

ศักยภาพการย่อยสลายให้ก๊าซมีเทนของเศษก้านและใบไม้หลายชนิด กลั่นประทุม ปัญญาปิง* วรวิฑูร์ กันอิน สารนุรักษ์ แสนพรหม และ เอกราช คำปัญญา

Biochemical Methane Potential of Several Kinds of Petioles and Leaves Waste

Klinpratoom Panyaping*, Worawut Kan-In, Saranuruk Saenphrom
and Aekarach Khampanyo

สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ 50300
Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Mai, 50300.

*Corresponding Author. E-mail address: klinpratoomp@yahoo.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาศักยภาพการย่อยสลายให้ก๊าซมีเทน (Biochemical Methane Potential, BMP) ของของเสียพวกเศษก้านและใบไม้หลายชนิด ได้แก่ เศษก้านและใบไม้รวมของชุมชนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล (มทร.) ล้านนา และของชุมชนบ้านทุ่งปี จังหวัดเชียงใหม่ มะม่วง และสัปปะรดในชุมชน มทร. ล้านนา โดยใช้อัตราส่วนของของเสียผสม: เชื้อจุลินทรีย์ตั้งต้น 70:30 ด้วยชุดถังหมักที่ออกแบบขึ้นต่อเข้ากับชุดทดสอบ BMP รวมทั้งหมด 5 ชุด (รวม Blank) ระหว่างเดือนตุลาคม 2554 - กุมภาพันธ์ 2555 และวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ซีโอดี ของแข็งรวม ของแข็งระเหย ความแตกต่าง และกรดไขมันระเหย ทั้งก่อนและหลังเดินระบบ

ผลการศึกษาพบว่า %BMP ในหน่วยของสัดส่วนการผลิตก๊าซมีเทนในระบบต่อการผลิตก๊าซมีเทนทางทฤษฎีของของเสียข้างต้นในชุดที่ 1 (เศษก้านและใบไม้รวมของชุมชน มทร.ล้านนา) 3 (เศษก้านและใบมะม่วง) และ 4 (เศษก้านและใบสัปปะรด) มีค่าใกล้เคียงกัน 25.58% 25.06% และ 25.38% ตามลำดับ ส่วน %BMP ในชุดที่ 2 (เศษก้านและใบไม้รวมชุมชนบ้านทุ่งปี) มีค่าต่ำสุด 20.59% และประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของของเสียในชุดการทดลองที่ 1-4 เท่ากับ 59.72% 55.00% 56.61% และ 53.66% ตามลำดับ ค่า %BMP ที่ได้จากของเสียจำพวกเศษก้านและใบไม้เหล่านี้ สามารถนำไปใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพ

คำสำคัญ: ศักยภาพการย่อยสลายให้ก๊าซมีเทน เศษก้านและใบไม้หลายชนิด สภาวะไร้ออกซิเจน

Abstract

The objective of this study was to evaluate the Biochemical Methane Potential (BMP) of several kinds of petioles and leaves waste (PLW); PLW of Rajamangala University of Technology Lanna (RMUTL) community, PLW of Ban Tung Pee community, Chiang Mai, PLW of mango, and PLW of tek in RMUTL. The ratio of mixed waste and starter 70:30 was used in the designed digester that connected with BMP test set. 5 sets of experiment including blank were conducted during October 2011 - February, 2012. The related parameters were determined before and after experiment, namely, pH, Temperature (T), Chemical Oxygen Demand (COD), Total solids (TS), Volatile Solids (VS), Alkalinity (Alk.), and Volatile Fatty Acid (VFA).

It was found that %BMPs in the unit of the ratio of methane yield in system per methane yield in theory of the 1st (PLW of RMUTL), 3rd (PLW of mango), and 4th (PLW of tek) set were similar values; 25.58%, 25.06%, and 25.38%, respectively. %BMP of the 2nd set (PLW of Ban Tung Pee) was minimum 20.59%. The removal efficiencies of COD in the 1st to the 4th set were 59.72%, 55.00%, 56.61%, and 53.66%, respectively. These %BMP values indicated that these PLWs could be used for biogas production.

Keywords: Biochemical Methane Potential, petioles and leaves waste, anaerobic condition.

