

ประสิทธิภาพของเอนไซม์แพนครีเอตินในกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารในครัวเรือน

The Effectiveness of Pancreatin Enzyme in Biogas Fermentation from Household Waste

ณัชพล ทรายแก้ว (Nutchapon Laikaew)* ดร.อนูชนรา ตาลกุล คัสเตอร์ (Dr.Anootnara Talkul Kuster)**
ดร.ฤทธิรงค์ จังโกฎี (Dr. Rittirong Junggoth)** ดร.สมศักดิ์ พิทักษานุรัตน์ (Dr.Somsak Pitaksanurat)***
Dr.Reiner Claus****

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของเอนไซม์แพนครีเอตินต่อปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพ และองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ โดยเติมเอนไซม์แพนครีเอตินที่ปริมาณ 0.1, 0.5 และ 1.0 (% w/w) ทดลองในถังหมักแบบสองชั้นตอนภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน 4 ชุดทดลอง เติมเศษอาหารปริมาณคงที่ 100 กรัมต่อวัน พร้อมเติมเอนไซม์แพนครีเอตินในชุดทดลองที่ 2-4 ที่ปริมาณ 0.1, 0.5 และ 1.0 (% w/w) ตามลำดับ ยกเว้นชุดทดลองที่ 1 นาน 35 วัน ผลพบว่าปริมาณก๊าซเฉลี่ยในชุดทดลองที่ 1-4 เท่ากับ 2.52 ± 1.38 , 2.53 ± 1.36 , 4.01 ± 1.16 และ 4.89 ± 1.68 ลิตรต่อวัน ตามลำดับ โดยปริมาณก๊าซสะสมของชุดทดลองที่ 4 (171.11 ลิตร) มีปริมาณก๊าซสะสมมากกว่าชุดทดลองที่ 1 (88.13 ลิตร) เท่ากับ 1.9 เท่า และองค์ประกอบของก๊าซมีเทนทั้ง 4 ชุดอยู่ระหว่าง 50-59% โดยชุดทดลองที่ 4 มีปริมาณก๊าซมีเทนมากที่สุดเท่ากับ 59% สรุปผลการศึกษาพบว่าปริมาณเอนไซม์แพนครีเอติน 1.0 (%w/w) มีผลต่อปริมาณก๊าซชีวภาพ และองค์ประกอบของก๊าซมีเทน มากกว่าปริมาณอื่นๆ ในการประยุกต์ใช้ควรใช้ที่ปริมาณ 0.5 (%w/w) เนื่องจากมีปริมาณก๊าซ และองค์ประกอบของก๊าซมีเทน ใกล้เคียงการใช้ปริมาณ 1.0 (%w/w) แต่มีค่าใช้จ่ายที่ถูกกว่า

ABSTRACT

This study aimed to determine the effectiveness of pancreatin enzymes on biogas generation rate and the composition of the biogas. This study used pancreatin enzyme at three different concentrations (0.1, 0.5 and 1.0 [% w/w]) within a two-stage anaerobic digester. 4 trials added food waste (100 g/d) and pancreatin enzyme. First tank was used as a control with no pancreatin enzyme, observed for 35 days. The results showed that the average daily biogas production increased with concentration of pancreatin enzyme. Daily biogas production was 2.52 ± 1.38 , 2.53 ± 1.36 , 4.01 ± 1.16 and 4.89 ± 1.68 liters per day respectively. Biogas production in the tank with 1.0 (%w/w) (171.1 L total) concentration was 1.9 times higher than the control with no enzyme (88.13 L total). Analysis showed that methane was main component in all experiments, comprising 50 to 59% of the biogas, tank 4 had the highest methane with 59%. Pancreatin enzyme 0.1 (%w/w) had effect on biogas production and methane composition higher than other. Future practice should be applied to use 0.5 (%w/w) because can produce biogas and methane nearby 0.1 (%w/w) but cheaper.

คำสำคัญ: ก๊าซชีวภาพ เอนไซม์แพนครีเอติน ถังหมักแบบสองชั้นตอน

Keywords: Biogas, Pancreatin enzymes, Two-stage anaerobic digester tank

* นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** อาจารย์ สาขาวิชานามัยสิ่งแวดล้อม อาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

*** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชานามัยสิ่งแวดล้อม อาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

**** อาจารย์ กลุ่มวิจัยการบำบัดและนำของเสียกลับมาใช้ประโยชน์ด้วยจุลินทรีย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

แนวโน้มความต้องการพลังงานที่เพิ่มขึ้นตาม จำนวนประชากรของโลก (United states census bureau, 2017) จากข้อมูลการคาดการณ์ของ International Energy Agency (IEA) ใน ปี ค.ศ. 2040 ความต้องการพลังงานทั่วโลก จะเพิ่มขึ้นร้อยละ 37 ส่วนทวีปเอเชียจะมีความต้องการพลังงานมากที่สุด ร้อยละ 60 ของโลก ในส่วนของประเทศไทยมีความต้องการพลังงานที่เพิ่มขึ้นทั้งด้านครัวเรือน เกษตรกรรม ธุรกิจการค้า และการขนส่ง (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน [สำนักงาน สนพ.], 2558) โดยพลังงานส่วนใหญ่ ได้แก่ น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน ซึ่งพลังงานเหล่านี้สามารถผลิตได้เอง แต่ยังไม่เพียงพอกับปริมาณความต้องการ จากข้อมูลสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน ช่วง 6 เดือนแรกของปี 2558 ความต้องการใช้ พลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นต้น (Primary Commercial Energy Consumption) และการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นสุดท้าย (Final Modern Energy Consumption) เพิ่มขึ้นจากปีก่อนอยู่ที่ระดับ 2,090 และ 1,429 เทียบเท่าพันบาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน หรือคิดเป็นร้อยละ 1.2 และ 4.9 โดยมีสัดส่วนการใช้หลักในกลุ่มก๊าซธรรมชาติ น้ำมัน ถ่านหินลิกไนต์ และไฟฟ้า (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2558)

