4. โครงการวิจัย ต้นแบบหุ่นพลังงานสำหรับการผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานพลังงาน
จากมหาสมุทร
ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ
แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)
5. โครงการวิจัย การออกแบบฉนวนการสั่นโดยการระบุเอกลักษณ์ของระบบร่วมกับ
วิธีการปรับตัวได้
ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ
แหล่งทุน มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
6. โครงการวิจัย การออกแบบและสร้างกังหันลมหลายใบสำหรับเครื่องกำเนิด
ไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟสแบบกระตุ้นตัวเอง
ตำแหน่ง ผู้ร่วมวิจัย
แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)
7. โครงการวิจัย การเพิ่มเสถียรภาพของเครื่องสูบน้ำด้วยระบบสปริงอากาศ
ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ
แหล่งทุน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
8. โครงการวิจัย การออกแบบฉนวนการสั่นโดยประยุกต์ใช้วิธีการปรับตัวได้
ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ
แหล่งทุน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
9. โครงการวิจัย การหาค่าแรงบิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
แบบไร้เซ็นเซอร์ด้วยเทคนิคการชดเชยแบบปรับตัวได้
ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ
แหล่งทุน มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

- | | |
|------------------|--|
| 10. โครงการวิจัย | เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระตุ้นตัวเองสำหรับแก๊สชีวภาพและเตาปฏิกรณ์ชีวมวล |
| ตำแหน่ง | หัวหน้าโครงการ |
| แหล่งทุน | สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) |
| 11.โครงการวิจัย | ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อชุมชน |
| ตำแหน่ง | ที่ปรึกษาโครงการ |
| แหล่งทุน | สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) |

8.2 ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ออกเผยแพร่

International journal

Srisertpol, J., Prattanaruk, Ch. (2008) “Adaptive Algorithms for Suppress Beam Vibration of Dual Cantilever mass Absorber (Lyapunov Stability).” In Advanced Problems in Mechanics-2008, July 6-10, 2008, Russian Academy of Sciences, Russia.

International conference

Srisertpol J., Khajorntraidet C., and Prattanarak Ch. (2012). “Alternative Technique for DC Servo Motor Control using Adaptive Load Torque Compensator.” In International Conference on Mechanics and Control Engineering, Hongkong.

WINAI TUMTHONG, PRASERTSIRI VARUNCHITTAPONGSA, JIRAPHON SRISERTPOL and CHERMDHONG PRATTANARAK. (2012). “Vibration Analysis of Pocket Slot Using Finite Element Method.” In International Conference on System Modeling and Optimization (ICSMO 2012), Singapore, Vol. 23, P.38-43.

Prattanaruk, Ch., and Srisertpol, J. (2006) “Stiffness Adjustment of Dual Mass Cantilever Absorber for Suppress Vibration.”, In The 20th Conference on Mechanical Engineering Network of Thailand, October 18-20, 2006, Nakhon Ratchasima, P.621-628.

Prattanaruk, Ch., and Srisertpol, J. (2005) “Active Vibration Absorber with Stiffness Adjustment”, In The 5th **National Symposium on Graduate Research**, Thailand October 10-11, 2005, Bangkok.

Pratthanarak, Ch., and Srisertpol, J. (2004). “Synthesis algorithm of adaptive dynamics vibration absorber to suppress beam vibration.” In Proceedings of the 8th

Annual National Symposium on Computational Science and Engineering.
Nakhon Ratchasima.