บทนำ

พลังงานทดแทน นับเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญอีกปัจจัยหนึ่งในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ปัจจุบันมีการใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ความต้องการแหล่งพลังงานเพิ่มมากขึ้น การใช้พลังงานทดแทนประเภทก๊าซชีวภาพ จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการผลิตพลังงานจากการใช้ประโยชน์ของเหลือทิ้งหรือของเสียประเภทสารอินทรีย์ ได้แก่ ใบไม้ น้ำซี้หมู เป็นต้น การใช้ของเสียดังกล่าวในการผลิตเป็นแหล่งพลังงานนั้น จำเป็นต้องทราบถึงค่าศักยภาพในการย่อยสลายให้ก๊าซมีเทน (Biochemical Methane Potential, BMP) ของของเสียที่นำมาบำบัดด้วยระบบไร้ออกซิเจน ซึ่งอยู่ในรูปของปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นทั้งหมดต่อกรัมชีโอติ (Chemical Oxygen Demand, COD) หรือกรัมของของแข็งที่ระเหยได้ (Volatile Solids, VS) ของของเสียที่ป้อนเข้า ตัวอย่างเช่น การศึกษาของ (LFU, 2007) พบว่าใบมะรุมสามารถผลิตมีเทนได้ 4,400 ลบ.ม. ต่อพื้นที่ 6.25 ไร่ ต่อปี นอกจากนั้นของเสียพวกเศษใบไม้ เช่น หญ้าเนเปียร์ ฟางข้าว ข้าวโพด มีค่ามีเทนคิดในรูปของของแข็งที่ระเหยได้ตอนเริ่มระบบต่อกิโลกรัม คือ 0.589, 0.527 และ 0.477 CH₄ ตามลำดับ ช่วยเพิ่มศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพของน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกร คิดเป็นร้อยละ 5-25% เมื่อเทียบกับการหมักย่อยเฉพาะน้ำเสียจากฟาร์มสุกรเพียงอย่างเดียว (สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานมหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2548) ปริมาณก๊าซมีเทนที่ได้จากการทดลองสามารถบ่งบอกชนิดของของเสียที่ให้ปริมาณก๊าซมีเทนได้ดีที่สุด หรือให้ปริมาณก๊าซมีเทนในปริมาณที่สามารถนำไปผลิตก๊าซชีวภาพได้

จากการศึกษาหาศักยภาพการย่อยสลายให้ก๊าซมีเทนของเศษก้านและใบลำไย พบว่ามีศักยภาพในการย่อยสลายให้ก๊าซมีเทน (%BMP) ประมาณร้อยละ 50 (จุฑามาส และคณะ, 2554) ซึ่งจากกรณีศึกษาดังกล่าว จึงน่าสนใจที่จะนำเอาเศษก้านและใบไม้ชนิดอื่น ๆ มาหาค่า %BMP ด้วย สำหรับการศึกษาครั้งนี้เป็นการทดลองหมักย่อยของเสียจำพวกเศษก้านและใบไม้ทั้งชนิดเดียวกัน และรวมหลายชนิดจากแหล่งกำเนิด คือ ชุมชนที่ต่างกัน ด้วยวิธีการหาค่า Biochemical Methane Potential (BMP) เพื่อประเมินค่าประสิทธิภาพและศักยภาพในการย่อยสลายให้ก๊าซมีเทนของของเสียพวกเศษก้านและใบไม้ของไม้ยืนต้นในสถานะไม่ใช้ออกซิเจนที่อุณหภูมิปกติ คือ อุณหภูมิห้อง เพื่อให้ทราบถึงโอกาสในการนำของเสียชนิดที่มีศักยภาพสูงไปใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพในระดับชุมชนต่อไป

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

ประกอบด้วยชุดทดลองจำนวน 5 ชุด ชุดละ 2 ขั้ว รวมจำนวน 10 ชุด (รวม Blank 2 ชุด) ทำการทดลองที่สภาวะปกติ (อุณหภูมิห้อง) โดยใช้วัสดุหมักย่อยที่มีปริมาตรรวม 3,000 มิลลิลิตร (ml) และมีสัดส่วนของของเสียผสม : เชื้อตั้งต้น เท่ากับ 70:30 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ดีในการย่อยสลายให้ก๊าซมีเทน (สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2548) ทำการทดลองระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม 2554 - 29 กุมภาพันธ์ 2555 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วยวัสดุต่างๆ ดังนี้

- ของเหลือทิ้ง ได้แก่ เศษก้านและใบไม้รวมของชุมชนเมือง คือ ชุมชนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่ (มทร. ล้านนา) และชุมชนชนบท คือ ชุมชนบ้านทุ่งปี่ ตำบลทุ่งปี่ อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ เศษก้านและใบของมะม่วง และสักร์ ที่เหลือทิ้งจากการเก็บเกี่ยว หรือใบที่เกิดจากการร่วงหล่น ซึ่งทำการสุมตัวอย่างอย่างง่าย

- ของเสีย คือ ตะกอนจุลินทรีย์ จากบ่อหมักก๊าซชีวภาพ ฟาร์มหมูดอนแก้ว ตำบลดอนแก้ว อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ และเชื้อตั้งต้นที่ผ่านการบำบัดของเสีย โดยบ่อหมักราง (Channel Digester, CD) จากสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง

