

การประเมินศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ จากเศษอาหารในครัวเรือน

Evaluation of the Potential of Biogas Production from Household Food Waste

บุญชัย วิจิตรเสถียร¹ วัชรพล วงศ์เลิศอารักษ์^{2*} จรียา ยิ้มรัตนบวร¹
และ วิมลมาศ บุญยั้งยืน²

Boonchai Wichitsathian¹, Watcharapol Wonglertarak^{2*}
Jareeya Yimrattanabavorn¹ and Wimonmas Boonyungyuen²

Received: 12 June 2022

Revised: 10 July 2023

Accepted: 18 September 2023

บทคัดย่อ

เทคโนโลยีการผลิตพลังงานก๊าซชีวภาพเป็นหนึ่งในแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่มีศักยภาพและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากที่สุดเชื้อเพลิงชีวภาพที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้มีบทบาทสำคัญในการลดความกังวลที่เกี่ยวข้องกับความต้องการพลังงานและปัญหาขยะอาหารที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วโดยในปัจจุบันงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารในครัวเรือนซึ่งใช้การทดสอบแบบ Biochemical Methane Potential (BMP) เป็นการทดลองหาศักยภาพในการผลิตก๊าซมีเทนของของเสียโดยเป็นการศึกษาผลของอัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์ (F/M ratio) เท่ากับ 0.125, 0.167, 0.208, 0.250 d⁻¹ จากผลการศึกษาพบว่า F/M ratio เท่ากับ 0.25 d⁻¹ มีประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งทั้งหมดและซีโอดีสูงสุดที่ร้อยละ 74.71 และ 84.38 โดยมีค่าอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพและอัตราการเกิดก๊าซมีเทนเท่ากับ 15.43

¹ สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา ประเทศไทย 30000

¹ School of Environmental Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand 30000

² สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและการจัดการภัยพิบัติ มหาวิทยาลัยมหิดลวิทยาเขตกาญจนบุรี กาญจนบุรี ประเทศไทย 71150

² Environmental Engineering and Disaster Management Program, Mahidol University Kanchanaburi campus, Kanchanaburi, Thailand 71150

*ผู้พันธ์ประสานงาน (Corresponding author) e-mail: w_watcharapol@hotmail.com

และ 6.64 ลิตรต่อวัน เพื่อพิจารณาปริมาณก๊าซชีวภาพต่ออัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์พบว่ามีความเท่ากัน 73.25 ลิตรต่อกิโลกรัมของของแข็งทั้งหมดที่ถูกกำจัด (L/Kg TS_{remove})

คำสำคัญ: การจัดการขยะเศษอาหาร การย่อยสลายแบบแอนแอโรบิก ก๊าซชีวภาพ

ABSTRACT

Biogas power generation technology is one of the most viable and environmentally friendly renewable energy sources. This renewable biofuel plays a key role in reducing concerns associated with today's rapidly increasing energy demand and food waste. This research aims to study the optimum conditions for biogas production from household food waste. The Biochemical Methane Potential (BMP) test was used to determine the potential for methane production. It is a study of the effect of F/M ratio equal to 0.125, 0.167, 0.208, 0.250 d⁻¹. From the study results, it was found that the F/M ratio equal to 0.25 d⁻¹ had the highest total solids removal efficiency and COD at 74.71% and 84.38% with biogas generation rate and methane generation rate equal to 15.433 and 6.64 liters per day. To consider the amount of biogas per organic degradation rate, it was found that it was 73.25 L/Kg TS_{remove}

