

ก๊าซชีวภาพจากบ่อบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตน้ำประปา
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม
Biogas from Wastewater Treatment of Rajabhat Mahasarakham University
Water Supply System, Maha Sarakham Province

เชิดชัย สมบัติโยธา^{1*}, ทวีล แสนตรง¹ และนุกูล กุดแถลง¹
Cherdchai Sombatyotha^{1*}, Tawin Saentrong¹ and Nukool Kudthalang¹

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

¹Science and Technology Rajabhat Mahasarakham University

*Corresponding author: Cherdchai Sombatyotha

Received: October 1, 2023

Revised: October 28, 2023

Accepted: November 3, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้และผลิตก๊าซชีวภาพจากบ่อบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตน้ำประปา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม โดยนำมูลวัวสดซึ่งเป็นมูลของวัวเนื้อมาเป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ และเพื่อเป็นแหล่งสาธิตการเรียนรู้การใช้พลังงานทดแทนที่สามารถใช้งานได้จริงและเป็นแนวทางในการพัฒนาพลังงานทางเลือกต่อไป เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้สร้างถังผลิตก๊าซชีวภาพจากบ่อบำบัดน้ำเสีย ในการวิจัยทำการทดลอง 4 ครั้ง ในแต่ละครั้งเก็บข้อมูลทุกวันติดต่อกัน ระยะเวลาทั้งหมด 6 เดือน ผลการศึกษาพบว่า อัตราส่วนในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียที่ดีที่สุด คือ น้ำเสีย 200 ลิตรต่อมูลวัว 200 กิโลกรัม ได้ปริมาณก๊าซสูงสุดถึง 3,429 ลิตร เวลาการหมัก 58 วัน การจุดติดไฟนาน 171.39 นาที รองลงมา คือ อัตราส่วน น้ำเสีย 200 ลิตรต่อมูลวัว 150 กิโลกรัม ได้ปริมาณก๊าซ 1,656 ลิตร เวลาในการหมัก 46 วัน การจุดติดไฟนาน 83.07 นาที และอัตราส่วนน้ำเสีย 200 ลิตรต่อมูลวัว 100 กิโลกรัม ได้ปริมาณก๊าซ 898 ลิตร เวลาในการหมัก 29 วัน มีการจุดติดไฟนาน 45.54 นาที ส่วนอัตราส่วนที่มีประสิทธิภาพน้อยที่สุด คือ น้ำเสีย 200 ลิตรต่อมูลวัว 5 กิโลกรัม ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพ 522 ลิตร เวลาในการหมัก 17 วัน มีการจุดติดไฟนาน 26.55 นาที ตามลำดับ การศึกษาองค์ประกอบของก๊าซ พบว่า ก๊าซมีเทน (CH_4) มีปริมาณก๊าซสูงสุดค่าเฉลี่ยเท่ากับ 56.96% รองลงมา คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.44% และก๊าซอื่น ๆ (other gases) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.28% และก๊าซออกซิเจน (O_2) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.42% ส่วนก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) มีปริมาณก๊าซน้อยที่สุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 232.2 ppm ตามลำดับ

คำสำคัญ: ก๊าซชีวภาพ น้ำเสียจากกระบวนการประปา กระบวนการจ่ายน้ำ

Abstract

The objectives of the research were to produce biogas from wastewater treatment of the water supply system in RMU, Maha Sarakham Province. Fresh cow manure, which is the manure of beef cows, is part of the biogas production process. To assess biogas production and demonstrate renewable energy applications, the biogas system was constructed. The research focused on the fermentation four times, collecting data one time a day continuously, and designing an experiment for six months. The research results showed that the best ratio to produced biogas was waste water: cow leathate was polluted water 200: cow manure 200, with a yield of biogas of 3,429 litter, a fermentation time of 58 days, and the flammability of biogas of 171.39 minutes. The second ratio to produced biogas was wastewater: cow leathate was polluted water 200: cow manure 150, with a yield of biogas of 1,656 litter, a fermentation time of 46 days, and the flammability of biogas of 83.07 minutes. The third ratio to produced biogas was waste water: cow leathate was polluted water 200: cow manure 100, with a yield of biogas of 898.200 litter, a fermentation time of 29 days, and a flammability of biogas of 45.54 minutes. The minimum ratio to produced biogas was waste water: cow leathate was polluted water 200; cow manure was 5 with a yield of biogas of 522 litter; fermentation time was 17 days; and the flammability of biogas was 26.55 minutes. The research indicates that components of biogas with methane gas (CH_4) had a maximum average of 56.96% (vol/vol), followed by carbon dioxide (CO_2) at 25.44% (vol/vol), other gases at 15.28% (vol/vol), oxygen gas (O_2) at 2.42% (vol/vol), and hydrogen sulfide gas (H_2S) at 232.20 ppm.