National conference

- เจิมธง ประารณารักษ์ และจิระพล ศรีเสรีฐผล (2556). “การระบุเอกลักษณ์ของมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรงด้วยจินเนติกอัลกอริทึม”, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 27, 16-18 ตุลาคม, จ.ชลบุรี.
- ณัฐพล แผ่ต่วน, เจิมธง ประารณารักษ์ (2556). “การออกแบบฉนวนการสั่นโดยวิธีความลาดชันปรับตัว ได้”, งานประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏเพชรบุรีวิจัยเพื่อแผ่นดินไทยที่ยั่งยืน ครั้งที่ 3, 3 สิงหาคม, จ.เพชรบุรี, หน้า 191-197.
- ณิรวรรณ รัตนพันธ์, ชัยณรงค์ บุญขำ, เจิมธง ประารณารักษ์ (2556). “การเพิ่มประสิทธิภาพของ เครื่องสูบน้ำด้วยระบบสปริงอากาศ”, งานประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏเพชรบุรีวิจัยเพื่อ แผ่นดินไทยที่ยั่งยืน ครั้งที่ 3, 3 สิงหาคม, จ.เพชรบุรี, หน้า 212-216.
- โยธิน อุ่ออ่อน, กิตติ แก้วมณี, เจิมธง ประารณารักษ์ (2556). “ต้นแบบกลไกหมุนใบสำหรับกังหันลม แกนตั้งแบบใบหมุน”, งานประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏเพชรบุรีวิจัยเพื่อแผ่นดินไทยที่ ยั่งยืน ครั้งที่ 3, 3 สิงหาคม, จ.เพชรบุรี, หน้า 259-263.
- วัชรพันธ์ ศรีประภา, อิทธิพันธ์ ช่อนกลิ่น, เจิมธง ประารณารักษ์ (2556). “ทุนผลิตกระแสไฟฟ้าจาก คลื่นทะเล”, งานประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏเพชรบุรีวิจัยเพื่อแผ่นดินไทยที่ยั่งยืน ครั้งที่ 3, 3 สิงหาคม, จ.เพชรบุรี, หน้า 268-272.
- เจิมธง ประารณารักษ์, อุทัย ผ่องรัศมี, ณัฐพล แผ่ต่วน. (2556). “การระบุเอกลักษณ์ของระบบเชิงกล โดยวิธีความลาดชันปรับตัว.”, การประชุมวิชาการเพื่อนำเสนอผลงานวิจัยราชภัฏเพชรบุรี วิชาการ “สืบสานภูมิปัญญา พัฒนาสู่อาเซียน”, 14-16 กุมภาพันธ์, จ.เพชรบุรี, หน้า 182-191.
- ชามา สารพร, เจิมธง ประารณารักษ์, จิระพล ศรีเสรีฐผล. (2555). “การชดเชยตัวแปรและลด สัญญาณรบกวนของไจโรสโคปราคาถูก”, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่ง ประเทศไทยครั้งที่ 26, 24-27 ตุลาคม, จ.เชียงราย.
- เจิมธง ประารณารักษ์ และ จิระพล ศรีเสรีฐผล. (2549). “การปรับค่าความแข็งสปริงของตัวดูดซับ การสั่นแบบคานมวลคู่เพื่อลดการสั่นของคาน”, การประชุมวิชาการเครือข่าย วิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 20, 18-20 ตุลาคม, จ.นครราชสีมา.
- เจิมธง ประารณารักษ์ และ จิระพล ศรีเสรีฐผล. (2548). “การปรับแต่งค่าความแข็งสปริงของตัวดูด ซับการสั่นแบบคานมวลคู่โดยวิธีการควบคุมแบบปรับตัว”, การประชุมเสนอผลงานวิจัย แห่งชาติครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร.

ประวัติผู้ร่วมวิจัยคนที่ 6

ส่วนที่ ๑ ข้อมูลทั่วไป

๑.๑ ชื่อ-นามสกุล: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กชกร หัสโรค์
(Asst. Prof. Dr. Kodchasorn Hussaro)
ชื่อเดิม กนกอร
วัน เดือน ปี เกิด: ๒๙ กันยายน ๒๕๑๘
สัญชาติ: ไทย
มือถือ ๐๘๔๗๕๗๖๕๓ หรือ ๐๘๙๑๑๐๐๒๔๖
อีเมล: hussarokanokorn@gmail.com
เลขบัตรประจำตัวประชาชน ๓๔๐๙๗๐๐๓๑๔๘๓๐