กรมองหาพลังงานทางเลือกเพื่อนำมาใช้ทดแทนพลังงานหลักที่ต้องนำเข้า ได้แก่ พลังงานชีวมวล พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ และก๊าซชีวภาพ เป็นต้น จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ และพลังงานทางเลือกอย่างก๊าซชีวภาพ พบว่ามีความน่าสนใจในการส่งเสริม หรือใช้งาน เนื่องจากต้นทุนในการผลิตค่อนข้างต่ำ และสามารถผลิตได้ในระดับครัวเรือนไปจนถึงระดับอุตสาหกรรม โดยวัตถุดิบที่ใช้สามารถหาได้ง่าย ได้แก่ เศษอาหาร ขยะประเภทอินทรีย์ มูลสัตว์ หรือน้ำเสียจากโรงงาน และจากข้อมูลของ กรมควบคุมมลพิษ ปี 2557 ปริมาณขยะมูลฝอยในประเทศไทยมีปริมาณ 26.19 ล้านตันต่อปี สามารถแบ่งประเภทขยะมูลฝอยได้ 4 ประเภท ได้แก่ ขยะอินทรีย์ ขยะรีไซเคิล ขยะอันตราย และขยะทั่วไป โดย ขยะอินทรีย์มีปริมาณมากที่สุดร้อยละ 64 (กรมควบคุมมลพิษ [กรม กพ.], 2550) ซึ่งขยะในส่วนนี้มีศักยภาพในการนำมาผลิตก๊าซชีวภาพได้ เป็นการช่วยลดมลพิษเกิดตามมาจากขยะมูลฝอย เช่น มลพิษทางอากาศ ที่เกิดจากการเผาขยะ มลพิษทางน้ำ ที่เกิดจากน้ำเสียจากขยะมูลฝอยที่อาจไหลไปสู่แหล่งน้ำ เป็นแหล่งอาหาร และแหล่งเพาะพันธุ์ของสัตว์พาหะนำโรค และเป็นปัญหาด้านทัศนียภาพ ที่ไม่น่ามองของกองขยะ และได้ก๊าซชีวภาพ สำหรับใช้พลังงานช่วยลดค่าใช้จ่ายได้ส่วนหนึ่ง แต่เนื่องด้วยการผลิตก๊าซชีวภาพในประเทศไทยที่มีการส่งเสริมในปัจจุบัน ยังไม่ได้รับการตอบรับเท่าที่ควร อันเนื่องมาจากกระบวนการที่ซับซ้อนยากต่อการควบคุม การส่งเสริมจากหน่วยงานที่ไม่ต่อเนื่อง ความคุ้มค่า สิ่งเหล่านี้เป็นผลทำให้การส่งเสริม หรือยอมรับในเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพ ไม่เป็นไปตามที่คาดการณ์

จากการศึกษาข้อมูลเอนไซม์แพนกรีเอติน พบว่าตัวเอนไซม์ประกอบไปด้วยเอนไซม์อะไมเลส เอนไซม์ไลเปส และเอนไซม์โปรติเอส ที่มีความสามารถในการย่อยสารประกอบในสารอินทรีย์อย่าง ไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต ให้มีขนาดเล็กลงได้ (พัชรี, เปรมาใจ, อุบล และปิติ (บรรณาธิการ), 2551) ซึ่งหากนำมาใช้ในการช่วยย่อยสารอินทรีย์ในกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการย่อยของขั้นไฮโดรลิซิส (Hydrolysis) (Woong Kim et al, 2013) ส่งผลให้แบคทีเรียสามารถดูดซึมเพื่อใช้เป็นพลังงาน และการสร้างเซลล์ใหม่ ทำให้ผลิตก๊าซได้เร็วยิ่งขึ้น ซึ่งอาจนำผลที่ได้ไปใช้ประยุกต์เป็นแนวทางในการส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารในระดับครัวเรือนต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดจากการเติมเอนไซม์แพนกรีเอตินในกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพจากเศษอาหาร

2. เพื่อศึกษาเอนไซม์แพนكريเอตินที่ปริมาณต่างๆ ที่ส่งผลต่อปริมาณก๊าซชีวภาพ

วิธีการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

การทดลองครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยใช้ถังหมักแบบสองขั้นตอน (Two-stage anaerobic digestion)

ประชากร

ประชากร คือ เศษอาหารจากศูนย์อาหารหนองแวง และศูนย์อาหารและบริการ 2 (โรงชาย) มหาวิทยาลัยขอนแก่น นำมาคัดแยกส่วนที่ย่อยสลายยากออก จากนั้นทำการปั่นเพื่อเศษอาหารมีขนาดเล็ก

