ก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารโดยกระบวนการหมักแบบไร้ออกซิเจน

Biogas Production from Food Waste by Anaerobic Digestion

วัฒนณรงค์ มากพันธ์[1*] อุดม ทิพย์รักษ์[1] ทศพล แสนศรี[2] ศักดินันท์ แก้วดำ[2] และ วรรธนศักดิ์ สุขสง[3]

Wattananarong Markphan[1*] Udom Tipruk[1] Totsaphon Sansee[2] Sakdinan Kaewdam[2] and Wantanasak Suksong[3]

[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

[2]นักศึกษา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

[3]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[1] Lecturer, Major in Environmental Science, Faculty of Science and Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

[2] Undergraduate Major of Environmental Science, Faculty of Science and Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

[3] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi

*E-mail: Wattananarong@gmail.com

Received: Mar 01, 2020

Revised: Aug 17, 2020

Accepted: Aug 20, 2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณก๊าซชีวภาพจากเศษอาหาร 3 ประเภท ได้แก่ โปรตีน (เนื้อสัตว์), วิตามิน (ผักผลไม้) และคาร์โบไฮเดรต (ข้าว) ในชุดถังหมักขนาด 20 ลิตร ดังนี้ ถังหมักโปรตีน ถังหมักวิตามิน และถังหมักคาร์โบไฮเดรต ทำการศึกษาก๊าซชีวภาพจากเศษอาหาร โดยกระบวนการหมักแบบไร้ออกซิเจน ระยะเวลาทดลอง 42 วัน ที่อุณหภูมิแวดล้อมปกติ ซึ่งก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นถูกเก็บไว้ในถังเก็บก๊าซ วัดปริมาตรก๊าซด้วยการแทนที่น้ำ และนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบก๊าซชีวภาพด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography : GC) ผลการศึกษา พบว่า ถังหมักที่ให้ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ดีที่สุด คือ ถังหมักโปรตีน (เนื้อสัตว์: มูลสุกร : กากน้ำตาล : น้ำ) อัตราส่วนระหว่าง 3:1:1:10 โดยปริมาตร ซึ่งให้ปริมาณก๊าซชีวภาพมากที่สุด 8.8077×10^{-4} ลูกบาศก์เมตร และมีองค์ประกอบก๊าซมีเทนเฉลี่ย 13.70 เปอร์เซ็นต์ ถือได้ว่าเศษอาหาร เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถสร้างพลังงานในรูปของก๊าซมีเทน (CH_4) ได้

คำสำคัญ : ก๊าซชีวภาพ เศษอาหาร พลังงานทดแทน โปรตีน

Abstract

This research studied the biogas production of food waste (protein, vitamin, carbohydrates). Twenty liters of protein, vitamin, carbohydrates waste in 3 cylinder tanks were tested for biogas production using anaerobic digestion. The process took 42 days and the waste was left at environment temperature. Then the generated biogas was stored in a biogas tank. The measurement of gas volume replaced by water and biogas compositions were analyzed by Gas Chromatography (GC). The results revealed the best ratio of cylinder tank: Protein (meat: pig dung: molasses: water) strawed of 3:1:1:10 by volume. While the maximum biogas was 8.8077×10-4 cubic meters with an average of methane of 13.7 %. Therefore, the biogas of food waste is another option that can generate energy in the form of methane (CH4).**Keyword:** biogas**,** food waste, renewable energy, protein

1. บทนำ

ก๊าซชีวภาพ เป็นสสารที่อยู่ในรูปของก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ทั้งซากพืช ซากสัตว์และของเสียจากสัตว์ รวมถึงขยะมูลฝอยที่เป็นขยะอินทรีย์ โดยกระบวนการหมักแบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) ก๊าซชีวภาพสามารถเกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติถ้ามีสภาพที่เหมาะสมหรือเกิดในระบบผลิตก๊าซชีวภาพที่สร้างขึ้น การผลิตก๊าซชีวภาพขยะอินทรีย์ เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่นิยม ซึ่งนอกจากเป็นการกำจัดขยะแล้วยังทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ เพื่อทดแทนพลังงานเชื้อเพลิง ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้ เป็นอีกทางเลือกที่จะช่วยลดปริมาณขยะมูลฝอยในปัจจุบัน ซึ่งปัญหาการจัดการขยะมูลฝอยเป็นปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมที่ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องเล็งเห็นความสำคัญ และจำเป็นจะต้องร่วมมือกันแก้ไขปริมาณขยะมูลฝอยที่มากขึ้น ในขณะที่วิธีการและสถานที่ในการกำจัดขยะมูลฝอยส่วนใหญ่ยังไม่ถูกหลักสุขาภิบาล และประสิทธิภาพของหน่วยงานที่รับผิดชอบในการจัดเก็บขยะมูลฝอยแต่ละวันยังอยู่ในเกณฑ์ต่ำ นอกจากนั้นความตระหนักและจิตสำนึกในการทิ้งขยะมูลฝอยของประชาชนในชุมชนยังไม่เป็นที่น่าพอใจ ผลกระทบที่ตามมาต่อสภาพแวดล้อมในสังคม [1]

ในการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน โดยทั่วไปสามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1. การบำบัดขั้นต้น (Pre-treatment/Front-end Treatment) ซึ่งประกอบด้วยการคัดแยก (Sorting) ขยะมูลฝอยอินทรีย์จากขยะมูลฝอยรวม หรือการคัดแยกสิ่งปะปนออกจากขยะมูลฝอยอินทรีย์ และลดขนาด (Size Reduction) ของขยะมูลฝอยอินทรีย์ให้เหมาะสมสำหรับการย่อยสลาย และเพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอ (Homogeneity) ของสารอินทรีย์ที่จะป้อนเข้าสู่ระบบ (Feed Substrate) รวมทั้งเพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับระบบ 2. การหมักแบบไร้ออกซิเจนหรือการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) ซึ่งเป็นขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะมูลฝอยอินทรีย์สำหรับนำไปใช้เป็นพลังงาน และเพื่อทำให้ขยะมูลฝอยอินทรีย์ถูกย่อยสลายเปลี่ยนเป็นอินทรียวัตถุที่มีความคงตัว ไม่มีกลิ่นเหม็น โดยอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ในสภาพที่ไร้ออกซิเจน ซึ่งขั้นตอนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ Dry Digestion Process และ Wet Digestion Process 3. การบำบัดขั้นหลัง (Post-treatment) ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นขั้นตอนการจัดการกากตะกอนจากการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนให้มีความคงตัวมากขึ้น เช่น การนำไปหมักโดยใช้ระบบหมักปุ๋ยแบบใช้อากาศ [2]

สำหรับจังหวัดนครศรีธรรมราช ถือเป็นจังหวัดใหญ่ที่มีองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (ยกเว้นองค์การบริหารส่วนจังหวัด) ถึง 184 แห่งซึ่งจากการสำรวจข้อมูลปริมาณขยะมูลฝอย พบว่ามีขยะมูลฝอยมากถึง 519.32 ตันต่อวัน หรือคิดเป็น 192,471.80 ตันต่อปี และมีปริมาณขยะสะสมที่อยู่ในสถานที่กำจัดขยะทั้งหมด 1,218,434.25 ตัน และในปี พ.ศ. 2559 จังหวัดนครศรีธรรมราชถูกจัดให้อยู่ในลำดับที่ 2 ของจังหวัดที่มีขยะตกค้างในระบบการจัดการขยะมากที่สุดของประเทศไทย [3] มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นหนึ่งในสถานที่ที่มีประชากรจำนวนมาก ซึ่งส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณขยะจากการรับประทานอาหารที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน ซึ่งส่วนใหญ่มาจากส่วนที่เหลือทิ้งจากการรับประทานอาหารประกอบด้วยเนื้อสัตว์ ข้าว ผลไม้และพืชผัก ซึ่งเป็นของเสียที่มีน้ำตาล แป้งเป็นองค์ประกอบสูงถึง 60 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเปียก ซึ่งมีความชื้นสูง กระบวนการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion or Biomethanation or Methane fermentation) เป็นทางเลือกหนึ่งที่เหมาะกับการจัดการขยะดังกล่าวโดยที่อาศัยกระบวนการทางชีววิทยาของจุลินทรีย์สภาพปราศจากออกซิเจนเพื่อเปลี่ยนสารอินทรีย์ไปเป็นก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซอื่น ๆ [4]

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น ผู้ทำวิจัยจึงสนใจที่จะทำการศึกษาการใช้ประโยชน์เศษอาหารที่ได้จากโรงอาหารมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช จำพวกเศษอาหารเหลือทิ้งในแต่ละวันนำมาหมักในระบบไร้อากาศและตรวจสอบปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณก๊าซชีวภาพจากเศษอาหาร 3 ประเภท โปรตีน (เนื้อสัตว์), วิตามิน (ผักผลไม้) และคาร์โบไฮเดรต (ข้าว) โดยกระบวนการหมักแบบไร้ออกซิเจน

3. เครื่องมือที่ใช้

1. ชุดถังหมัก ประกอบด้วย ถังน้ำพลาสติกขนาด 20 ลิตร ใช้สำหรับทำถังหมักก๊าซ, ถังพลาสติกเปิดฝาบนขนาด 30 ลิตร ใช้สำหรับใส่น้ำเพื่อเป็นถังรองรับถังเก็บก๊าซ และถังพลาสติกเปิดฝาบนขนาด 20 ลิตร ใช้สำหรับเป็นถังเก็บก๊าซ

2.เครื่องก๊าซโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography : GC)