Keywords: biogas, wastewater from water supply process, water supply process



บทนำ

องค์การพลังงานระหว่างประเทศ (International Energy Agency--IEA) คาดว่าภายในปีพ.ศ. 2593 ความต้องการพลังงานของโลกจะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าของปัจจุบัน และความต้องการพลังงานขั้นปฐมภูมิครึ่งหนึ่งจะมาจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน ได้แก่ พลังงานลม พลังงานก๊าซชีวภาพ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานชีวมวล พลังงานน้ำ และพลังงานความร้อนใต้พิภพ ปัจจุบันทั่วโลกใช้พลังงานในรูปเชื้อเพลิงฟอสซิลหรือไฮโดรคาร์บอนมากที่สุดรวมถึง 95% (น้ำมัน 42% ถ่านหิน 28% ก๊าซธรรมชาติ 25%) พลังงานนิวเคลียร์ 2% และ 3% มาจากพลังงานอื่น ๆ เช่น พลังงานน้ำจากเขื่อน พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานชีวมวล พลังงานคลื่นในทะเลและพลังงานความร้อนใต้พิภพ ในปี 2540 ปีเดียว โลกใช้พลังงานไปถึง

9,371 พันล้านลิตรเทียบเท่าน้ำมันดิบ หรือเกือบ 10,000 พันล้าน ลทอนด์. ซึ่งปริมาณพลังงานสำรองของโลกนั้น น้ำมันจะสามารถใช้ได้อีก 42 ปี ก๊าซธรรมชาติใช้ได้อีก 64 ปี และถ่านหินใช้ได้อีก 220 ปี ดังนั้นพลังงานหมุนเวียนจึงมีความสำคัญมากในอนาคต เป็นแหล่งพลังงานที่ใช้แล้วสามารถนำกลับมาใช้ได้อีก แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ พลังงานหมุนเวียนธรรมชาติ เช่น พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานจากน้ำ พลังงานจากคลื่นในมหาสมุทร และพลังงานหมุนเวียนที่ใช้แล้วหมดไป เช่น พลังงานก๊าซชีวภาพจากของเสียหรือมูลฝอย พลังงานเอทานอล พลังงานไบโอดีเซล พลังงานชีวมวลจากฟางข้าว ชานอ้อยและพลังงานจากแกลบ (Department of Alternative Energy Development and Energy Conservation, 2009)

ประเทศไทยได้กำหนดยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศ ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2555-2559) ได้ให้ความสำคัญในการสร้างความมั่นคงด้านอาหารและพัฒนาพลังงานชีวภาพทั้งในระดับครัวเรือนและชุมชน หรือนโยบายด้านพลังงานของรัฐบาลปัจจุบัน ในการส่งเสริมการผลิต การใช้ ตลอดจนการวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก โดยตั้งเป้าหมายให้สามารถทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลได้อย่างน้อยร้อยละ 25 ภายใน 10 ปี ทั้งนี้ให้มีการพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างครบวงจร รวมทั้งส่งเสริมและผลักดันการอนุรักษ์พลังงานอย่างเต็มรูปแบบโดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อลดการพึ่งพาและลดการนำเข้าพลังงานเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ (National Research Council of Thailand, 2012)

กระทรวงพลังงานได้กำหนดกลยุทธ์การส่งเสริมพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตพลังงานทดแทน และพลังงานจากก๊าซชีวภาพเป็นพลังงานทางเลือกหนึ่งในการสนับสนุนพัฒนาให้เป็นไปตามยุทธศาสตร์ความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศ ข้อดีของพลังงานก๊าซชีวภาพ คือ เป็นเทคโนโลยีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยลดระดับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน ปราศจากสารก่อมลพิษอื่น ๆ ที่เกิดจากเชื้อเพลิงฟอสซิลและโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ มีความสมดุลด้านพลังงานที่ดีเยี่ยม เป็นแหล่งพลังงานที่น่าเชื่อถือสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เป็นการนำของเสียกลับมาเพิ่มมูลค่าด้านพลังงาน (Department of Alternative Energy Development and Energy Conservation, 2012)

ปัจจุบันมลพิษทางน้ำเป็นปัญหาหนึ่งที่จำเป็นต้องดำเนินการแก้ไข การระบายน้ำเสียทั้งจากชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรม เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้น้ำในแหล่งรับน้ำธรรมชาติเน่าเสีย ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยา ตลอดจนต่อการอุปโภคและบริโภคของประชาชน การบำบัดน้ำเสียจึงเป็นมาตรการที่จำเป็นในการแก้ไขมลพิษทางน้ำ แต่การบำบัดน้ำเสียก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายต่อชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรม ดังนั้นการนำเทคโนโลยีที่สามารถลดค่าใช้จ่ายให้ต่ำลง และวิธีการอื่นที่สามารถใช้ประโยชน์จากน้ำเสีย จึงได้รับความสนใจอย่างมาก เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพ เป็นวิธีการที่ได้รับความสนใจและนำมา

ประยุกต์ใช้ร่วมในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้นี้ ประกอบด้วยก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมีคุณสมบัติจุดไฟติดและให้พลังงานความร้อน ก๊าซชีวภาพนี้จึงสามารถใช้เป็นสารพลังงานได้โดยตรง ช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานนอกจากนี้ยังสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียอีกด้วย (Department of Alternative Energy Development and Energy Conservation, 2009)

ดังนั้นการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตก๊าซชีวภาพจากบ่อบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตน้ำประปาภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่เป็นพื้นที่ศึกษาโดยมีความเหมาะสมในด้านแหล่งเรียนรู้ให้กับนักศึกษา ทั้งนี้เพื่อเพิ่มปริมาณก๊าซชีวภาพโดยการนำมูลวัวมาเป็นส่วนเสริมร่วมกับน้ำเสียในการทำก๊าซชีวภาพจะทำให้เพิ่มปริมาณก๊าซชีวภาพมากขึ้น ทั้งนี้เป้าหมายเพื่อที่จะนำพลังงานจากน้ำเสียหรือของเสียมาทำการผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ จึงนับว่า เป็นอีกมิติหนึ่งที่ทำให้เกิดประจักษ์จริง เป็นการสาธิต ส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาการใช้ของเสียมาทำให้เกิดประโยชน์ที่หลากหลายในอนาคตได้ รวมทั้งสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้ และมีความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศได้ในระยะยาวสามารถนำมาใช้ได้จริงในพื้นที่ รวมทั้งเตรียมความพร้อมในการพัฒนาพลังงานทางเลือกสำหรับ ประชาชนชุมชนและท้องถิ่นในการจัดการด้านพลังงาน และนำไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืนต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้สร้างถังหมักก๊าซชีวภาพจากบ่อบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตน้ำประปาเป็นเครื่องมือในการวิจัยที่สร้างขึ้นเอง โดยมีการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