อุปกรณ์

- 1) ถังหมักแบบสองขั้นตอน (Two-stage Anaerobic digestion) จำนวน 4 ชุดทดลอง ประกอบด้วยถังหมักก๊าซ ถังหมักกรด และถังเก็บก๊าซ ต่อเรียงกัน
- 2) มูลวัว จากภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- 3) เอนไซม์แพนكريเอติน มีลักษณะเป็นผง มีค่ากิจกรรมของไลเปส เท่ากับ 45,200 (U/g) โปรติเอส เท่ากับ 3,150 (U/g) และอะไมเลส เท่ากับ 38,600 (U/g) ซึ่งอยู่ในสถานะที่สามารถใช้เติมในการทดลองได้ทันที
- 4) เศษอาหาร จากศูนย์อาหารหนองแวง และศูนย์อาหารและบริการ 2 (โรงชาย) มหาวิทยาลัยขอนแก่น นำเศษอาหารมาทำการคัดแยกส่วนที่ย่อยสลายได้ยากออก แล้วทำการปั่นให้ได้ขนาดเล็ก และเป็นเนื้อเดียวกันมากที่สุด
- 5) สารเคมีสำหรับการปรับค่า pH ได้แก่โซดาไฟ (NaOH) ปรับค่าความเป็นด่าง และไฮโดรคลอริก (HCl) ปรับค่าความเป็นกรด

การดำเนินการทดลอง

- 1) นำมูลวัว และน้ำเปล่าใส่ในถังหมักก๊าซขนาด 50 ลิตร สัดส่วนมูลวัว : 20 กิโลกรัม : น้ำเปล่า 24 ลิตร แล้วกวนผสมให้เข้ากันจากนั้นหมักทิ้งไว้ให้ จนเกิดก๊าซภายในถังหมักก๊าซ โดยการสังเกตจากการลอยตัวของถังเก็บก๊าซ
- 2) หลังจากถังหมักก๊าซเริ่มเกิดก๊าซแล้ว ทำการเติมเศษอาหารและน้ำเปล่า ใส่ในถังกรด ขนาด 30 ลิตร ใช้สัดส่วน เศษอาหาร 1 กิโลกรัม : น้ำเปล่า 20 ลิตร แล้วกวนผสมให้เข้ากัน
- 3) การเติมเศษอาหาร และเอนไซม์แพนكريเอติน ทำการเติมหลังจากระบบเข้าสู่ภาวะเสถียรแล้ว โดยชุดทดลองที่ 1 เป็นชุดควบคุม เติมเศษอาหาร 100 กรัมทุกวัน และชุดทดลองที่ 2-4 เติมเศษอาหาร 100 กรัม และเอนไซม์แพนكريเอติน 0.1, 0.5 และ 1.0 (%w/w) ตามลำดับทุกวัน โดยกวนผสมเศษอาหาร และเอนไซม์แพนكريเอตินทุกครั้ง เพื่อให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเปิดวาล์วให้น้ำหมักไหลไปยังถังหมักก๊าซแล้วทำการกวนผสมในถังหมักก๊าซ ทั้งนี้เริ่มบันทึกผลการทดลองหลังจากที่ระบบเสถียรแล้วเป็นระยะเวลา 35 วัน ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ทำให้ปริมาณเศษอาหารที่เติมทุกวันแบบต่อเนื่องเต็มปริมาตรของถังหมักกรด และถังหมักก๊าซพอดี

การรวบรวมข้อมูล

เก็บข้อมูล pH อุณหภูมิ ปริมาณก๊าซชีวภาพ ทุกวัน ทำการเก็บตัวอย่างก๊าซในสัปดาห์ที่ 3 และ 5 ส่งวิเคราะห์องค์ประกอบก๊าซชีวภาพ ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี (GC) และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ข้อมูลปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ ธาตุอาหาร (โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน) และอุณหภูมิ นำเสนอด้วยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเศษอาหารมี ปริมาณคาร์โบไฮเดรต สูงสุด 52.20% รองลงมา คือ ไขมัน 21.95% และ โปรตีน 13.17% ค่า pH ของเศษอาหารอยู่ที่ 4.2 รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของเศษอาหาร

องค์ประกอบทางเคมี	ผลวิเคราะห์
พีเอช	4.2
ความชื้น (%)*,**	4.72
เถ้า (%)*,**	6.28
เยื่อใยหยาบ (%)*,**	1.68
โปรตีน (%)*,**	13.17
ไขมัน (%)*,**	21.95
คาร์โบไฮเดรต (%)*,**	52.20

หมายเหตุ: * ค่าวิเคราะห์ไม่ได้ปรับเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง (on dry matter basis)