Keywords: Food Waste Management; Anaerobic Digestion Process; Biogas

บทนำ

ประเทศไทยมีปริมาณขยะมูลฝอยเพิ่มขึ้นทุกปีมีรายงานว่ามีปริมาณขยะมูลฝอยกว่า 25.70 ล้านตันโดยมีอัตราการเกิดขยะมูลฝอยคิดเป็น 1.07 กิโลกรัม/คน/วัน ซึ่งจากรายงานปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นมีขยะมูลฝอยประเภทเศษอาหารมากถึงร้อยละ 64 โดยเฉพาะในพื้นที่กรุงเทพมหานคร [1] และจากข้อมูลสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) ได้รับความร่วมมือจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้ง 5 ภาคส่วน ได้แก่ ภาคพลังงาน ภาคกระบวนการอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ ภาคเกษตร ภาคการใช้ประโยชน์ที่ดิน และป่าไม้ และภาคของเสีย ในการรายงานข้อมูลกิจกรรม (Activity Data: AD) สำหรับใช้ในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยพบว่าสำหรับประเทศไทยในปี 2562 สำหรับภาคส่วนของการจัดการของเสียมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณ 16,877 เมกะตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Mt CO_{2eq}) [2] โดยที่ขยะเศษอาหารเกิดจากพฤติกรรมบริโภคจากการใช้ชีวิตตามปกติของมนุษย์ ทั้งนี้เนื่องมาจากสังคมแห่งการบริโภคเทคโนโลยีและนวัตกรรมการผลิตอาหารที่สามารถผลิตอาหารออกมาได้อย่างมากมายและพฤติกรรม “กินทิ้งกินขว้าง” จน 1 ใน 3 หรือประมาณ 1,300 ล้านตันของอาหารเหล่านั้นกลายเป็นขยะซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม [2] ทำให้เกิดภาวะเรือนกระจกและสิ้นเปลืองทรัพยากรธรรมชาติทั้ง ดิน น้ำ ที่ใช้ในการเพาะปลูกโดยไม่จำเป็น โดยปกติแล้วการกำจัดขยะอาหารสามารถทำได้หลายวิธีเราสามารถลดของเสียดังกล่าวได้จากการนำไปทำเป็นอาหารสัตว์ แปรรูปกลับคืนไปเป็นปุ๋ยบำรุงหน้าดิน การนำขยะอาหารไปฝังกลบรวมกับขยะประเภทอื่นๆ

ในหลุมฝังกลบเป็นวิธีการกำจัดที่ควรหลีกเลี่ยง เพราะจากการย่อยสลายที่จะเกิดก๊าซมีเทนซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจก 1 ใน 6 ชนิดที่ก่อให้เกิดปัญหาโลกร้อนหรือภาวะเรือนกระจก (Green House Effect) มีศักยภาพทำให้โลกร้อนเป็น 25 เท่าของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ [2] นอกจากนี้ขยะอาหารยังมีปัญหาเรื่องของกลิ่นรบกวนและเป็นแหล่งเพาะเชื้อโรคมามากมายและหากจัดการไม่ถูกวิธีก็จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างหลีกเลี่ยงมิได้ อีกวิธีหนึ่งก็คือ นำขยะอาหารไปใช้เป็นพลังงานทดแทนในการผลิตก๊าซชีวภาพ