วัสดุและอุปกรณ์

1. มูลวัว จำนวน 500 กิโลกรัม
2. น้ำเสียปริมาณ 800 ลิตร
3. กากน้ำตาล จำนวน 50 ลิตร
4. สารเร่ง พด. จำนวน 20 ชอง
5. ถังเก็บน้ำ ขนาด 1,000 ลิตร จำนวน 1 ถัง
6. ถังหมักก๊าซชีวภาพขนาด 600 ลิตร จำนวน 1 ถัง

7. ถังเก็บก๊าซชีวภาพ ขนาด 600 ลิตรจำนวน 1 ถัง
8. เต้าแก๊สพร้อมหัวจุดไฟ จำนวน 1 เต้า
9. สายยางต่อท่อจากถังหมักก๊าซมาที่ถังเก็บก๊าซ
10. สายยางต่อท่อจากถังเก็บก๊าซมาที่เต้าแก๊ส
11. ประตุน้ำขนาด 1 นิ้ว ควบคุมการปิดเปิด
12. เครื่องยิงกาบแห้ง
13. เครื่องวัดปริมาณก๊าซชีวภาพ (gas analyzer)

การสร้างเครื่องมือวิจัย

1. นำถังพลาสติกปริมาณ 1,000 ลิตร ใช้มีดปาดบริเวณฝาถังให้สามารถนำถังขนาด 600 ลิตรลงไปด้านในของถังได้ ใช้สำหรับเป็นถังเก็บก๊าซชีวภาพ บรรจุลงไปข้างในถังขนาด 1,000 ลิตร เติมน้ำลงไปในถังขนาด 1,000 ลิตรจนเต็ม
2. นำถังพลาสติกปริมาณ 600 ลิตร ใช้เป็นถังหมักก๊าซชีวภาพ นำน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำประปาโดยนำถังเก็บน้ำเสียที่บ่อบำบัดน้ำเสียด้วยการขุ่นเก็บช่วงบริเวณกลางบ่อบำบัดเพื่อให้ได้ค่าที่คงที่เทลงไปในถัง จำนวน 200 ลิตร พร้อมทั้งมูลวัวและสารเร่ง พด.1 ซึ่งเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการย่อยสลายเพื่อกระตุ้น

จุลินทรีย์ให้ต้นตัวพร้อมย่อยสลายเศษพืช กลุ่มจุลินทรีย์ย่อยสลายไขมันและกลุ่มจุลินทรีย์ย่อยสลายเซลลูโลส โดยนำกากน้ำตาลมาใช้เป็นส่วนผสมในกระบวนการเพื่อนำกากน้ำตาลมาเป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ ตามอัตราส่วนดัง ตาราง 1

3. ทำการปิดฝาถังหมักให้สนิทโดยใช้กาบแห้งอุดให้แน่น แล้วทำการต่อท่อพลาสติกจากถังหมักก๊าซไปที่ถังเก็บก๊าซชีวภาพ เชื่อมถังหมักก๊าซชีวภาพทุกวัน ทำการวัดค่าความสูงของถังเก็บก๊าซชีวภาพที่ลอยสูงขึ้นจากระดับน้ำที่ทำเครื่องหมายไว้ บันทึกค่าที่ได้ นำไปคำนวณหาปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน

4. เมื่อถังเก็บก๊าซชีวภาพเต็ม ทำการจุดไฟเพื่อดูระยะเวลาจุดติดไฟ (นาที) โดยการต่อสายท่อจากถังเก็บก๊าซชีวภาพไปที่เต้าแก๊สที่เตรียมไว้ (โดยต้องทำการทดลองในตอนพลบค่ำ เนื่องจากสามารถสังเกตเห็นเปลวไฟจากการเผาไหม้ได้อย่างชัดเจนกว่าตอนกลางวัน)

5. ใช้เครื่องวัดปริมาณก๊าซเพื่อหาองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพโดยใช้เครื่อง Gas Analyzer

ตาราง 1

Display the ratios for each experiment

Experiment	Ratios in each experiment			
	polluted water (L)	Cow manure (kg)	molasses (L)	Accelerators PD.6 (bag)
1	200	5	10	5
2	200	100	10	5
3	200	150	10	5
4	200	200	10	5

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. การหาอัตราส่วนระหว่าง น้ำเสียจากบ่อบำบัด: มูลวัว ที่ใช้ ซึ่งมีทั้งหมด 4 ชุดทดลอง ข้อมูลที่ได้ คือ ค่าความสูงของถังเก็บก๊าซชีวภาพที่ลอยสูงขึ้นในแต่ละวันมีหน่วยเป็น เซนติเมตร และค่าความสูงสะสมที่ได้ในแต่ละวันมีหน่วยเป็น เซนติเมตร

2. ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น นำค่าความสูงของถังเก็บก๊าซในแต่ละวันมาทำการคำนวณหาปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นสะสมมีหน่วยเป็นลิตร ดังนี้ เส้นผ่าศูนย์กลางถังยาว 71.28 เซนติเมตร ดังนั้นพื้นที่ฐานมีค่า $3,992$ ตารางเซนติเมตร เมื่อทราบความสูงของก๊าซในแต่ละวัน จะสามารถทราบปริมาณก๊าซที่สะสมได้ เช่น ถังสูง 2 เซนติเมตร ดังนั้น จะได้ก๊าซ $3,992 \times 2 = 7,984$ ลบ.ซม. หรือ 7.984 ลิตร