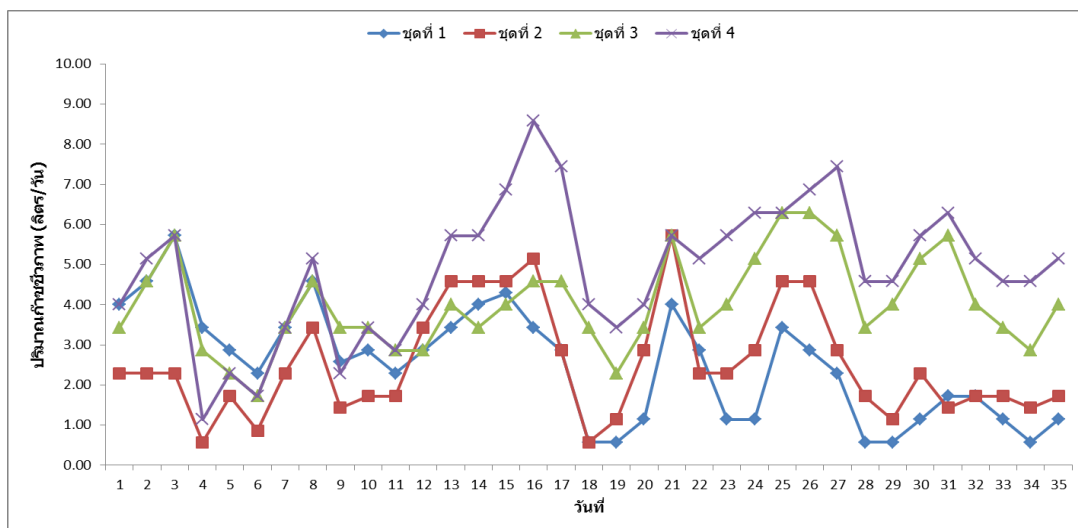
** วิเคราะห์โดยวิธีการ AOAC (1990)

ปริมาณก๊าซช่วงก่อนเติมเศษอาหาร และเอนไซม์แพนครีเอติน มีปริมาณก๊าซเฉลี่ยในช่วงภาวะเสถียรในทุกชุดทดลองอยู่ระหว่าง 6.87-16.02 ลิตรต่อวัน โดยชุดทดลองที่ 3 มีปริมาณก๊าซสะสมมากที่สุด 81.26 ลิตร รองลงมาคือชุดทดลองที่ 1,2 และ 4 ซึ่งมีปริมาณสะสม 78.11, 70.67 และ 69.82 ลิตร ตามลำดับ รายละเอียดดังตารางที่ 2

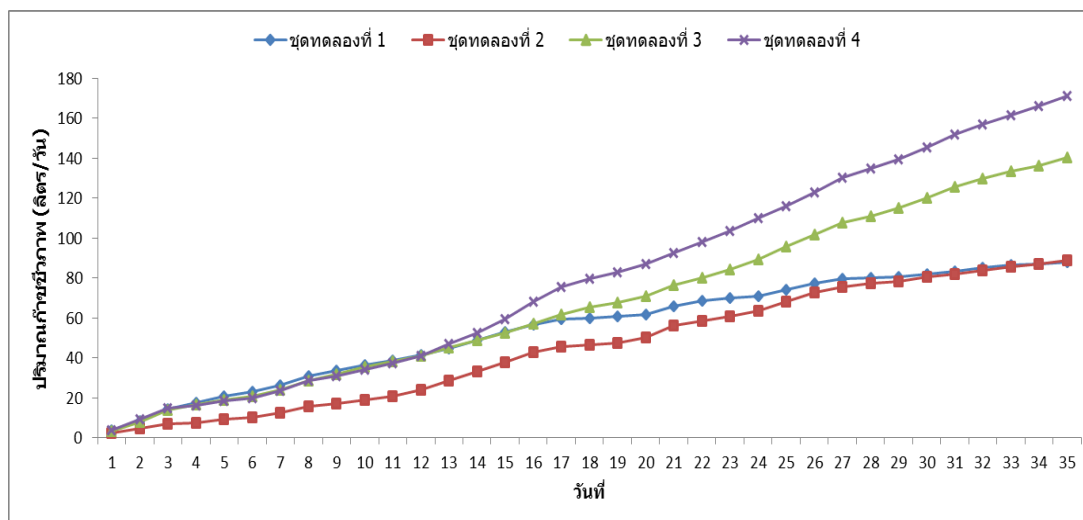
ตารางที่ 2 ปริมาณก๊าซชีวภาพในช่วงภาวะเสถียร

วันที่	ปริมาณก๊าซชีวภาพ (ลิตร/วัน)			
	ชุดทดลองที่ 1	ชุดทดลองที่ 2	ชุดทดลองที่ 3	ชุดทดลองที่ 4
1	10.87	16.02	14.31	10.30
2	11.16	11.73	10.87	9.16
3	9.73	6.87	9.73	9.73
4	12.02	9.16	13.16	10.30
5	10.87	9.16	10.87	9.16
6	11.45	8.58	10.87	11.45
7	12.02	9.16	11.45	9.73
รวม	78.11	70.67	81.26	69.82
Mean±SD	11.16±0.79	10.10±2.98	11.61±1.57	9.97±0.80

ปริมาณก๊าซชีวภาพหลังเสพยาหารและเอนไซม์แพครีเอติน พบว่า ในชุดทดลองที่ 4 มีปริมาณก๊าซชีวภาพต่อวัน และปริมาณก๊าซเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 8.85 ลิตรต่อวัน และ 4.89 ลิตรต่อวัน รายละเอียดดังภาพที่ 2 ปริมาณก๊าซสะสมชุดทดลองที่ 4 มีปริมาณก๊าซสะสมสูงสุด เท่ากับ 171.11 ลิตร รายละเอียดดังภาพที่ 3