เทคโนโลยีการผลิตพลังงานก๊าซชีวภาพเป็นหนึ่งในแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่มีศักยภาพและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม [3] เชื้อเพลิงชีวภาพที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้มีบทบาทสำคัญในการลดความกังวลที่เกี่ยวข้องกับความต้องการพลังงานและปัญหาขยะอาหารที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยในปัจจุบันระบบบำบัดที่ได้รับความนิยมได้แก่ ระบบบำบัดทางชีวภาพแบบไม่ใช้อากาศ ซึ่งเป็นระบบที่สามารถรองรับปริมาณสารอินทรีย์ที่สูงได้และมีประสิทธิภาพสูง อีกทั้งยังได้ก๊าซชีวภาพในการนำไปใช้เป็นพลังงานหมุนเวียนได้อีกด้วย การผลิตก๊าซชีวภาพจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้อากาศภายในระบบปิดหรือภาชนะปิดการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Digestion, AD) ของสารอินทรีย์ [3] สำหรับกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบบำบัดที่ไม่ใช้อากาศสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอนได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 การย่อยอินทรีย์สารโมเลกุลใหญ่ (Hydrolysis) ให้เป็นสารอินทรีย์โมเลกุลขนาดเล็ก ขั้นตอนที่ 2 การสร้างกรด (Acidogenesis) เป็นขั้นตอนการเปลี่ยนสารอินทรีย์โมเลกุลเล็กให้กลายเป็นกรดอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile fatty acid) ขั้นตอนที่ 3 การเปลี่ยนกรดอินทรีย์ระเหยง่ายเป็นกรดอะซิติก (Acetogenesis) ขั้นตอนที่ 4 การสร้างมีเทน (Methanogenesis) เป็นขั้นตอนการเปลี่ยนกรดอะซิติกให้กลายเป็นมีเทน [3-7] ดำเนินการโดยใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายก๊าซชีวภาพเป็นส่วนผสมของก๊าซหลายชนิดเช่นก๊าซมีเทน (CH_4), คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), ไอน้ำจำนวนเล็กน้อย (H_2O), ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S), ไฮโดรเจน (H_2) และไฮโดรเจน ในปัจจุบันเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์จากแก๊สชีวภาพที่ได้รับจากกระบวนการผลิตจะนำแก๊สชีวภาพไปเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สันดาปภายในเพื่อผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าหรือใช้แทนก๊าซหุงต้มตามบ้านเรือน เป็นต้น โดยในการศึกษาที่ผ่านมาได้มีการนำของเสียที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่าง ๆ มาผลิตแก๊สชีวภาพโดยใช้ระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศด้วยกันหลายประเภท เช่น เปลือกข้าว ข้าวฟ่าง หรือแม้แต่ขยะอินทรีย์จากบ้านเรือน เป็นต้น โดยของเสียดังกล่าวมีความสามารถในการผลิตแก๊สชีวภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยเหตุนี้ในการศึกษาค้นคว้าจึงได้สนใจที่จะนำขยะเศษอาหารมาประเมินศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาอัตราส่วนของเศษอาหารต่อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารในครัวเรือน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาลักษณะเศษอาหารที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาในขั้นตอนนี้จะทำการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของขยะเศษอาหารที่เกิดขึ้นโดยจะทำการวิเคราะห์ค่าความชื้นค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของแข็งทั้งหมดของแข็งระเหยง่ายซีโอดี เป็นต้นเพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการนำขยะดังกล่าวมาใช้งานวิจัยสำหรับในงานวิจัยนี้จะทำการเก็บตัวอย่างขยะเศษอาหารจากโรงอาหารภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. ศึกษาศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพด้วยวิธี Biochemical Methane Potential (BMP)

การทดสอบแบบ Biochemical Methane Potential (BMP) เป็นการทดสอบหาศักยภาพในการผลิตก๊าซมีเทนของของเสียที่นำมาบำบัดด้วยระบบแบบไม่ใช้ออกซิเจนและหาประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ในระบบแบบ

ไม่ใช้ออกซิเจนจากตัวอย่างเศษอาหารที่เก็บตัวอย่างจากโรงอาหารได้แก่อาหารที่เหลือทานจากนักศึกษาเปลือกผลไม้เป็นต้นก่อนทดลองได้นำเศษอาหารมาปั่นละเอียดแล้วนำมาหาความสามารถในการผลิตก๊าซชีวภาพในช่วงแก้วไซขนาด 600 ml ทำการหมักเป็นระยะเวลา 30 วัน (ทำซ้ำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ) โดยมีการวัดก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นโดยหลักการแทนที่ของน้ำและมีการวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพด้วยเครื่อง Gas Detector จากนั้นแสดงในรูปของปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นทั้งหมดต่อกรัมซีโอดีหรือกรัม VS ของเสียที่ป้อนเข้าไปค่า BMP ที่ได้จะแสดงถึงศักยภาพในการผลิตมีเทนสูงสุดของของเสียโดยศึกษาผลของ F/M ratio เท่ากับ 0.125, 0.167, 0.208, 0.250 d⁻¹

ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์ลักษณะของเสียที่เข้าและออกจากระบบ BMP Test (Biochemical Methane Potential)