3. การศึกษาระยะเวลาการจุดติดไฟของก๊าซชีวภาพหาได้โดย เมื่อเก็บก๊าซชีวภาพเต็มที่จะมีความสูงจากระดับน้ำ 95.00 เซนติเมตร โดยจะมีก๊าซเต็มถังอยู่ 379 ลิตร ทำการปล่อยก๊าซชีวภาพในถังออกมาโดยต่อท่อสายยางไปที่หัวเตาแก๊ส จุดไฟแล้วจับเวลา (นาฬิกา) ในการเผาไหม้จนหมดไฟดับ ดังนั้นเมื่อเวลาผ่านไปถังหมักมีปริมาณก๊าซเต็มถังก็ปล่อยออกเพื่อเก็บเวลาการจุดติดไฟ

4. การหาค่าองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ โดยการนำก๊าซชีวภาพจากถังเก็บก๊าซมาทำการผ่านเข้าเครื่องวิเคราะห์ปริมาณก๊าซ (gas analyzer) ทำการวิเคราะห์ 5 ครั้ง แล้วนำแต่ละครั้งมาทำการหาค่าเฉลี่ย ก๊าซองค์ประกอบที่อยู่ในก๊าซชีวภาพในครั้งนี้โดยทำการวัดค่า ก๊าซทุกอย่างที่อยู่ในก๊าซชีวภาพ ดังนี้

1. ก๊าซมีเทน (CH_4) วัดปริมาตร/ปริมาตร หรือ (Vol/Vol)
2. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) วัดปริมาตร/ปริมาตร หรือ (Vol/Vol)
3. ก๊าซออกซิเจน (O_2) วัดปริมาตร/ปริมาตร หรือ (Vol/Vol)
4. ก๊าซอื่น ๆ (other gases) วัดปริมาตร/ปริมาตร หรือ (Vol/Vol)
5. ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) วัดปริมาณก๊าซหนึ่งในล้านส่วน (ppm)

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่าง น้ำเสียจากบ่อบำบัด: มูลวัว และปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการ หาความสัมพันธ์แสดงในรูปกราฟ

2. การศึกษาเวลาการจุดติดไฟของก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการเก็บสถิติระยะเวลาการติดไฟของก๊าซชีวภาพ และรวบรวมเข้าด้วยกัน นำมาเปรียบเทียบค่าที่ดีที่สุดระหว่างชุดทดลอง

3. การหาค่าองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการ นำข้อมูลแต่ละค่ามารวมกัน หาค่าเฉลี่ยที่ได้แต่ละองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาพบว่า อัตราส่วนในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำประปาที่ดีที่สุด คือ น้ำเสีย ต่อ มูลวัว อัตราส่วนหนึ่งต่อหนึ่ง ได้ปริมาณก๊าซสูงสุดถึง 3,429 ลิตร ระยะเวลาในการหมัก 58 วัน มีการจุดติดไฟนาน 171.39 นาที รองลงมาคือ อัตราส่วน น้ำเสียต่อมูลวัว อัตราส่วนสี่ต่อสาม ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพ 1,656 ลิตร ระยะเวลาในการหมัก 46 วัน มีการจุดติดไฟนาน 83.07 นาที และอัตราส่วน น้ำเสียต่อมูลวัว อัตราส่วนสองต่อหนึ่ง ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพ 898 ลิตร ระยะเวลาในการหมัก 29 วัน มีการจุดติดไฟนาน 45.54 นาที ส่วนอัตราส่วนที่มีประสิทธิภาพน้อยที่สุดคือ อัตราส่วน น้ำเสียต่อมูลวัว อัตราส่วนสี่สิบต่อหนึ่ง ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพ 522 ลิตร ระยะเวลาในการหมัก 17 วัน มีการจุดติดไฟนาน 26.55 นาที ตามลำดับ

จากภาพ 2 อัตราส่วน น้ำเสียต่อมูลวัว สี่สิบต่อหนึ่ง ระยะเวลาในการหมัก 17 วัน ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพ 522 ลิตร มีการจุดติดไฟนาน 26.55 นาที

ผลการทดลองที่ 1 อัตราส่วน น้ำเสียต่อมูลวัว อัตราส่วนสี่สิบต่อหนึ่ง แสดงดังภาพ 2

จากภาพ 3 อัตราส่วนน้ำเสียต่อมูลวัว สองต่อหนึ่ง ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพ 898 ลิตร ระยะเวลาในการหมัก 29 วัน มีการจุดติดไฟนาน 45.54 นาที

ผลการทดลองที่ 2 อัตราส่วนน้ำเสียต่อมูลวัว อัตราส่วนสองต่อหนึ่ง แสดงดังภาพ 3

ผลการทดลองที่ 3 อัตราส่วนน้ำเสียต่อมูลวัว อัตราส่วนสองต่อหนึ่ง แสดงดังภาพ 4

จากภาพ 4 อัตราส่วน น้ำเสียต่อมูลวัว อัตราส่วน สี่ต่อสาม ได้ปริมาณก๊าซชีวภาพ 1,656 ลิตร ระยะเวลาใน การหมัก 46 วัน มีการจุดติดไฟนาน 83.07 นาที

จากภาพ 5 อัตราส่วนหนึ่งต่อหนึ่ง ได้ปริมาณก๊าซ สูงสุดถึง 3,429 ลิตร ระยะเวลาในการหมัก 58 วัน มีการ จุดติดไฟนาน 171.39 นาที