3. เครื่อง pH meter

4. ชุดเก็บตัวอย่างก๊าซ

4. การเตรียมถังหมัก

เงื่อนไขในการทดลองจากเศษอาหารร่วมกับมูลสุกร กากน้ำตาล และน้ำ อัตราส่วน 3:1:1:10 : ลิตร ดังนี้

1. ถังหมักโปรตีน วัตถุดิบที่ใช้ คือ เนื้อสัตว์: มูลสุกร : กากน้ำตาล : น้ำ

2. ถังหมักวิตามิน วัตถุดิบที่ใช้ คือ ผักและผลไม้ : มูลสุกร : กากน้ำตาล : น้ำ

3. ถังหมักคาร์โบไฮเดรต วัตถุดิบที่ใช้ คือ ข้าว: มูลสุกร : กากน้ำตาล : น้ำ

5. วิธีการทดลอง

5.1 เตรียมมูลสุกรเพื่อเป็นหัวเชื้อ โดยนำมูลสุกรจำนวน 1 ลิตร ผสมกับน้ำสะอาด และกากน้ำตาลจำนวน 1 ลิตร คนส่วนผสมให้เข้ากัน

5.2 เติมน้ำลงในถังพลาสติกเปิดฝาบนขนาด 30 ลิตร และนำถังที่เก็บก๊าซมาคว่ำลงไปโดยเปิดวาล์วก๊อกเพื่อไล่อากาศออก แล้วทำการปิดวาล์วก๊อก

5.3 นำมูลสุกรที่ทำการผสมเสร็จแล้ว เติมลงในชุดถังหมักให้ได้ 25 เปอร์เซ็นต์ของตัวชุดถังหมักประมาณ 10-15 วัน และทำการกวนส่วนผสมให้เข้ากันโดยใช้ไม้กวนที่ติดใบพัดพอประมาณ

5.4 เมื่อครบกำหนด 10-15 วัน ถังเก็บก๊าซลอยขึ้นสูง แสดงว่ามีก๊าซในถังเก็บก๊าซแล้ว ให้เติมน้ำสะอาดในชุดถังหมักก๊าซ จนถึงระดับน้ำล้น ประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ของชุดถังหมักก๊าซ แล้วปล่อยวาล์วเพื่อให้ก๊าซออก ครั้งแรกจะต้องทำการปล่อยก๊าซออกไป เพราะในถังเก็บก๊าซจะมีอากาศปะปนอยู่ด้วยในถังกักเก็บก๊าซ หลังจากนั้นเมื่อถังเก็บก๊าซลอยขึ้นสูงก็สามารถบันทึกปริมาณที่เกิดขึ้น

5.5 นำเศษอาหารที่แยกแล้ว มาปั่นให้ละเอียดแล้วตวงให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร ก่อนนำไปเติมในชุดถังหมัก

5.6 ปรับค่า pH และการวัดอุณหภูมิในชุดถังหมัก โดยการนำขี้เถ้าบดละเอียดเติมลงในชุดถังหมัก จากนั้นเติมขี้เถ้าถ่านลงไปในชุดถังหมักแต่ละตัวอย่าง จะต้องเติมจนกว่าค่า pH จะอยู่ในระดับที่เหมาะสมตามที่กำหนดไว้ (การเติมจะต้องเติมในปริมาณที่พอดี หากเติมขี้เถ้าถ่านมากเกินไปก็จะทำให้ ค่า pH สูงเกิน ทำให้ส่งผลต่อประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ที่ผลิตก๊าซได้) จากนั้นตรวจวัดค่า pH วัดอุณหภูมิ และจดบันทึกข้อมูลทุกครั้ง

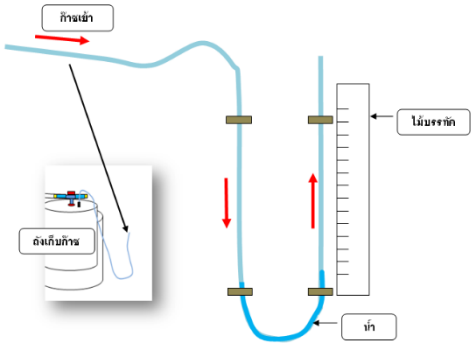
5.7 การวัดปริมาณก๊าซ ดำเนินการวัดการแทนที่น้ำทุกๆ 7 วันและเปิดวาล์วถังเก็บก๊าซเพื่อปล่อยก๊าซทิ้งทุกครั้ง จนครบระยะเวลา 45 วัน

5.8 เก็บตัวอย่างก๊าซจากตัวชุดถังหมัก โดยการใช้ Syringe ที่ติดกับเข็ม สำหรับการดูดตัวอย่างก๊าซจากสายยางที่ต่อจากถังเก็บก๊าซ ในปริมาณ 30 มิลลิลิตร ลงในถุงเก็บก๊าซ จนครบทุกตัวอย่างก๊าซ จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลองค์ประกอบก๊าซด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography : GC)