ในการทดลองเพื่อหาปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพและก๊าซมีเทนของขยะเศษอาหารจากครัวเรือนที่นำมาจากโรงอาหารภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีทางผู้จัดทำได้เลือกใช้อัตราส่วนของเศษอาหารต่อจุลินทรีย์ 4 อัตราส่วนที่ F/M ratio 0.125, 0.167, 0.208, 0.250 d⁻¹ ซึ่งเป็นลักษณะของเสียที่เข้าและออกจากระบบดังที่แสดงตามตารางที่ 1 ที่อัตราส่วน F/M ratio 0.125, 0.167, 0.208, 0.250 d⁻¹ ค่าพารามิเตอร์ที่ได้ทำการวิเคราะห์ที่เข้าระบบและออกจากระบบที่ระยะเวลาในการทดลอง 30 วันค่า pH ที่เข้าระบบอยู่ในช่วง 6.90 – 6.97 ค่า pH ที่ออกจากระบบอยู่ในช่วง 7.56 – 7.63 ปริมาณ Alkalinity ความสามารถในการรองรับกรดเพื่อให้ระบบมีสภาวะที่เหมาะสมกับจุลินทรีย์กลุ่มผลิตก๊าซชีวภาพจึงต้องมีการควบคุมซึ่ง Alkalinity ที่เข้าระบบอยู่ในช่วง 550 – 725 mg/l as CaCO₃ ออกจากระบบอยู่ในช่วง 24,000 – 27,000 mg/l as CaCO₃ สำหรับปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Fatty Acid, VFA) ที่เข้าระบบอยู่ในช่วง 2,181.82 – 4,051.95 mg/l ออกจากระบบอยู่ในช่วง 272.73 – 818.18 mg/l จุลินทรีย์กลุ่มสร้างกรดจะใช้ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการ Hydrolysis เพื่อผลิตกรดอินทรีย์ระเหยง่าย (VFA) กรดไขมันระเหยง่ายที่ได้จากกระบวนการสร้างกรดจะถูกแบคทีเรียอะซิโตจีนิค (Acetogenic bacteria) เปลี่ยนให้เป็นกรดอะซิติกกรดฟอร์มิกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไฮโดรเจนซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญในการสร้างก๊าซมีเทนปฏิกิริยานี้มีความสำคัญเนื่องจากการสะสมของกรดไขมันระเหยง่ายซึ่งการสะสมของกรดไขมันในปริมาณสูงสามารถยับยั้งกระบวนการสร้างก๊าซมีเทนได้ ปริมาณ COD ที่เข้าระบบอยู่ในช่วง 6,400 – 8,000 mg/l COD ที่ออกจากระบบอยู่ในช่วง 200 – 1,000 mg/l ปริมาณซีโอดีละลายน้ำ (Soluble COD) ที่เข้าระบบอยู่ในช่วง 866.67 – 1,666.67 mg/l ที่ออกจากระบบอยู่ในช่วง 61.30 – 101.00 mg/l ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid, TS) ที่เข้าระบบอยู่ในช่วง 5,320 – 6,060 mg/l ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ออกจากระบบอยู่ในช่วง 1,690 – 1,533 mg/l ปริมาณของแข็งระเหยง่าย (Total Volatile Solid, TVS) ที่เข้าระบบอยู่ในช่วง 4,425 – 5,325 mg/l ปริมาณของแข็งระเหยง่ายที่ออกจากระบบอยู่ในช่วง 592.5 – 588 mg/l ปริมาณ SCOD/COD ที่เข้าระบบอยู่ในช่วง 0.135 – 0.260 ที่ออกจากระบบอยู่ในช่วง 0.061 – 0.347 ปริมาณ TVS/TS ที่เข้าระบบอยู่ในช่วง 0.766 – 0.977 และที่ออกจากระบบอยู่ในช่วง 0.287 – 0.383

2.ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ของเศษอาหาร

จากรูปที่ 1 การวิเคราะห์ลักษณะของเสียที่เข้าระบบปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS), ปริมาณของแข็งระเหยง่าย (TVS) และปริมาณค่า COD ที่เข้าระบบในการทดลองอยู่ในช่วง 5,320 – 6,060 mg/l, 4,425 – 5,325 mg/l, 6,400 – 8,000 mg/l ตามลำดับจากกราฟแสดงประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์จะเห็นว่าที่อัตราส่วน F/M เท่ากับ 0.125, 0.167, 0.208, 0.250 d⁻¹ ซึ่งมีประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งทั้งหมด (TS) เท่ากับร้อยละ 68.35, 69.82, 70.86, 74.71 ตามลำดับ ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งระเหยง่าย (TVS) เท่ากับร้อยละ 86.61, 89.39, 90.31, 87.35 ตามลำดับและประสิทธิภาพการกำจัด COD เท่ากับร้อยละ 90.63, 84.38, 97.50, 84.38 ตามลำดับจะเห็นได้ว่าที่ F/M เท่ากับ 0.208 d⁻¹ มีประสิทธิภาพการกำจัด COD และของแข็งระเหยง่าย (TVS) สูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 97.50 และ 90.31 ตามลำดับที่ F/M เท่ากับ 0.25 d⁻¹ มีประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งทั้งหมด สูงสุดที่ร้อยละ 74.71