ผลการทดลองที่ 4 อัตราส่วนน้ำเสียต่อมูลวัว อัตราส่วนหนึ่งต่อหนึ่ง แสดงดังภาพ 5



(a) Wastewater



(b) Cow manure



(c) Wastewater to ferment tank



(d) pipe line to connect system

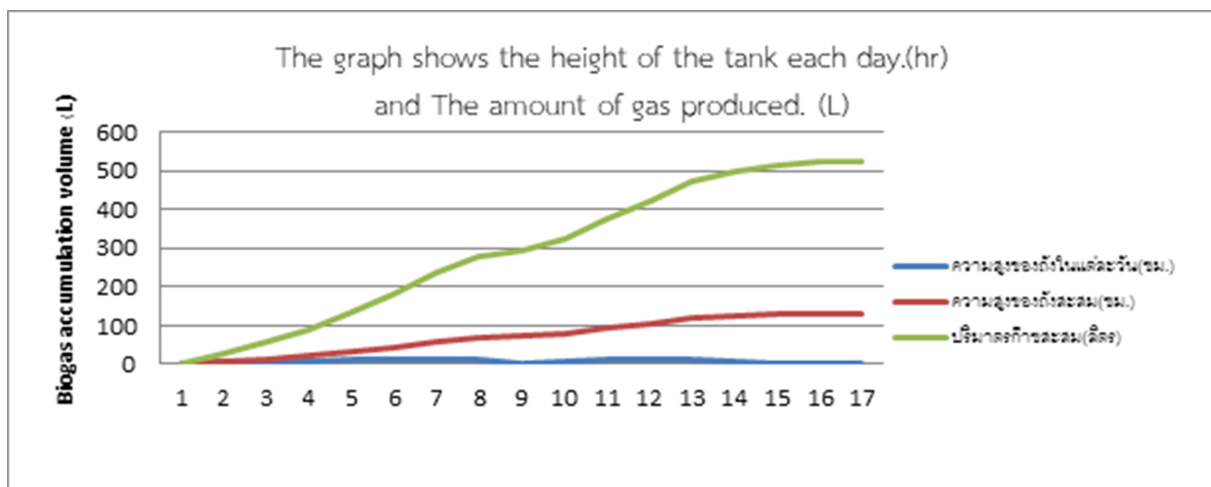


(e) flammable of biogas



(f) gas analyzer

ภาพ 1 Biogas from wastewater treatment system

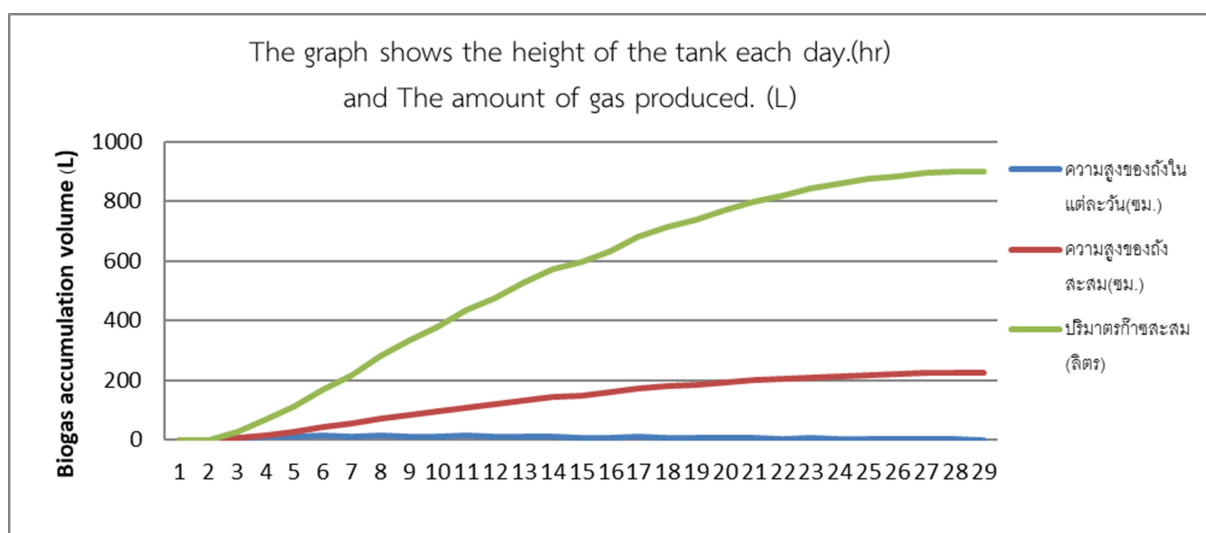


ภาพ 2 The ratio of wastewater to cow manure is forty to one.