๑.๒ สถานที่ทำงาน ชื่อหน่วยงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิทยาการแปรรูปอาหาร
และการประกอบอาหาร
ตั้งอยู่เลขที่ ๙๖ หมู่ที่ ๓ ถนน พุทธมณฑลสาย ๕ ตำบล ศาลายา
อำเภอ พุทธมณฑล จังหวัด นครปฐม รหัสไปรษณีย์ ๗๓๑๗๐
โทรศัพท์ ๐๒ ๘๘๙ ๔๕๘๕ – ๗ ต่อ ๒๖๓๐

๑.๓ ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

๑.๔ ตำแหน่งบริหารปัจจุบัน รองคณบดีฝ่ายบริหารและงานแผน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อาจารย์ประจำหลักสูตร สาขาวิทยาการแปรรูปอาหารและการประกอบ อาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

ส่วนที่ ๒ ประวัติการศึกษาและวิชาการ

๒.๑ ประวัติการศึกษา (Education)

คุณวุฒิ	ปี พ.ศ. ที่จบ	ชื่อสถานศึกษา
ปริญญาเอก (PhD.) สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม สิ่งแวดล้อม	๒๕๕๑	บัณฑิตร่วมด้านพลังงานและ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าธนบุรี		
ปริญญาโท (วศ.ม.) วิศวกรรมเคมี	๒๕๔๓	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ปริญญาตรี (วศ.บ.) วิศวกรรมเคมี	๒๕๔๑	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

๒.๒ทุนสนับสนุนการวิจัย (ย้อนหลัง ๕ ปี)

- (๑) โครงการวิจัยเรื่อง การผลิตก๊าซชีวภาพจากการตาลโตนดเพื่อใช้สำหรับชุมชน กำลัง ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการแห่งชาติ (วช.) ปีงบประมาณ ๒๕๖๐
- (๒) โครงการวิจัยเรื่อง ผลกระทบของโรงไฟฟ้าชีวมวลแก๊สซิฟิเคชันขนาดเล็กมาก ต่อระบบไฟฟ้า กำลัง ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการแห่งชาติ (วช.) ปีงบประมาณ ๒๕๖๐
- (๓) โครงการวิจัยเรื่อง การผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะเศษอาหารและเศษผักเพื่อใช้สำหรับชุมชนวัดสระแก้ว จังหวัดอ่างทอง กำลัง ได้รับทุนสนับสนุน สำนักงานคณะกรรมการแห่งชาติ (วช.) ปีงบประมาณ ๒๕๕๙ (ปิดโครงการ)

(๔) โครงการวิจัยเรื่อง สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะเศษอาหารและ เศษผักหมักร่วมกับมูลไก่ในระดับห้องปฏิบัติการ สำนักงานคณะกรรมการแห่งชาติ (วช.) ปีงบประมาณ ๒๕๕๙ (ปิดโครงการ)

(๕) ทำวิจัยร่วมกับ The Institute of Industrial Production (IIP), Universität Karlsruhe (TH) เรื่อง Biomass potential analyses and identification of suitable utilization ระหว่าง ๑ พฤศจิกายน ๒๕๕๒ – ๓๑ ธันวาคม ๒๕๕๒ ภายใต้การสนับสนุนของสำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (สนช.) National Innovation Agency (NIA) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ปิดโครงการ)

(๖) Factors Affecting the Ion Exchange Capacity of Zeolite Granule (ได้รับทุนสนับสนุนจาก สำนักงานเทคโนโลยี SME มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ระหว่าง พฤศจิกายน ๒๕๔๙ ถึง ธันวาคม ๒๕๕๐) (ปิดโครงการ)

(๗) Development of Zeolite Granule for Gas Molecular Sieving (ได้รับทุนสนับสนุนจาก สำนักงานเทคโนโลยี SME มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ระหว่าง กุมภาพันธ์ ๒๕๕๐ ถึง มกราคม ๒๕๕๑) (ปิดโครงการ)