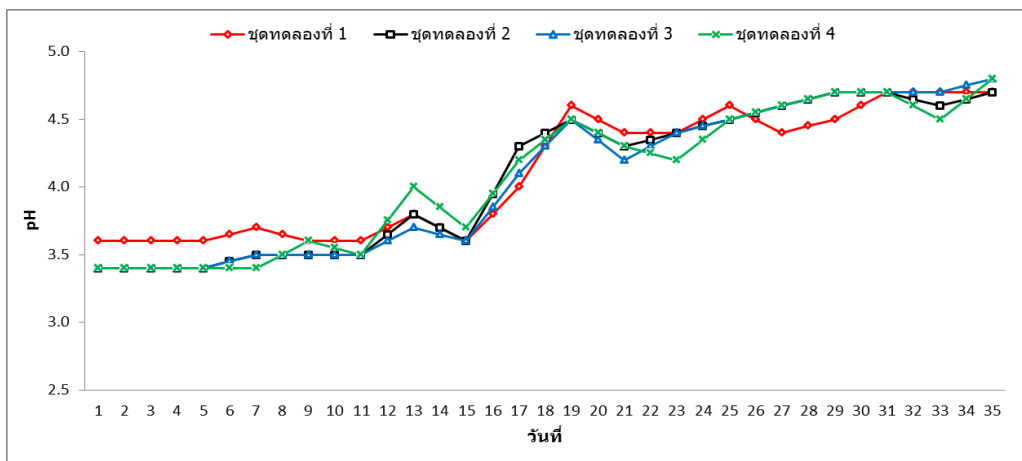


ภาพที่ 2 ปริมาณก๊าซต่อวัน

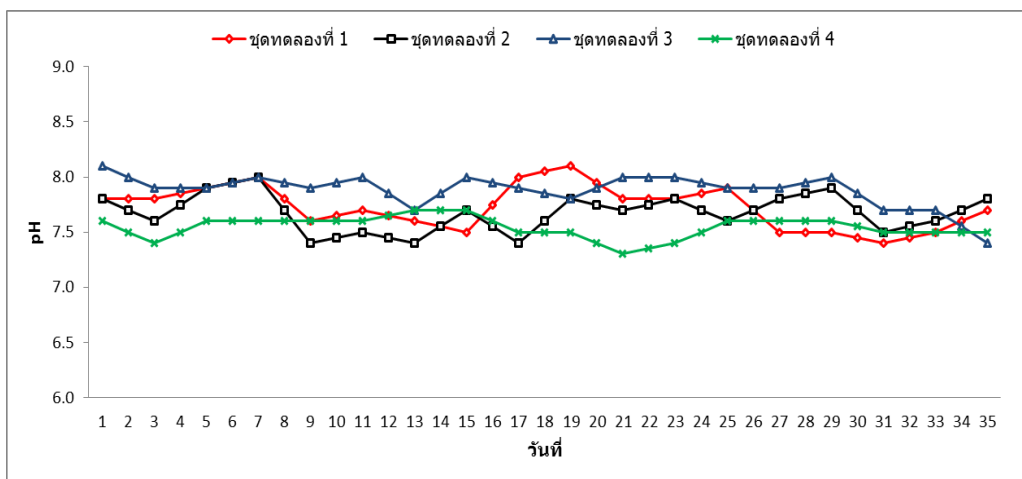


ภาพที่ 3 ปริมาณก๊าซสะสมจากชุดทดลอง

ค่า pH ถึงหมักกรดในชุดทดลองที่ 1-4 พบว่า ทุกชุดทดลองมีค่า pH เฉลี่ย อยู่ 4.1 รายละเอียดดังภาพที่ 4 ส่วนค่า pH ในถังหมักก๊าซมีค่าอยู่ระหว่าง 7.3-8.1 รายละเอียดดังภาพที่ 5