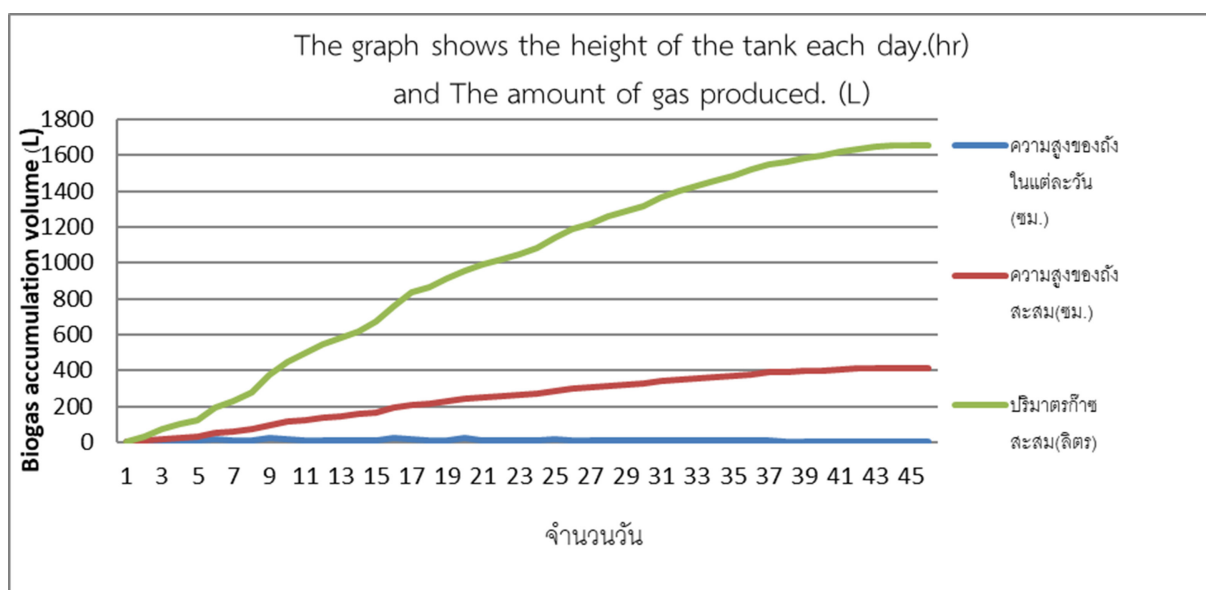
ตาราง 2

Show the ratios in each experiment, the duration of fermentation, and the resulting gas. (Liters)

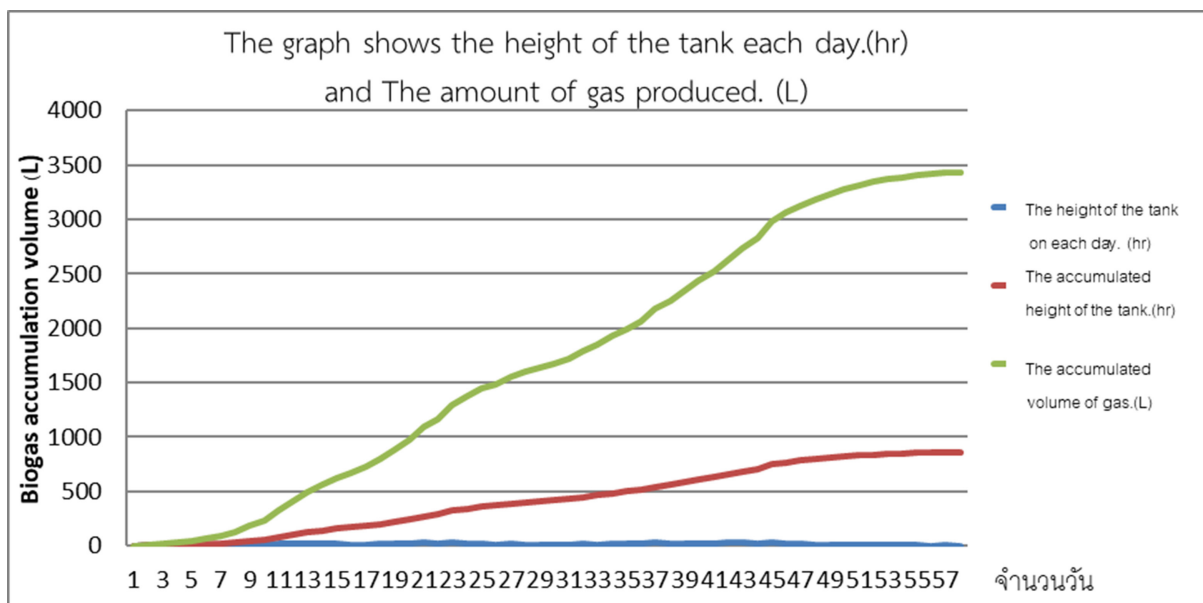
Experiment	Ratios in each experiment				Fermentation period (day)	Biogas yield (L)
	polluted	Cow	molasses	Accelerators		
	water (L)	manure (kg)	(L)	PD.6 (bag)		
1	200	5	10	5	17	522
2	200	100	10	5	29	898
3	200	150	10	5	46	1,656
4	200	200	10	5	58	3,429



ภาพ 3 The ratio of wastewater to cow manure is two to one.



ภาพ 4 The ratio of wastewater to manure is two to one.



ภาพ 5 The ratio of wastewater to manure is one to one.

ตาราง 3

The composition of biogas

Experimentation	The composition of biogas				
	CH ₄ (Vol/Vol)	CO ₂ (Vol/Vol)	O ₂ (Vol/Vol)	Other Gases (Vol/Vol)	H ₂ S (ppm)
1	57.10	25.30	2.50	15.10	250.00
2	57.10	25.50	2.40	15.50	204.00
3	56.90	25.50	2.40	15.20	231.00
4	56.80	25.40	2.40	15.40	242.00
5	56.90	25.40	2.40	15.20	234.00
average	56.96	25.44	2.42	15.28	232.20

การศึกษาองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

จากตารางก๊าซมีเทน (CH₄) มีปริมาณก๊าซสูงสุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 56.96% รองลงมา คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.44% และก๊าซอื่น ๆ (other gases) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.28% ก๊าซออกซิเจน (O₂) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.42% และน้อยที่สุดคือ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 232.20 ppm ตามลำดับ