Figures 1 A portable biogas digester set up

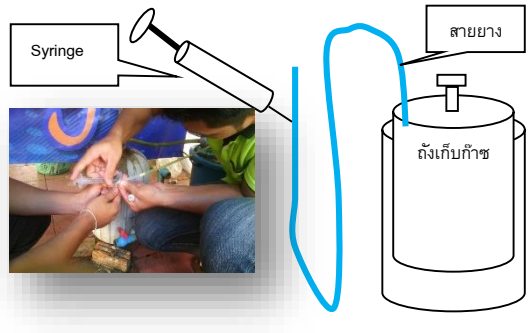
Figures 2 Experimentation on biogas production

5.9. การคำนวณปริมาตรก๊าซในการทดลอง ผู้วิจัยทำการวัดปริมาตรก๊าซที่เกิดขึ้นโดยใช้หลักการก๊าซแทนที่น้ำ และนำปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นไปคำนวณสูตร ($\pi r^2 h$ เมื่อ r^2 คือ รัศมีของถังเก็บก๊าซ และ h คือ ปริมาณก๊าซแทนที่น้ำ) หาปริมาตรก๊าซที่เกิดขึ้นในถังหมัก โดยมาตรวัดปริมาตรก๊าซใช้หลักการก๊าซแทนที่โดยน้ำ



Figures 3 Gas Measurement Model

5.10 การเก็บตัวอย่างก๊าซจากตัวถังหมัก การเก็บตัวอย่างก๊าซจากตัวถังหมัก โดยการใช้ Syringe ที่ติดกับเข็มสำหรับการดูดตัวอย่างก๊าซจากสายยางที่ต่อจากถังเก็บก๊าซในปริมาณ 30 มิลลิลิตร ลงในขวดเก็บก๊าซ



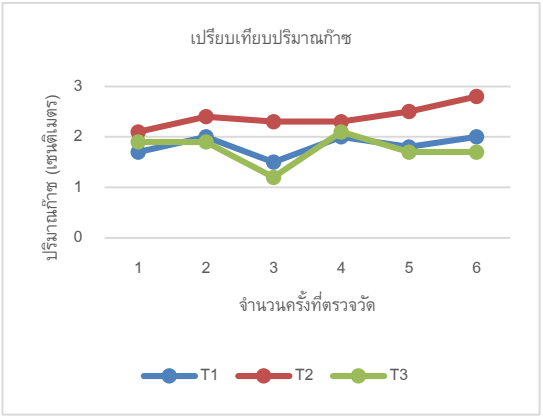
Figures 4 Sampling gas collection model

6. ผลการศึกษา

6.1 การศึกษาปริมาณก๊าซชีวภาพ

ปริมาณก๊าซชีวภาพของถังหมักโปรตีน ถังหมักวิตามิน และถังหมักคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 11, 10.5 และ 14.4 เซนติเมตร ตามลำดับ เท่ากับ 8.8077×10^{-4} ,8.4073×10^{-4} และ 1.153×10^{-3} ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งถังที่พบปริมาณก๊าซมากที่สุด คือ ถังหมักคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 1.153×10^{-3} ลูกบาศก์เมตร และปริมาณก๊าซที่พบน้อยที่สุด คือ ถังหมักวิตามิน เท่ากับ 8.4073×10^{-4} ลูกบาศก์เมตร ซึ่งจากการทดลองการหมักก๊าซชีวภาพในการศึกษามีทั้งหมด เท่ากับ 2.874×10^{-3} ลูกบาศก์เมตร

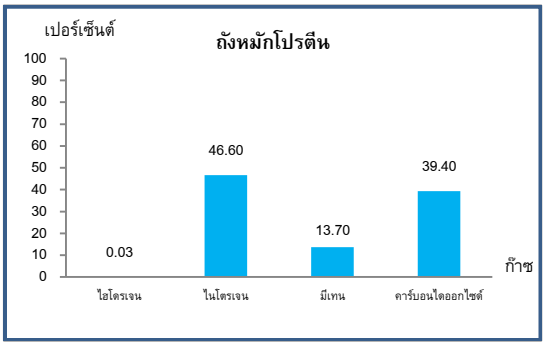
จากการเปรียบเทียบปริมาณก๊าซชีวภาพของชุดถังหมักทั้ง 3 ถัง พบว่า ชุดถังหมักที่มีปริมาณก๊าซชีวภาพที่มีปริมาณมากที่สุด คือ ถังหมักคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 14.4 เซนติเมตร คิดเป็น 1.153×10^{-3} ลูกบาศก์เมตร และปริมาณก๊าซชีวภาพในชุดถังหมักที่มีปริมาณน้อยที่สุด คือ ถังหมักวิตามิน เท่ากับ 10.5 เซนติเมตร คิดเป็น 8.4073×10^{-4} ลูกบาศก์เมตร และปริมาณรวมของก๊าซชีวภาพทั้งหมด เท่ากับ 35.9 เซนติเมตร คิดเป็น 2.874×10^{-3} ลูกบาศก์เมตร เมื่อเปรียบเทียบจะเห็นได้ว่า ปริมาณก๊าซชีวภาพทั้ง 3 ถัง มีปริมาณไม่เท่ากัน เนื่องจากชนิดและองค์ประกอบของวัตถุดิบที่เติมเข้าชุดถังหมักในแต่ละชุดถังหมักต่างกัน โดยเฉพาะถังหมักโปรตีน และถังหมักวิตามิน จึงทำให้ปริมาณก๊าซที่ได้มีปริมาณไม่เท่ากัน โดยเฉพาะถังหมักโปรตีน ในการเติมครั้งที่ 3 มีปริมาณลดลงมาก