Table 1 Characteristics of waste entering and exiting the BMP (Biochemical Methane Potential)

Test system		F/M (d ⁻¹)			
Parameter		0.125 (N=3)	0.167 (N=3)	0.208 (N=3)	0.250 (N=3)
pH	Inlet	6.90	6.91	6.90	6.97
	Outlet	7.57	7.56	7.58	7.63
Alkalinity (mg/l as CaCO ₃)	Inlet	725	600	600	550
	Outlet	25,500	25,500	24,000	27,000
VFA (mg/l)	Inlet	4,051.95	2,181.82	2,337.66	2,883.12
	Outlet	623.38	818.18	272.73	428.57
COD (mg/l)	Inlet	6,400.00	6,400.00	8,000.00	6,400.00
	Outlet	600.00	1,000.00	200.00	1,000.00
SCOD (mg/l)	Inlet	866.67	1,666.67	1,466.67	1,666.67
	Outlet	101.00	77.30	69.33	61.30
Total solids, TS (mg/l)	Inlet	5,340	5450	5,320	6,060
	Outlet	1,690	1645	1,550	1,533
Total volatile solids, TVS (mg/l)	Inlet	4,425	5,325	4,590	4,642
	Outlet	592.5	565	445	588
SCOD/COD	Inlet	0.135	0.260	0.183	0.260
	Outlet	0.168	0.077	0.347	0.061
TVS/TS	Inlet	0.829	0.977	0.863	0.766
	Outlet	0.351	0.343	0.287	0.383

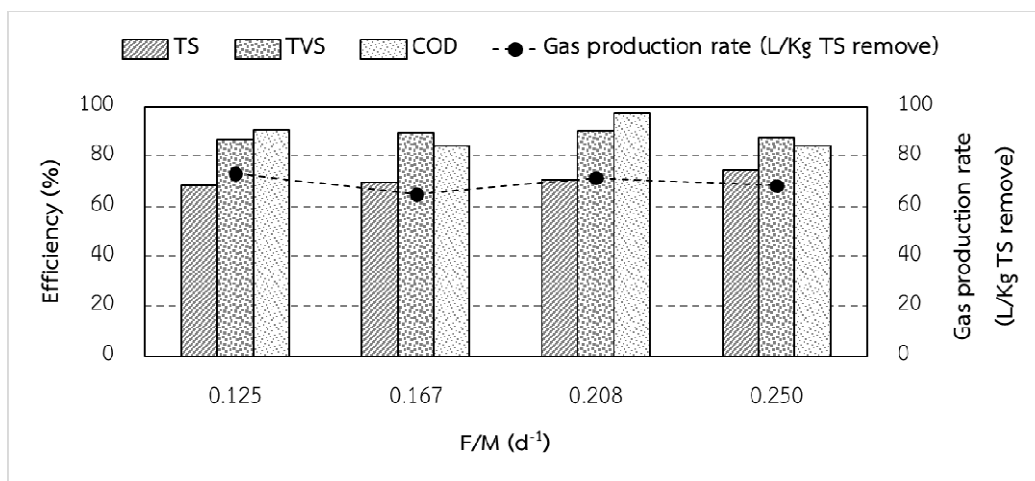


Figure 1 Shows the efficiency of removing organic substances and the rate of biogas generation per solids removed from the BMP Test

3.ปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพสะสมจากการย่อยสลาย

จากรูปที่ 2 พบว่าปริมาณอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะเศษอาหารที่อัตราส่วน F/M ratio 0.125, 0.167, 0.208 และ 0.25 d^{-1} ตามลำดับที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ อย่างต่อเนื่องในช่วงระยะเวลาการหมัก 15 วันแรกและเริ่มคงที่เมื่อระยะเวลาการหมักมากกว่า 15 วัน โดยที่อัตราส่วน F/M ratio เท่ากับ 0.125 d^{-1} มีอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพสูงสุดที่ 73.25 $\text{L/Kg TS}_{\text{remove}}$ รองลงมาที่อัตราส่วน F/M ratio เท่ากับ 0.208 d^{-1} มีอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพที่ 71.47 $\text{L/Kg TS}_{\text{remove}}$ ที่อัตราส่วน F/M ratio เท่ากับ 0.25 d^{-1} ซึ่งมีอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพที่ 68.17 $\text{L/Kg TS}_{\text{remove}}$ และที่อัตราส่วน F/M ratio เท่ากับ 0.167 d^{-1} มีอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพต่ำสุดที่ 64.91 $\text{L/Kg TS}_{\text{remove}}$