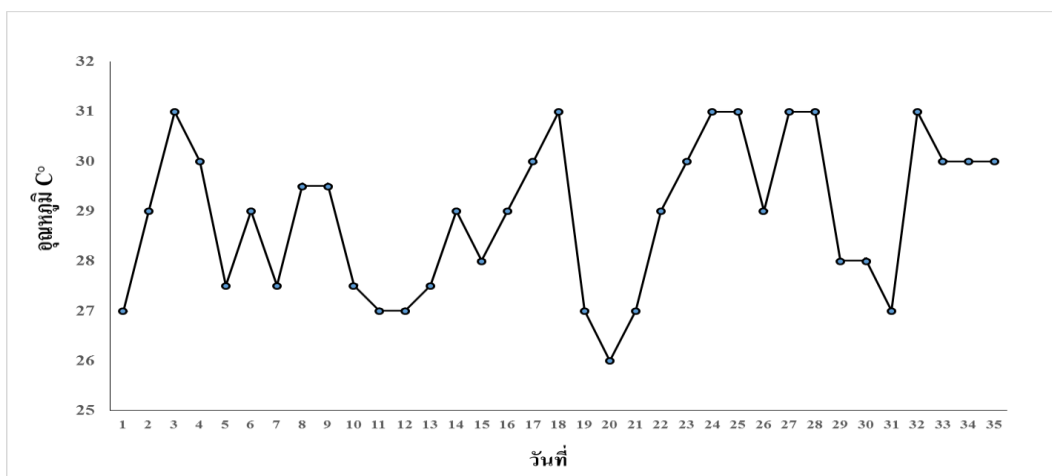


ภาพที่ 4 กราฟพีเอชในถึงหมักกรด



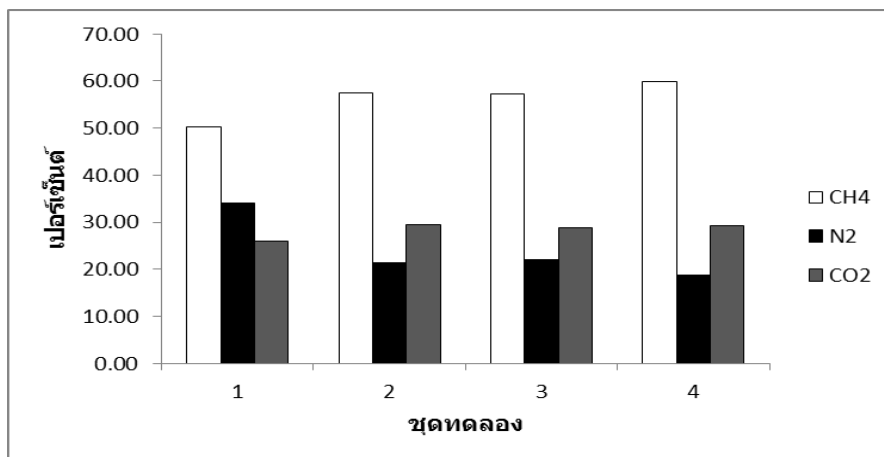
ภาพที่ 5 กราฟพีเอชในถึงหมักก๊าซ

อุณหภูมิช่วงทำการทดลอง อยู่ระหว่าง 26-32 องศาเซลเซียส โดยสภาพอากาศอยู่ในช่วงฤดูฝน จึงมีทั้งฝนตก สลับกับแดดออก ส่งผลให้อุณหภูมิรายวันไม่คงที่ รายละเอียดดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 กราฟอุณหภูมิอากาศ

องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ ชุดทดลองทั้ง 4 ชุด มีปริมาณก๊าซมีเทนอยู่ในช่วง 50-59% โดยชุดทดลองที่ 4 มีปริมาณก๊าซมีเทนมากที่สุด 59% รองลงมาคือชุดทดลองที่ 2 และ 3 เท่ากับ 57% และชุดทดลองที่ 1 มีปริมาณก๊าซมีเทนน้อยที่สุด 50% รายละเอียดดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

องค์ประกอบทางเคมีของเศษอาหาร

ผลการวิเคราะห์เศษอาหารส่วนใหญ่เป็นเศษอาหารประเภทข้าว และเส้นก๋วยเตี๋ยว จึงทำให้มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต มีค่าสูง 52.20% รองลงมา คือ ไขมัน 21.95% เนื่องจากเศษอาหารเป็นประเภทน้ำแกง อาหารประเภทผัดทอด pH ของเศษอาหารเป็นกรดอ่อนๆ เนื่องจากประเภทอาหารส่วนใหญ่เป็นอาหารรสจัดที่มี ฟริก เค็กร่องแกง เป็นส่วนประกอบ เศษอาหารที่ใช้ในการเติมในถังหมักกรดควรเน้นให้เป็นเศษอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต เนื่องจากเศษอาหารประเภทนี้จะช่วยแบคทีเรียสามารถย่อยสลาย และใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด ซึ่งมีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ

ปริมาณก๊าซก่อนช่วงภาวะเสถียร

ปริมาณก๊าซเฉลี่ยแต่ละชุดทดลองอยู่ระหว่าง 6.87-16.02 ลิตรต่อวัน โดยแต่ละชุดทดลองเริ่มมีปริมาณก๊าซคงที่ หรือใกล้เคียงกันในช่วงวันที่ 3-7 จากกราฟปริมาณก๊าซชีวภาพพบว่า วันที่ 1-2 ปริมาณก๊าซยังไม่คงที่เนื่องจากสภาพอากาศ และเกิดการรั่วในชุดทดลองที่ 2 ทำให้ต้องรอให้แบคทีเรียในถังปรับสภาพให้มีการผลิตก๊าซให้เท่ากับชุดทดลองอื่นๆ ซึ่งในวันที่ 3-7 ปริมาณก๊าซในทุกชุดทดลองเริ่มมีปริมาณการเกิดก๊าซคงที่ และใกล้เคียงกัน ส่วน pH ถังหมักก๊าซในทุกชุดทดลองอยู่ในช่วงระหว่าง 7.3-8.1 ซึ่งมีความเหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพ

ปริมาณก๊าซช่วงหลังภาวะเสถียรที่เติมเศษอาหาร และเอนไซม์แพนكريเอติน

พบว่าปริมาณลดลงจากปริมาณก๊าซช่วงก่อนเติมเศษอาหาร และเอนไซม์แพนكريเอติน เนื่องจากน้ำหมักจากการย่อยเศษอาหารที่ไหลเข้าสู่ถังหมักก๊าซมีความเป็นกรด ทำให้แบคทีเรียภายในถังต้องทำการปรับตัวกับอาหารใหม่นั้นๆ ซึ่งส่งผลให้ปริมาณก๊าซที่ผลิตได้ต่อวันมีปริมาณลดลง ปริมาณก๊าซหลังจากการเติมเศษอาหาร และเอนไซม์แพนكريเอติน ในชุดทดลองที่ 4 มีปริมาณก๊าซเฉลี่ย และก๊าซสะสมมากที่สุด 4.89 ± 1.68 ลิตรต่อวัน และ 171.11 ลิตร ส่วนชุด

ทดลองที่ 1 มีปริมาณก๊าซเฉลี่ย และก๊าซสะสมน้อยที่สุด 2.52 ± 1.38 ลิตรต่อวัน และ 88.13 ลิตร ดังนั้นปริมาณเอนไซม์แพนكريเอตินที่เดิมมีผลต่อปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ เนื่องจากเอนไซม์แพนكريเอตินที่เดิมไปช่วยย่อยในขั้นตอนไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) โดยการย่อยสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างโมเลกุลใหญ่อย่างไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตให้มีขนาดโครงสร้างโมเลกุลเล็กลงสามารถละลายน้ำได้ เช่น กรดไขมัน กรดอะมิโน กลูโคส เป็นต้น ส่งผลให้แบคทีเรียนำไปใช้ในกระบวนการผลิตก๊าซมีเทนได้เร็วขึ้น และเศษอาหารที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็น เศษอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง เช่น ข้าว และเส้นก๋วยเตี๋ยว จากการศึกษาของวรวงคณา (2556) พบว่า เศษอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูงมีผลต่อปริมาณก๊าซ เนื่องจากแบคทีเรียทำการย่อยสลาย และใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด ค่า pH ในถังหมักกรด พีเอชในถังหมักกรดทั้ง 4 ชุดทดลอง อยู่ระหว่างช่วง 3.4-4.8 เนื่องจากการย่อยสารอินทรีย์ให้เป็นสารอินทรีย์ระเหยง่ายจึงทำให้ค่า pH ต่ำ ส่วนค่า pH ในถังหมักก๊าซค่าพีเอชอยู่ในช่วงระหว่าง 7.3-8.1 เนื่องจากระบบจึงมีเสถียรภาพในการทำงาน และจากกิจกรรมของแบคทีเรียสร้างก๊าซ ทำให้ค่า pH สูง

อุณหภูมิในการทดลอง

อยู่ในช่วงเดือนสิงหาคม - ตุลาคม เป็นช่วงฤดูฝนทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยอุณหภูมิระหว่างทำการทดลอง อยู่ระหว่าง 26-32 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิในช่วงวันที่ 18-20 มีอุณหภูมิ อยู่ที่ 26-27 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ปริมาณการเกิดก๊าซลดต่ำลงในทุกชุดทดลอง เนื่องจากอุณหภูมิมมีส่วนในการช่วยเพิ่มการละลายสารประกอบและอัตราการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีภายในถังหมัก สอดคล้องกับการผลการศึกษาของ Irimi Angelidaki (2006) พบว่า อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลต่อปริมาณก๊าซให้แปรผันตาม

องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

จากผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟฟี (GC) พบว่าปริมาณก๊าซมีเทนในชุดทดลองที่ 4 มีปริมาณสูงสุด เท่ากับ 59 % ส่วนชุดทดลองที่ 1 มีปริมาณน้อยสุด เท่ากับ 50 % โดยชุดทดลองที่เดิมเอนไซม์แพนكريเอตินจะมีปริมาณมีเทนที่สูงกว่าชุดทดลองที่ 1 เนื่องจากปฏิกิริยาจากตัวเอนไซม์แพนكريเอตินในการย่อยเศษอาหารที่เดิม ส่วนก๊าซไนโตรเจนในชุดทดลองที่ 1 ที่มีปริมาณมากกว่าชุดทดลองอื่นๆ เนื่องจากกลไกดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) ที่ใช้สารอินทรีย์คาร์บอนจากเศษอาหารซึ่งได้เป็นไนเตรทให้เปลี่ยนเป็นไนไตรต์ และไนโตรเจนตามลำดับ ส่วนชุดทดลองที่ 2-4 ที่มีปริมาณไนโตรเจนน้อยกว่าอาจเกิดจากแบคทีเรียเฮเทอโรโทรบในระบบที่จะใช้ในเตรตแทนออกซิเจนในการย่อยสารอินทรีย์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2546) ซึ่งปริมาณก๊าซมีเทนมีผลสอดคล้องกับผลการศึกษาของจิรสมัย คลชม (2551) ที่ทำการหมักก๊าซจากเศษอาหาร ในถังหมักแบบสองขั้นตอน ซึ่งมีปริมาณมีเทนเท่ากับ 58%

ข้อจำกัดในการศึกษารั้งนี้

1. เศษอาหารที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มาจากศูนย์อาหารหนองแวง และศูนย์อาหารและบริการ 2 (โรงชาย) มหาวิทยาลัยขอนแก่น
2. อุณหภูมิในช่วงการทดลองค่อนข้างต่ำ เนื่องจากการทดลองอยู่ในช่วงเดือนสิงหาคม ถึงตุลาคมพ.ศ. 2559 ซึ่งเป็นฤดูฝน