Figures 5 Comparison of gas (T1 : Protein, T2 : Vitamin, T3 : Carbohydrate)

6.2 การศึกษาองค์ประกอบก๊าซชีวภาพ

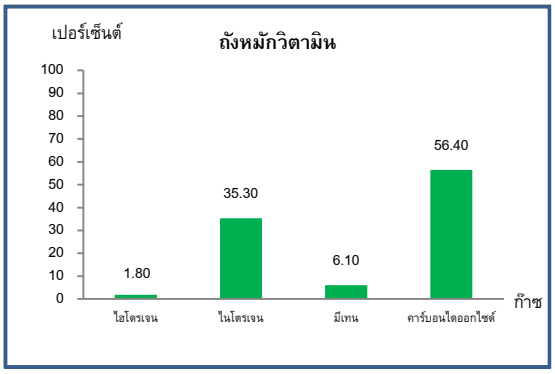
จากการวิเคราะห์หาองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพทั้ง 3 ถัง พบว่า ถังหมักโปรตีน ปริมาณก๊าซไฮโดรเจน เท่ากับ 0.03 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณก๊าซไนโตรเจน เท่ากับ 46.6 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณก๊าซมีเทน เท่ากับ 13.7 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 39.4 เปอร์เซ็นต์ และก๊าซที่มีเปอร์เซ็นต์มากที่สุด คือ ก๊าซไนโตรเจน และก๊าซที่มีเปอร์เซ็นต์น้อยที่สุดคือ ก๊าซไฮโดรเจน



Figures 6 Configuration of gas (Protein)

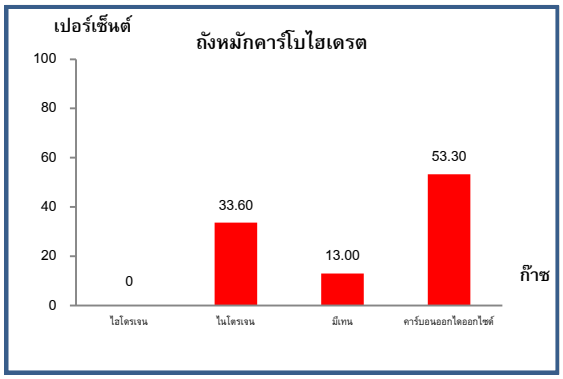
ถังหมักวิตามินปริมาณก๊าซไฮโดรเจนเท่ากับ 1.8 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณก๊าซไนโตรเจน เท่ากับ 35.5 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณก๊าซมีเทน เท่ากับ 6.1 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณก๊าซของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 56.4 เปอร์เซ็นต์ และก๊าซที่มีเปอร์เซ็นต์มากที่สุด คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซที่มีเปอร์เซ็นต์น้อยที่สุดคือก๊าซไฮโดรเจน



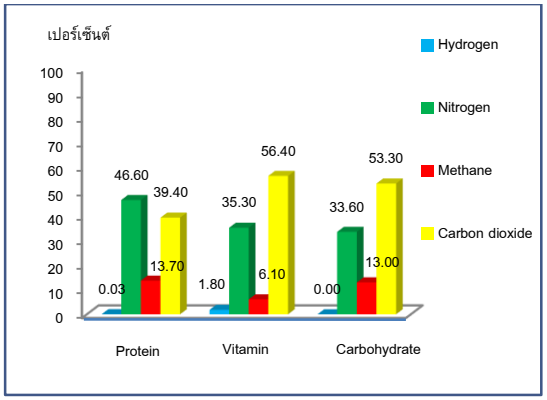
Figures 7 Configuration of gas (Vitamin)

ถังหมักคาร์โบไฮเดรต ปริมาณก๊าซไฮโดรเจน เท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณก๊าซไนโตรเจน เท่ากับ 33.6 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณก๊าซมีเทน เท่ากับ 13 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 53.3 เปอร์เซ็นต์ และก๊าซที่มีเปอร์เซ็นต์มากที่สุด คือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซที่มีเปอร์เซ็นต์น้อยที่สุดคือ ก๊าซไฮโดรเจน



Figures 8 Configuration of gas (Carbohydrate)