อภิปรายผลการวิจัย

1. อัตราส่วนที่ดีที่สุดในการหมักระหว่าง น้ำเสียต่อมูลวัว

จากการทดลองทั้ง 4 ชุดทดลองพบว่า เติบโตลงไปมากขึ้น การเกิดก๊าซชีวภาพก็มากขึ้นตามไปด้วย เมื่อสัดส่วนตัวอื่นคงเดิม ไม่ว่าจะเป็น น้ำเสีย กากน้ำตาล และหัวเชื้อสารเร่ง พด.6 ซึ่งใส่ในปริมาณคงเดิม และยังทำให้การหมักเกิดมากขึ้นตามระยะเวลาการหมัก เมื่อใส่น้ำเสีย

200 ลิตร ต่อ มูลวัว 5 กิโลกรัม เกิดก๊าซชีวภาพเพียง 522 ลิตร และระยะเวลาหมักที่เกิดก๊าซชีวภาพเพียง 17 วัน ในขณะที่ใส่น้ำเสีย 200 ลิตร ต่อมูลวัว 200 กิโลกรัม ทำให้เกิดก๊าซชีวภาพมากที่สุด 3,429 ลิตร มีระยะเวลาที่เกิดก๊าซชีวภาพถึง 58 วัน ซึ่งแตกต่างกันอย่างชัดเจน

2. ระยะเวลาการหมักและปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้

จากการทดลองทั้ง 4 ชุดทดลอง พบว่า อัตราส่วนของน้ำเสียต่อมูลวัวมีผลโดยตรงต่อระยะเวลาที่ใช้หมักและส่งผลต่อปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น หากใส่น้ำเสียต่อมูลวัวที่มีสัดส่วนใกล้เคียงกัน ระยะเวลาการหมักและปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้จะมากขึ้นตามไปด้วย การทดลองชุดที่ 1 ใส่น้ำเสีย 200 ลิตร ต่อมูลวัว 5 กิโลกรัม มีระยะเวลาในการหมักที่ทำให้เกิดก๊าซชีวภาพเพียง 17 วัน มีปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น 522 ลิตร การทดลองชุดที่ 4 ใส่น้ำเสีย 200 ลิตร ต่อมูลวัว 200 กิโลกรัม ได้ปริมาณก๊าซสูงสุดถึง 3,429 ลิตร ระยะเวลาในการหมัก 58 วัน ดังนั้น เมื่อใส่มูลวัวเพิ่มมากขึ้นปฏิกิริยาการเกิดก๊าซชีวภาพเกิดมากขึ้นตามไปด้วยและระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาก็นานตามไปด้วย ทั้งนี้ก๊าซที่ได้ปริมาณ 3,429 ลิตร การคำนวณก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร (1,000 ลิตร) มีความร้อน 21 เมกกะจูล ดังนั้นก๊าซชีวภาพ 3,429 ลิตร เท่ากับ 3.429 ลูกบาศก์เมตร สามารถบรรจลงในถังแก๊สได้จำนวน 1.57 กิโลกรัม สอดคล้องกับ Department of Alternative Energy Development and Efficiency (2020) กล่าวว่า ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร (ค่าความร้อน 21 เมกกะจูล) เทียบเท่า ก๊าซหุงต้ม (LPG) 0.46 กิโลกรัม

3. การศึกษาองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

จากการศึกษาองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ พบว่า ก๊าซมีเทน (CH_4) มีปริมาณก๊าซสูงสุดมีค่าเฉลี่ยของก๊าซมีเทนเท่ากับ 56.96% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีปริมาณก๊าซรองลงมามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.44% และก๊าซอื่น ๆ (other gases) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.28% และมีก๊าซออกซิเจน (O_2) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.42% และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) มีปริมาณก๊าซน้อยที่สุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 232.20 ppm. ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าระบบ

ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นเป็นสัดส่วนที่เหมาะสมสำหรับก๊าซชีวภาพโดยทั่วไปเนื่องจากมีก๊าซมีเทนมากที่สุด รองลงมาคือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และระบบไม่มีการรั่วไหลออกสู่ภายนอกจึงทำให้เกิดก๊าซออกซิเจนในปริมาณที่น้อย และการเกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) มีปริมาณก๊าซน้อยที่สุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 232.20 ppm. แสดงให้เห็นว่ากระบวนการหมักเพื่อให้เกิดก๊าซชีวภาพมีประสิทธิภาพดีมาก สอดคล้องกับการศึกษาของ Nararatchporn.N (2018) กล่าวว่าก๊าซชีวภาพจะเกิดในกระบวนการย่อยสลายภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนในถังหมักโดยเฉพาะก๊าซมีเทน (CH_4) ร้อยละ 50-70 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ร้อยละ 30-50 และก๊าซอื่นๆ เช่น แอมโมเนีย (NH_3) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และไอน้ำ

4. การทดสอบระยะเวลาการจุดติดไฟ

ระยะเวลาในการจุดติดไฟนั้นจะทำการทดลองในตอนพลบค่ำ เพราะจะสามารถเห็นเปลวไฟที่เกิดจากก๊าซชีวภาพได้อย่างชัดเจน ซึ่งหากปริมาตรก๊าซที่เก็บกักมีปริมาณมากขึ้นหรือสูง 95 เซนติเมตร จากระดับน้ำในถัง ให้ต่อท่อสายก๊าซชีวภาพเข้ากับเตาแก๊สเพื่อวัดระยะเวลาการจุดติดไฟ เนื่องจากหากสูงกว่า 95 เซนติเมตร ก๊าซชีวภาพจะรั่วออกจากถังเพราะปริมาณเกินขอบถัง ดังนั้นหากจุดไฟที่ระดับความสูงของถัง 95 เซนติเมตร จะบรรจุก๊าซชีวภาพพอดีกับระดับของถังบรรจุก๊าซ จากการทดลองพบว่า เมื่อในถังหมักมีปริมาณน้ำเสียต่อมูลวัวมาก จะส่งผลให้เกิดก๊าซชีวภาพมากขึ้นตามไปด้วย เมื่อปริมาณก๊าซชีวภาพมากย่อมทำให้ระยะเวลาในการจุดติดไฟมากขึ้นไปด้วย