ข้อเสนอแนะหรือการนำไปใช้ประโยชน์

1. จากผลการศึกษาพบว่าปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดจากชุดทดลองมีปริมาณน้อย และไม่เพียงพอกับการใช้งานในครัวเรือน ดังนั้นในการประยุกต์ใช้จึงควรพิจารณาเพิ่มขนาดของถังหมักก๊าซ โดยอาจใช้บ่อแบบพลาสติกคลุม (Covered Lagoon) ที่มีขนาดความจุมากกว่า 3 ลบ.ม เพื่อให้สามารถเพิ่มปริมาณเศษอาหารที่เติมต่อวัน
2. ในการประยุกต์ใช้เอนไซม์แพนครีเอตินในระบบหมักก๊าซ ควรใช้ปริมาณเอนไซม์แพนครีเอติน เท่ากับ 0.5 (%w/w)
3. ควรทำการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพจากการเติมเอนไซม์แพนครีเอตินแบบครั้งเดียว และแบบต่อเนื่อง เพื่อให้ได้ทราบรูปแบบการเติมเอนไซม์แพนครีเอตินที่ทำให้ระบบสามารถผลิตก๊าซได้มาก หรือราคาเหมาะสมในการใช้งานจริง
4. ควรทำการศึกษาในฤดูกาลที่แตกต่างกัน เพื่อให้ได้ผลการศึกษาที่ครอบคลุมกับสภาวะอากาศในประเทศไทย
5. ควรศึกษาความเป็นไปได้ และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการใช้เอนไซม์แพนครีเอตินในระบบหมักก๊าซชีวภาพขนาดใหญ่ เช่น ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ และโรงงานอุตสาหกรรม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร. เพ็ญศรี ปลั่งกลาง ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น และอาจารย์ ดร.รัฐพล ไกรกลาง ภาควิชาการบริหารสาธารณสุข การส่งเสริมสุขภาพ โภชนาการ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้คำปรึกษาเรื่องข้อมูลทางด้านเอนไซม์ และขอขอบคุณนายอลงกรณ์ มีศิลป์และนายอรรถจิต จวนสง ในการดำเนินการสร้างชุดทดลองครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (ร่าง) รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2557. [วารสารออนไลน์] 2557 [อ้างเมื่อ 4 มกราคม 2560]. จาก http://www.pcd.go.th/public/News/Files/Draft5803_18-1.pdf.

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. คู่มือวิชาการระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ เล่มที่ 1. กรุงเทพฯ: กรมควบคุมมลพิษ; 2546.

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กิจกรรมการลด คัดแยก และใช้ประโยชน์ขยะมูลฝอย [วารสารออนไลน์] 2550 [อ้างเมื่อ 4 มกราคม 2560]. จาก https://www.google.co.th/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUK Ewjz_YrQo_3RAhUFuo8KHb6HCW0QFggoMAI&url=http%3A%2F%2Finfofile.pcd.go.th%2Fwaste%2F1314FEB2012_3.pdf&usq=AFQjCNF96lnYdGwBgVObN3IG4lyghsd7w&sig2=mkMlzgRepOkbvdh9ZpJLXw&bvm=bv.146094739,d.c2I

จิรสมัย ดลชม. ศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากกรดอินทรีย์ระเหยในระบบถังหมักแบบสองชั้นตอน. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา]. มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร; 2551.
พัชรี บุญศิริ, เปรมใจ อารีจิตรานุสรณ์, อุบล ชาอ่อน และปิติ ฐวจิตต์ บรรณาธิการ. ตำราชีวเคมี. พิมพ์ครั้งที่ 5. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2551.



วรางคณา ริมปีกุล. ผลของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใส่ในเศษอาหารต่ออัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ. [วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม]. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2556.

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. สถานการณ์พลังงานไทย ช่วง 6 เดือนแรกของปี 2558.

[วารสารออนไลน์] 2558 [อ้างเมื่อ 4 มกราคม 2560]. จาก http://www.eppo.go.th/info/Situation/quarterly/2015_Q2.pdf.

Angelidaki I, Chen X, Cui J, Kaparaju P, Ellegaard L. Thermophilic anaerobic digestion of source-sorted organic fraction of household municipal solid waste : Start-up procedure for continuously stirred tank reactor.

[online] 2006 [cited 2017 jan 4]. Available from:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135406003058/pdf?md5=3137093e2f2091a57730c401b35c02a9&pid=1-s2.0-S0043135406003058-main.pdf>

58/pdf?md5=3137093e2f2091a57730c401b35c02a9&pid=1-s2.0-S0043135406003058-main.pdf

International Energy Agency. World Energy Outlook. Paris: IEA; 2017.

KIM, Woong, et al. Method for Promoting Production of Biogas Using Pancreatin in an Anaerobic Digestion Process.

[online] 2015 [cited 2017 jan 4]. Available from: <http://www.freepatentsonline.com/20150175462.pdf>

United states census bureau. Total Midyear Population for the World: 1950-2050. [online] 2017 [cited 2017 feb 3].

Available from: http://www.census.gov/population/international/data/worldpop/table_population.php