และชุดถังหมักที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนมากที่สุด คือ ถังหมักโปรตีน และชุดถังหมักที่มีปริมาณก๊าซมีเทนน้อยที่สุด คือ ถังหมักวิตามิน จะเห็นได้ว่า ปริมาณก๊าซชีวภาพแต่ละชุดถังหมักมีเปอร์เซ็นต์ของก๊าซชีวภาพที่แตกต่างกัน เนื่องจากชนิดของเศษอาหารที่ใช้ในการหมักก๊าซชีวภาพต่างกันในแต่ละวันจากการเติมอาหาร และความแตกต่างขององค์ประกอบชนิดอาหาร จึงทำให้ค่าปริมาณเปอร์เซ็นต์ของก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นไม่เท่ากัน



Figures 9 Comparison of percent biogas production

7. สรุปผลการศึกษา

7.1 ปริมาณก๊าซชีวภาพ

การศึกษา พบว่า ปริมาณก๊าซชีวภาพของถังหมักโปรตีน ถังหมักวิตามิน และถังหมักคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 11, 10.5 และ14.4 เซนติเมตร ตามลำดับ นำมาแทนสูตรได้เท่ากับ 8.8077×10-4 ,8.4073×10-4 และ 1.153×10-3 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งถังที่พบปริมาณก๊าซมากที่สุด คือ ถังหมักคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 1.153×10-3 ลูกบาศก์เมตร และปริมาณก๊าซที่พบน้อยที่สุด คือ ถังหมักวิตามิน เท่ากับ 8.4073×10-4 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งจากการทดลองการหมักก๊าซชีวภาพในการศึกษามีทั้งหมด เท่ากับ 2.874×10-3 ลูกบาศก์เมตร

7.2 องค์ประกอบก๊าซชีวภาพในการศึกษา

จากการศึกษา พบว่า ถังหมักโปรตีนมีเปอร์เซ็นต์ก๊าซไนโตรเจนมากที่สุด เท่ากับ 46.6 เปอร์เซ็นต์ และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์มีเปอร์เซ็นต์น้อยที่สุด เท่ากับ 0.03 เปอร์เซ็นต์ ถังหมักวิตามินมีเปอร์เซ็นต์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด เท่ากับ 56.4 เปอร์เซ็นต์ และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ทมีเปอร์เซ็นต์น้อยที่สุด เท่ากับ 1.8 เปอร์เซ็นต์ และถังหมักคาร์โบไฮเดรก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีเปอร์เซ็นต์มากที่สุด เท่ากับ 53.3 เปอร์เซ็นต์ และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์มีเปอร์เซ็นต์น้อยที่สุดคือ เท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์

จากวัตถุประสงค์ผู้วิจัยได้มีความสนใจในการเปรียบเทียบก๊าซมีเทน พบว่า ถังหมักโปรตีน มีปริมาณก๊าซมีเทนมากที่สุด เท่ากับ 13.7 เปอร์เซ็นต์ และถังหมักวิตามินมีปริมาณก๊าซมีเทนน้อยที่สุด เท่ากับ 6.1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากการทดลองการหมักก๊าซชีวภาพในการศึกษาครั้งนี้ก๊าซชีวภาพสามารถจุดไฟติดได้

8. อภิปรายผล

จากศึกษาสามารถการวิเคราะห์เป็น 2 ส่วน คือ การหมักแยกเป็น 3 ถัง คือ ถังหมักโปรตีน ถังหมักวิตามิน และถังหมักคาร์โบไฮเดรต โดยวัดปริมาณก๊าซชีวภาพโดยวิธีการ