ในการวิจัยครั้งนี้การเกิดก๊าซชีวภาพในปริมาณน้ำเสียที่มีค่าคงที่และมีค่าสูงขึ้นเมื่อเติมมูลวัว ผ่านการหมักเพื่อให้เกิดการย่อยสลายของอินทรีย์ในระยะเวลาที่ยาวนานยิ่งทำให้เพิ่มปริมาณก๊าซชีวภาพ สอดคล้องกับ Department of Alternative Energy Development and Efficiency (2019) ก๊าซชีวภาพเป็นพลังงานสะอาดที่เกิดจากการนำของเสีย เช่น มูลสัตว์ น้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมผ่านกระบวนการหมักเพื่อให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้ออกซิเจน โดยแบคทีเรียหลายชนิดเมื่อสภาวะแวดล้อมเหมาะสม ปริมาณแก๊ส

ชีวภาพที่ได้จากกระบวนการผลิตโดยพื้นฐานจะขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณภาพของของเสียที่ใช้เป็นวัตถุดิบ ปริมาณผลผลิตแก๊สชีวภาพที่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณของสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่ป้อนเข้า ปริมาณแก๊สชีวภาพจะมีค่าสูงก็ต่อเมื่อค่าซีไอดีในน้ำเสียที่ใช้เป็นวัตถุดิบมีค่าสูง

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยเรื่องแก๊สชีวภาพจากบ่อบำบัดน้ำเสียของการผลิตน้ำประปา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม สรุปผลการวิจัยดังนี้

อัตราส่วนในการผลิตแก๊สชีวภาพจากน้ำเสียที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำประปาที่ดีที่สุด คือ น้ำเสีย ต่อมูลวัว อัตราส่วนหนึ่งต่อหนึ่ง ได้ปริมาณแก๊สสูงสุด 3,429 ลิตร ระยะเวลาในการหมัก 58 วัน รองลงมาคือ อัตราส่วนน้ำเสียต่อมูลวัว อัตราส่วนสี่ต่อสาม ได้ปริมาณแก๊สชีวภาพ 1,656 ลิตร ระยะเวลาในการหมัก 46 วัน และอัตราส่วนน้ำเสียต่อมูลวัว อัตราส่วนสองต่อหนึ่ง ได้ปริมาณแก๊สชีวภาพ 898 ลิตร ระยะเวลาในการหมัก 29 วัน ส่วนอัตราส่วนที่มีประสิทธิภาพน้อยที่สุด คือ อัตราส่วนน้ำเสียต่อมูลวัว อัตราส่วนสี่สิบต่อหนึ่ง ได้ปริมาณแก๊สชีวภาพ 522 ลิตร ระยะเวลาในการหมัก 17 วัน

องค์ประกอบของแก๊สชีวภาพ พบว่า มีแก๊สมีเทน (CH_4) มีปริมาณแก๊สสูงสุด (ปริมาตร/ปริมาตร) ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 56.96% รองลงมาคือ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีปริมาณแก๊ส (ปริมาตร/ปริมาตร) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.44% และแก๊สอื่น ๆ (other gases) มีปริมาณแก๊ส (ปริมาตร/ปริมาตร) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.28% และแก๊สออกซิเจน (O_2) มีปริมาณแก๊ส (ปริมาตร/ปริมาตร) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.42% ส่วนแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) มีปริมาณแก๊สน้อยที่สุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 232.2 ppm ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะในการวิจัย

การศึกษาวิจัยเรื่องแก๊สชีวภาพจากบ่อบำบัดน้ำเสียของการผลิตน้ำประปา ในครั้งนี้หากต้องการให้เกิดแก๊สชีวภาพในปริมาณที่มากขึ้นต้องให้สัมผัสกับแสงแดดเนื่องจากหากวันใดที่ฝนตกอากาศเย็นในวันนั้นการผลิตแก๊สจะลดลง ดังนั้นสภาพอากาศซึ่งเป็นปัจจัยภายนอกมีส่วนสำคัญในการทำให้เกิดแก๊สชีวภาพได้



References

- Department of Alternative Energy Development and Energy Conservation. (2009). *Energy conservation*. Bangkok: Ministry of Energy. (in Thai)
- Department of Alternative Energy Development and Efficiency. (2020). *Biogas production from livestock farm and industrial waste*. Retrieved from http://www2.dede.go.th/km_ber/Attach/Biogas-present.pdf. (in Thai)
- Department of Alternative Energy Development and Efficiency. (2019). *Biogas lants*. Retrieved from <http://thaitapiocastarch.makewebeasy.com/customize-การผลิตแก๊สชีวภาพที่ได้จากน้ำเสียในกระบวนการผลิต-28936-1.html>. (in Thai)
- Department of Alternative Energy Development and Energy Conservation. (2012). *The utilization of bioenergy technology*. Bangkok: Ministry of Energy. (in Thai)

- National Research Council of Thailand. (2012). *Guidelines for Evaluating Research Proposals from Government Agencies for the Fiscal Year 2014 Budget, as resolved by the Cabinet*. Bangkok: National Research Council of Thailand (in Thai)
- Nuansawan, N., & Sawatdee, V. (2018). Biogas production from wastewater treatment technology. *The Journal of Industrial Technology*, 14(1), 74-75. (in Thai)