(๘) Synthesis of Zeolite A from By-Product from Aluminium Etching Process: Effects of Reaction Temperature and Reaction Time on Pore Volume (ปิดโครงการ)

๒.๓ ผลงานตีพิมพ์วารสารวิชาการนานาชาติและในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ (๕ ปี ย้อนหลัง)

Kodchasorn Hussaro, Chanida Jantree, Jutiporn Intanin, and Sombat Teekasap (๒๐๑๖). Biogas Production from Food Waste and Vegetable Waste for the Sakaew Temple Community Angthong Province Thailand. The ๑๑th GMSARN International Conference ๒๐๑๖ On “Innovative Energy, Environment and Development in GMS” ๑๖ – ๑๘ November ๒๐๑๖ Uchoice Hotel Kunming, China.

Kodchasorn Hussaro, Lertluck Saitawee, Naphon Keanoi, and Sombat Teekasap (๒๐๑๕). Optimizing Experimental Condition of Biogas Production from Elephant Manure and Rice Straw with Chicken Dung as Inoculum in a Mesophilic Lab Scale. The ๑๐th GMSARN International Conference on Smart Energy, Environment, and Community Development in GMS, ๑๖-๑๘ December ๒๐๑๕, Hotel Cambodiana Phnom Penh, Cambodia.

P. Wiryaprakob, K. Hussaro, I. Hunsacharooroj, and S. Teekasap (๒๐๑๕). Influence of Pyrolysis Temperature on Products Yield and Bio-Oil Product from Leucaena Leucocephala Branches, Cassava Root and Eucalyptus Branches Via Fast Pyrolysis. The ๑๐th GMSARN International Conference on Smart Energy, Environment, and Community Development in GMS, ๑๖-๑๘ December ๒๐๑๕, Hotel Cambodiana Phnom Penh, Cambodia.

Peera Kum-iam, Ratthasak Prommas, T. Bunnag, and Kodchasorn Hussaro (๒๐๑๕). Analysis of specific Energy Consumption for Chiller Using Chiller Optimizer: Case Study Centrara Hotel Hat Yai. The ๑๐th GMSARN

International Conference on Smart Energy, Environment, and Community Development in GMS, ១៦-១៨ December ២០១៥, Hotel Cambodiana Phnom Penh, Cambodia.

Kanokorn Hussaro (២០១៤). Preparation of Activated Carbon from Palm Oil Shell by Chemical Activation with Na_2CO_3 and ZnCl_2 as Impregnation Agents for H_2S Adsorption. *American Journal of Environmental Science* ០០(៤): ៣៣៦-៣៤៦.

Jakapong Kongpanya, **Kanokorn Hussaro** and Sombat Teekasap (២០១៤). Influence of Reaction Temperature and Reaction Time On Product from Hydrothermal Treatment of Biomass Residue. *American Journal of Environmental Science* ០០(៤): ៣២៤-៣៣៥.

L. Saitawee, **K. Hussaro**, S. Teekasap and N. Cheamsawat (២០១៤). Biogas production from Anaerobic Co-digestion of Cow Dung and Organic Wastes (Napier Pak Chong I and Food Waste) in Thailand: Temperature Effect on Biogas Product. *American Journal of Environmental Science* ០០(២): ១២៥-១៣៥.

Wasan Phooratsamee, **Kanokorn Hussaro**, Sombat Teekasap and Jongjit Hirunlabh (២០១៤). Increasing Adsorption of Activated Carbon from Palm Oil Shell for Adsorb. H_2S from Biogas Production by Impregnation. *American Journal of Environmental Science* ០០(៥): ៤៣១-៤៤៥.

Napon Keanoi, **Kanokorn Hussaro**, and Sombat Teekasap (២០១៤). Effect of with/ without Agitation of Agricultural Waste on Biogas Production from Anaerobic Co-digestion- A Small Scale. *American Journal of Environmental Science* ០០(១):៣៤-៤៥.