แทนที่ของน้ำ และวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography : GC) เพื่อหาร้อยละของก๊าซมีเทน พบว่า ปริมาณก๊าซชีวภาพเท่ากับ 11, 10.5 และ 14.4 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งถังที่พบปริมาณก๊าซมากที่สุด คือ ถังหมักคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 14.4 เซนติเมตร และปริมาณก๊าซที่พบน้อยที่สุด คือ ถังหมักวิตามิน เท่ากับ 10.5 เซนติเมตร ซึ่งจากการทดลองการหมักก๊าซชีวภาพในการศึกษามีทั้งหมด เท่ากับ 35.9 เซนติเมตร นำมาแทนสูตรได้ เท่ากับ 8.8077×10-4, 8.4073×10-4 และ 1.153×10-3 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งถังที่พบปริมาณก๊าซมากที่สุด คือ ถังหมักคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 1.153×10-3 ลูกบาศก์เมตร และปริมาณก๊าซที่พบน้อยที่สุด คือ ถังหมักวิตามิน เท่ากับ 8.4073×10-4 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งจากการทดลองการหมักก๊าซชีวภาพในการศึกษามีทั้งหมด เท่ากับ 2.874×10-3 ลูกบาศก์เมตร และองค์ประกอบของก๊าซมีเทนของถัง 1, 2 และ 3 เท่ากับ 13.7, 6.1 และ 13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งถังที่พบปริมาณก๊าซมากที่สุด คือ ถังหมักโปรตีน คิดเป็น 13.7 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณก๊าซที่พบน้อยที่สุด คือ ถังหมักวิตามิน คิดเป็น 6.1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ [5] ศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากนมหมดอายุ ร่วมกับมูลโคและวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร คือ ฟางข้าว โดยทำการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนที่อุณหภูมิแวดล้อมปกติ และการวัดปริมาณก๊าซด้วยการแทนที่ของน้ำ และวิเคราะห์สัดส่วนปริมาณก๊าซชีวภาพด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography : GC) ผลการศึกษาพบว่า การทดลองที่ดีที่สุดเป็นการทดลองของนมหมดอายุ/ มูลโค/ ฟางข้าว ในอัตราที่ 1: 0.25: 0.05 โดยใช้ระยะเวลา 15 วัน ได้เปอร์เซ็นต์มีเทนโดยเฉลี่ย 63 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเฉลี่ยก๊าซชีวภาพมากสุด 1,875 มิลลิลิตรต่อวัน ค่า pH ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 7.5-8.0 ผลงานวิจัยของ [6] ได้ทำการศึกษาเรื่องการสังเคราะห์ก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารในถังหมักแบบไร้อากาศขนาด 20 ลิตร เพื่อเปรียบเทียบผลของตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดต่างๆ ที่ได้จากเศษผักและผลไม้ในชุมชนที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในงานวิจัยนี้มี 4 ชนิดได้แก่ มันเทศ ชานอ้อย เปลือกส้ม และกากถั่วเหลือง ผลการวิจัยพบว่า ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีคาร์โบไฮเดรตเจือปนในปริมาณสูงสามารถเร่งอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพได้ โดยเรียงอันดับจากมากไปน้อยดังนี้ มันเทศ ชานอ้อยและเปลือกส้ม ส่วนกากถั่วเหลืองซึ่งมีโปรตีนสูงไม่สามารถช่วยเร่งอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพได้ และ ผลการวิจัยของ [7] ได้ทำการวิจัยเรื่องเศษผักจะมีคาร์โบไฮเดรตสูงและความชื้นสูง เหมาะสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพด้วยกระบวนการก๊าซมีเทนทางชีวภาพ นักวิจัยจำนวนมากได้มีการศึกษาผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษผัก ด้วยถังหมักที่แตกต่างกัน ซึ่งจะมีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ ผลการผลิตก๊าซของนักวิจัยจะอยู่ในช่วง ค่า VS อยู่ที่ 0.360 ลิตร/กรัม และค่า VS อยู่ที่ 0.9 ลิตร/กรัม อุณหภูมิและค่า pH และอัตราการเติมสารอินทรีย์ของเศษผักจะมีผลเด่นชัดของกระบวนการทางชีวภาพในการสร้างก๊าซมีเทน ถังหมักที่มีการออกแบบที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพได้ การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสม คือ การผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักก๊าซชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจนจากเศษผัก กระบวนการหมักก๊าซชีวภาพนี้ สามารถช่วยลดภาวะความเป็นพิษจากการลดลงของ TS, VS, BOD และ COD ดังนั้นการผลิตก๊าซมีเทนจากกระบวนทางชีวภาพ ซึ่งไม่ส่งผลต่อสิ่งแวดล้อม ด้วยเทคโนโลยีการบำบัดของเสียจากเศษผัก นอกจากนี้งานวิจัยของ [8] ได้ทำการศึกษาเรื่องสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของระบบการย่อยสลายเศษอาหารภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน คือที่ HRT 30 วัน คิดเป็น OLR 6.39 กรัม COD/ลิตร.วัน สามารถผลิตก๊าซชีวภาพทั้งหมดได้ 38.43 ลิตรต่อวัน โดยมีองค์ประกอบของก๊าซมีเทน 60.61 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ งานวิจัยของ [9] ได้ทำการศึกษาเรื่องการป้อนเศษอาหารต่อปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพจากกระบวนการย่อยสลายภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน และเปรียบเทียบปริมาณร้อยละของก๊าซมีเทนที่เกิดจากการหมักย่อยเศษอาหาร เติมเศษอาหารตามอัตราส่วนอย่างต่อเนื่องทุกวัน กำหนดระยะเวลาทดลอง 30 วัน วัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากถังเก็บก๊าซและวัดองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพด้วยเครื่อง Gas Chromatograph ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณก๊าซชีวภาพมากที่สุด คือ เท่ากับ 20.56 ลิตรต่อวัน ส่วนองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพมีก๊าซมีเทน (CH4) มีปริมาณเฉลี่ย 12.33 ± 3.47 นอกจากนี้ [10] ได้ทำการศึกษาเรื่องการผลิตก๊าซชีวภาพจากเปลือกสับปะรดคือ การปรับสภาพที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพได้สูงสุด และสิ่งที่ส่งผลต่อผลิตก๊าซชีวภาพ เช่น ชนิดของจุลินทรีย์, ค่าพีเอช คาร์บอนต่อไนโตรเจน พบว่าของเสียจากเปลือกสับปะรดสามารถผลิตปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นได้เป็นจำนวนมาก ซึ่งมีปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้น 48 เปอร์เซ็นต์ ในระยะ 20 วัน และค่า pH ที่เหมาะสมจะอยู่ที่ 7.0 มีการควบคุม คาร์บอนต่อไนโตรเจนอยู่ที่ 20 และ [11] ได้ทำการวิจัยเรื่องการเปลี่ยนของเสียให้เป็นพลังงาน อีกทั้งยังเป็นเทคโนโลยีที่มีศักยภาพในการผลิตพลังงานที่สะอาดและเป็นพลังงานทางเลือกที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เทคโนโลยีการหมักก๊าซแบบไร้ออกซิเจนเป็นแนวทางในการลดของเสีย จากการศึกษาพบว่า อัตราการย่อยของจุลินทรีย์จะมีผลต่อพารามิเตอร์โดยการหมักแบบไร้ออกซิเจนและอัตราปฏิกิริยาการเกิดก๊าซมีเทน ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มประสิทธิภาพในการหมักก๊าซแบบไร้ออกซิเจนที่ผลิตก๊าซมีเทนจะต้องมีการตรวจสอบและต้องมีการควบคุมตะกอนที่เกิดขึ้นด้วย และมีความแตกต่างกับงานของ [12] ได้ทำการวิจัยเรื่องการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารในครัวเรือนโดยระบบแบบไร้อากาศที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส โดยแบ่งการหมักเป็น 3 ถัง คือถังเศษอาหาร ถังมูลวัว และถังเศษ