จากตารางที่ 2 พบว่าอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพสะสมของขยะเศษอาหารที่อัตราส่วน F/M ratio เท่ากับ 0.125, 0.167, 0.208 และ 0.250 d^{-1} ตามลำดับเกิดก๊าซชีวภาพสะสมเท่ากับ 13.368, 12.349, 13.473 และ 15.433 L/day ตามลำดับโดยเกิดก๊าซมีเทนเท่ากับ 5.49, 5.33, 6.01 และ 6.64 L/day ตามลำดับ อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพอยู่ที่ 73.25, 64.91, 71.47 และ 68.17 $\text{L/Kg TS}_{\text{remove}}$ ซึ่งที่อัตราส่วน F/M ratio เท่ากับ 0.125 d^{-1} มีอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพสูงสุดที่ 73.25 $\text{L/Kg TS}_{\text{remove}}$ โดยองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ทำการวัดด้วยเครื่อง Gas Detector ทำให้ทราบสัดส่วนก๊าซมีเทนเท่ากับร้อยละ 41.1, 43.2, 44.6 และ 43.0 ตามลำดับ สัดส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับร้อยละ 17.1, 19.3, 20.7 และ 19.7 ตามลำดับ สำหรับสัดส่วนก๊าซออกซิเจนเท่ากับร้อยละ 10.0, 9.7, 11.4 และ 9.4 ตามลำดับและปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เท่ากับ 130, 80, 130 และ 190 ppm ตามลำดับ

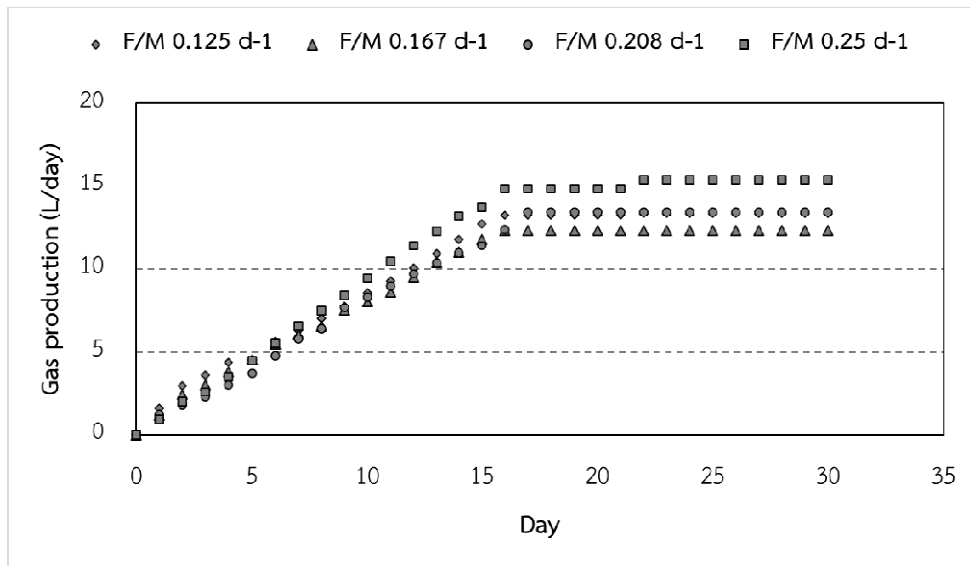


Figure 2 Biogas generation rate from BMP Test

Table 2 Biogas generation rate and proportion of biogas components

Parameter F/M (d ⁻¹)	Value			
	0.125	0.167	0.208	0.250
Biogas				
Gas production (L/day)	13.368	12.349	13.473	15.433
Methane production (L/day)	5.49	5.33	6.01	6.64
Gas production rate (L/Kg TS _{remove})	73.25	64.91	71.47	68.17
CH ₄ (%)	41.1	43.2	44.6	43.0
CO ₂ (%)	17.1	19.3	20.7	19.7
O ₂ (%)	10.0	9.7	11.4	9.4
H ₂ S (ppm)	130	80	130	190

จากงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาค้นคว้าในออกแบบการทดลอง ขนาดถังปฏิกรณ์ ระยะเวลาการทดลอง และ สารตั้งต้นที่ใช้ในการทดลองนั้นแตกต่างกัน เช่น เปลือกและพัลพ์สับประรด เศษอาหารร่วมกับน้ำเสียจาก กระบวนการผลิตกระดาษ เศษอาหารร่วมกับหญ้าแฝก เป็นต้น จากตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าการใช้ Substrate ขนาดถัง reactor ระยะเวลาเก็บเก็บและ pH ที่ต่างกัน ซึ่งศึกษาผลการผลิตก๊าซชีวภาพของคณะผู้จัดทำมี ศักยภาพการผลิตก๊าซ เท่ากับ 73.25-64.91 L/kg TS_{remove} ซึ่งมีศักยภาพการเกิดก๊าซชีวภาพน้อยกว่า ปารินดา

และมยุรา [8] ที่ใช้เศษอาหารร่วมกับหญ้าแฝกเป็น Substrate มีศักยภาพการผลิตก๊าซเท่ากับ 300 L/kg VS เนื่องจากระยะเวลาที่เก็บมากกว่าทางคณะผู้วิจัย และเป็นการหมักเศษอาหารร่วมกับหญ้าแฝกจึงส่งผลให้มีสารอินทรีย์ที่ใช้อยู่สลายมากกว่าคณะผู้จัดทำ สำหรับงานวิจัยของ [9] มีศักยภาพการเกิดก๊าซชีวภาพ เท่ากับ 61.33 - 60.04 L/kg VS และคณะผู้จัดทำมีศักยภาพการเกิดก๊าซชีวภาพ เท่ากับ 73.25-64.91L/kg TS_{remove} ซึ่งมีศักยภาพการเกิดก๊าซชีวภาพมากกว่าของงานวิจัยของอวิสดา [9] เนื่องจากระยะเวลาที่เก็บของคณะผู้จัดทำมากกว่า ซึ่งส่งผลให้จุลินทรีย์เกิดกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพมากกว่า และมีประสิทธิภาพการกำจัด COD ได้มากกว่า และจากงานวิจัยของนิตดา [10] ศักยภาพการเกิดก๊าซชีวภาพ เท่ากับ 0.43 L/Kg VS และคณะผู้จัดทำมีศักยภาพการเกิดก๊าซชีวภาพ เท่ากับ 73.25-64.91 L/kg TS remove ซึ่งศักยภาพการเกิดก๊าซชีวภาพของคณะผู้จัดทำมากกว่า เนื่องจาก pH ในงานวิจัยของนิตดา [10] ไม่อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อจุลินทรีย์ เพราะการควบคุม pH ที่เหมาะสมในช่วง 6.8 - 7.2 จะมีผลต่อจุลินทรีย์ในกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนซึ่งมีผลต่อกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

Table 3 Compare the potential of biogas production from food waste

Substrate	pH	Potential of biogas production	COD removal (%)	HRT (day)	Reference
food waste	6.6 - 6.73	61.33 – 60.04 L/Kg VS	45.76-60.42	10 - 25	[9]
food waste	6 - 8	0.43 L/Kg VS	66.57-92.58	1 - 46	[10]
food waste with vetiver grass	7.26-7.06	300L/Kg VS	89	60	[8]
food waste	6.90 – 7.63	64.91 – 73.25 L/Kg TS remove	84.38 -97.50	30	This research

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์ลักษณะของเสียที่เข้าระบบปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS), ปริมาณของแข็งระเหยง่าย (TVS) และปริมาณค่าซีโอดี (COD) ที่เข้าระบบจากกราฟแสดงประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ จะเห็นได้ว่าที่อัตราส่วน F/M ratio เท่ากับ 0.125, 0.167, 0.208 และ 0.250 d⁻¹ จะเห็นได้ว่าที่ F/M ratio เท่ากับ 0.208 d⁻¹ มีประสิทธิภาพการกำจัด COD และของแข็งระเหยง่าย (TVS) สูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 97.50 และ 90.31 ตามลำดับ ที่ F/M ratio เท่ากับ 0.25 d⁻¹ มีประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งทั้งหมดสูงสุดร้อยละ 74.71 สำหรับค่าอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพและค่าอัตราการเกิดก๊าซมีเทนโดยทำการหาสัดส่วนขององค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นพบว่า อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพสะสมของขยะเศษอาหารที่อัตราส่วน F/M ratio เท่ากับ 0.125, 0.167, 0.208 และ 0.250 d⁻¹ เกิดก๊าซชีวภาพสะสมเท่ากับ 13.368, 12.349, 13.473 และ 15.433 L/day ตามลำดับ โดยเกิดก๊าซมีเทนเท่ากับ 5.49, 5.33, 6.01 และ 6.64 L/day ตามลำดับ อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพอยู่ที่ 73.25, 64.91,