Napon Keanoi, **Kanokorn Hussaro**, and Sombat Teekasap (២០១៣). The Effect of Natural Water with Cow Dung and Agricultural Waste Ratio on Biogas Production from Anaerobic Co-Digestion. *American Journal of Environmental Science* ៥(៦): ៥២៥-៥៣៦.

Learthluck Saitawee, **Kanokorn Hussaro**, Sombat Teekasap, and Noppadon Cheamsawat (២០១៣). **Design Biogas Production from Mixed Napier Pak Chong I/Food Waste at Thermophilic Temperature by Anaerobic Digestion in Cow Dung and Chicken Dung.** The ៨th GMSAN International Conference on Green Growth in GMS: Energy, Environmental and Social Issues, ១៨- ២០ December ២០១៣ at Mandalay, Myanmar.

Jakaphong Kongpanya, **Kanokorn Hussaro**, and Sombat Teekasap (២០១៣). **Comparative Studies of Biochar Produced from Oil Palm Residues by Hydrothermal Carbonization.** ៣rd International Conference on Engineering and Applied Science (ICEAS), ៣-៥ November ២០១៣ at Osaka, Japan.

Learthluck Saitawee, **Kanokorn Hussaro**, Sombat Teekasap, and Noppadon Cheamsawat (២០១៣). **The Effect of Age of Napier Pakchong I on Biogas Yield**

from the Anaerobic Co-digestion with Cow Dung. 8th International Conference on Engineering and Applied Science (ICEAS), 7-8 November 2008 at Osaka, Japan.

Prateep Pattanapunt, **Kanokorn Hussaro**, Tika Bunnak and Sombat Teekasap (2008). Waste Heat Recovery from Boiler of Large-Scale Textile Industry. *American Journal of Environmental Science* 8(1): 186-188.

W. Phooratsamee, **K. Hussaro**, S. Teekasap and J. Khedari (2008). Alternative Biomass Residues from Palm Oil Mill for Synthesis Activated Carbon by Zinc Chloride Activation. *GMSARN Interantional Journal* 1: 86-88.

Pramarnsak Soatou, **Kanokorn Hussaro**, Joseph Khedari, and Sombat Teekasap (2008). **Potential Study of Biogas Production from Animals Manure with Rice Straw in Thailand.** 8th International Conference on Sustainable Energy and Green Architecture (SEGA-08), 14-16 March 2008 at Bangkok, Thailand.

Narawut Pluembumrer, **Kanokorn Hussaro**, Joseph Khedari, and Sombat Teekasap (2008). **Potential Study of Bio-Oil Production from Agriculture Residues by Mean of Induction Pyrolysis.** 8th International Conference on Sustainable Energy and Green Architecture (SEGA-08), 14-16 March 2008 at Bangkok, Thailand.

Naphon Keanoi, **Kanokorn Hussaro**, Joseaph Khedsri, and Sombat Teekasap (2008). **Anaerobic Co-digestion of Cow Dung and Biomass Residues for Rural house Hold.** 8th International Conference on Sustainable Energy and Green Architecture (SEGA-08), 14-16 March 2008 at Bangkok, Thailand.

Kanokorn Hussaro, Magnus Frohling, Frederik Trippe (2008). **Analysis of Costs Estimation for Biomass to Liquid (BtL) Production in Southern Thailand.** 1st International Conference on Alternative Energy in Developing Countries and Emerging Economies. 15-18 May 2008 at Hat Yai, Thailand.

Dr. Kanokorn Hussaro, Assc. Dr. Sombat Teekasap, Nisakorn Somsuk (2008). Synthesis of Zeolite A from By-Product of Aluminum Etching Process: Effects of Reaction Temperature and Reaction Time on Pore Volume. *American Journal of Environmental Science* 8(1): 85-88.

Magnus Frohling, Frederik Trippe, **Kanokorn Hussaro**, Frank Schultmann (2008). **A Techno-Economic Assessment of a Second Generation Biofuel Concept for Southern Thailand.** 4th GMSARN International Conference on Sustainable Development and Climate Change: Challenges and Opportunity in GMS, 07-08 November 2008, Luang Prabang, Laos.