อาหารร่วมกับมูลวัว ผลการศึกษาพบว่าอัตราการย่อยสลายของ เศษอาหารร่วมกับมูลวัว จะได้ปริมาณก๊าซชีวภาพมากกว่าการหมักของเศษอาหารและมูลวัวเพียงอย่างเดียว ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสและสังเกตผลกระทบของความเป็นด่างและอัตราการย่อย 200 กรัม/ลิตร โดยการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ 1.5 เปอร์เซ็นต์

9. เอกสารอ้างอิง

[1] Sainara, P. 2009. **Participatory Management of Garbage Disposal : a Case Study of PhatathNongbua Community in UbonRatchathani Municipality**. Master of Arts. UbonRatchathani, Ubon RatchathaniRajabhat University. *(in Thai)*

[2] Department of Alternative Energy Development and Efficiency. 2014. **Technology of Anaerobic Digestion**. https://www.dede.go.th/ewt_news. php?nid=511&filename=waste_energy. Accessed 22 July 2020. *(in Thai)*

[3] Pollution Control Department. 2015. **Thailand State of Pollution Report 2015**. Bangkok. Pollution ControlDepartment.

[4] Rittiron, T. 2014. **Biogas Production from Shrimp Farming Wastes**. Master of Engineering in Geotechnology, Suranaree University of Technology**.**

[5] Jitsoponpanya, B. and et al. 2013. "Study of Biogas Production from Expired Milk". **Agricultural Science Journal.** 44(2)(Suppl.): 373 -376. *(in Thai)*

[6] Rimpikul, W. 2013. **Effect of catalysts in the food scraps on biogas production**. Master of Engineering in Energy and Environmental Technology Management, Thammasat University. *(in Thai)*

[7] Patil V.S. and Deshmukh H.V. 2015. "Anaerobic digestion of Vegetable waste for Biogas generation". **International Research Journal of Environment Sciences**. 4(6): 80-83.

[8] Wiruchvorakul, A. 2003. **Biogas Production from Food Waste by Two-stage Anaerobic Digestion.** Bangkok. Thai Thesis Database. *(in Thai)*

[9] Chatum, B. and Pitaksanurat, S. 2014. "Input Rate for Food Waste Per Amount of Biogas Conversion from a Two-Step Anaerobic Digestion Process". **Environmental Health Journal**. 16(3): 16 -23.

[10] Chulalaksananukul, S., Sinbuathong, N. and Chulalaksananukul, W. 2012. "Bioconversion of pineapple solid waste under anaerobic condition through biogas production". **KKU Research Journal (Thailand).** 17(5): 734-742. *(in Thai)*

[11] Sebola, R. Tesfagiorgis, H. and Muzenda, E. 2014. **Production of Biogas through Anaerobic Digestion of various Waste: Review.** https://www.researchgate.net/publication/281836889_Production_of_Biogas_through_Anaerobic_Digestion_of_various_Wastes_Review. Accessed 22 July 2020.

[12] Iqbal, S. A. and et al. 2014. "Anaerobic Digestion of Kitchen Waste to Produce Biogas". **Procedia.** 90: 657-662.