71.47 และ 68.17 L/Kg TS_{remove} ซึ่งที่อัตราส่วน F/M ratio เท่ากับ 0.125 d^{-1} มีอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพสูงสุดที่ 73.25 L/Kg TS_{remove} โดยองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ทำการวัดด้วยเครื่อง Gas Detector ทำให้ทราบสัดส่วนก๊าซมีเทนเท่ากับร้อยละ 41.1, 43.2, 44.6 และ 43.0 ตามลำดับ สัดส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับร้อยละ 17.1, 19.3, 20.7 และ 19.7 ตามลำดับ สัดส่วนก๊าซออกซิเจนเท่ากับร้อยละ 10.0, 9.7, 11.4 และ 9.4 ตามลำดับและปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เท่ากับ 130, 80, 130 และ 190 ppm ตามลำดับ โดยจากผลงานวิจัยดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเดินระบบสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารในระดับที่มีขนาดใหญ่ขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.บุญชัย วิจิตรเสถียร อาจารย์ที่ปรึกษา แนะนำแนวทางอันเป็นประโยชน์ทั้งทางด้านวิชาการและด้านการทำวิจัยจนทำให้บทความฉบับนี้มีความสมบูรณ์ และขอขอบคุณ นางสาวสุวิมลย์ แรกงานเหนือ นายวชิรวิชญ์ เหลาเก็มอึ้ง นางสาวบันดดา รัตนวงศ์ นักศึกษาที่มิวิจัยที่คอยช่วยเหลือในการทดลองครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วง งานวิจัยนี้ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (รหัสโครงการ NRIIS 4284696)

References

- [1] Pollution Control Department. (2023). *Report on the situation of solid waste disposal sites in Thailand 2022*. Bangkok: Ministry of Natural Resources and Environment. (in Thai)
- [2] Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. (2019). *Thailand Fourth Biennial Update Report*. Bangkok: Ministry of Natural Resources and Environment. (in Thai)
- [3] Department of Industrial Works. (2002). *Water Pollution Treatment Systems*. Bangkok: Environmental Engineering Association of Thailand. (in Thai)
- [4] Liu, G., et al. (2009). Effect of feed to inoculum ratios on biogas yields of food and green wastes. *Bioresource Technology*, 100(21), 5103-5108.
- [5] Muenjee, J. (2010). *Biogas production from piggery wastewater by Co-digesting with napier grass and food waste by ASBR*, (Master thesis, Chiangmai University). (in Thai)
- [6] Turajane, S. (2001). *Enhancing Methane Production of Fruit and Vegetable Waste Using Dry Anaerobic Digestion with Leachate Recirculation*, (Master thesis, King Mongkuts University of Technology Thonburi). (in Thai)
- [7] Khummin, W. (2001). *Biogas production from high solid food waste using 2 stage anaerobic fixed film with recirculation system*, (Master thesis, King Mongkuts University of Technology Thonburi). (in Thai)

Research Article

Journal of Advanced Development in Engineering and Science

Vol. 13 • No. 38 • September - December 2023

- [8] Suksabye, P & Srikanlayanukul, M. (2017). Potential for biogas production from food scraps combined with vetiver grass. In *The 5th Higher Education Research Promotion Congress V* (p. BD-179). 2-4 March, 2017, Udon Thani, Thailand. (in Thai)
- [9] Chalanuwat, A. (2002). *Influence of Hydraulic Retention Time and Loading Rate of Organic Matters on Biogas Production From Food Waste*, (Master thesis, King Mongkuts Institute of Technology Ladkrabang). (in Thai)
- [10] Sawasdipong, N., et al. (2015). *The Study on the Possibility of Enhancing the Biogas Production from Garbage through Fermentation Technology. Case Study: The Campus Kitchen at Suan Dusit Rajabhat University* (Research reports). Bangkok: Suan Dusit Rajabhat University. (in Thai)