2. ชุดถังหมัก ที่สร้างขึ้นใช้ในการทดลอง ทำด้วยขวดโหลพลาสติกขนาด 400 ml กว้าง x สูง 16 x 20 cm ซึ่งด้านบนเจาะรูเพื่อปล่อยก๊าซส่วนเกินออกและอีกรูต่อเข้ากับชุดทดสอบ BMP ขนาดกว้าง x สูง 28 x 40 cm ซึ่งภายในชุดทดสอบ BMP มีกระบอกตวงขนาด 250 ml ครอบท่อนำก๊าซ ซึ่งมีทั้งหมด 12 อัน สำหรับใช้วัดก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากการแทนที่ในน้ำยาที่เป็นสารละลายต่างฟีนอลฟทาซินของชุดทดลองแต่ละชุด จำนวน 2 ขั้ว ดังรูปที่ 1

3. ทำการเดินระบบหมักและติดตามผลการเดินระบบด้วยชุดถังหมักที่สร้างขึ้นและชุดทดสอบ BMP ที่ได้รับการอนุเคราะห์จากสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ เพื่อหาศักยภาพในการย่อยสลายของของเสียให้ก๊าซมีเทนของแต่ละชุดการทดลอง

4. พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ pH, อุณหภูมิ ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand, COD) ของแข็งรวม (Total Solid, TS) ของแข็งระเหย (Volatile Solid, VS) ความเป็นด่าง (Alkalinity, Alk.) และกรดไขมันระเหย (Volatile Fatty Acid, VFA) ทั้งก่อนและหลังการทดลองเดินระบบ ถูกตรวจวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐานของ APHA AWWA และ WEF, 2005 เพื่อนำค่าที่ได้มาใช้ในการคำนวณหาค่า %BMP

5. สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่ได้จากการทดลอง

5.1 การคำนวณหาปริมาณของแข็งระเหยง่ายที่ถูกย่อยสลาย

ของแข็งระเหย_(เข้า) - ของแข็งระเหย_(ออก) = ของแข็งระเหยที่ถูกกำจัด

$$VS_{in} \text{ (mg/l)} - VS_{out} \text{ (mg/l)} = VS_{removed} \text{ (mg/l)}$$

5.2 การคำนวณหาปริมาณซีโอดี (COD) ที่ถูกย่อยสลายและประสิทธิภาพในการกำจัด

ซีโอดี_(เข้า) - ซีโอดี_(ออก) = ซีโอดีที่ถูกกำจัด

$$\text{COD}_{\text{in}} (\text{mg/l}) - \text{COD}_{\text{out}} (\text{mg/l}) = \text{COD}_{\text{removed}} (\text{mg/l})$$

5.3 ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี (COD)

$$\% \text{ การกำจัดซีโอดี (COD)} = \frac{[\text{COD}_{\text{in}} (\text{mg/l}) - \text{COD}_{\text{out}} (\text{mg/l})] \times 100}{\text{COD}_{\text{in}} (\text{mg/l})}$$

5.4 การหาค่าอัตราการผลิตก๊าซมีเทนของจุลินทรีย์ (Specific Methane Yield)

$$\text{อัตราการผลิตก๊าซมีเทนของจุลินทรีย์} = \frac{\text{ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นทั้งหมด (l)}}{\text{น้ำหนักของซีโอดีที่ถูกย่อยสลาย (kg)}}$$

5.5 การหาค่าศักยภาพการย่อยสลายสารอินทรีย์ให้ก๊าซมีเทน (% BMP)

$$\% \text{ BMP} = \frac{\text{อัตราการผลิตก๊าซมีเทนของจุลินทรีย์}}{\text{ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นตามทฤษฎี}} \times 100$$

จากทฤษฎี COD 1 kg เปลี่ยนเป็นก๊าซมีเทน 350 l

5.6 การหาอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Biodegradable, % BD)

$$\% \text{ BD} = \frac{\text{น้ำหนักของซีโอดีที่ถูกย่อยสลาย (mg)}}{\text{น้ำหนักของซีโอดีของชุดการทดลอง (mg)}} \times 100$$

ที่มา : สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2554.

ผลการศึกษา

การหมักย่อยของของเสียจำพวกเศษก้านและใบไม้

จากสัดส่วนของของเสียผสม : เชื้อเริ่มต้น 70 : 30 ทำให้ได้วัสดุหมักที่ประกอบด้วยเศษก้านและใบไม้ น้ำขี้หมู และน้ำกลั่นที่มีปริมาตรต่างกันแต่มีเชื้อจุลินทรีย์ตั้งต้นเท่ากัน ใช้ระยะเวลาทดลองนาน 64 วัน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดชุดทดลองย่อยสลายเศษก้านและใบไม้หลายชนิด

ชุดทดลอง	รายละเอียดของชุดทดลอง	จำนวนชุดทดลอง (ซ้ำ)
ชุดที่ 1	(เศษก้านและใบไม้รวมมทร.ล้านนา 8.5 g) + (น้ำขี้หมู 1,342 ml) + (น้ำกลั่น 749 ml) + (เชื้อจุลินทรีย์ตั้งต้น 900 ml)	2
ชุดที่ 2	(เศษก้านและใบไม้รวมชุมชน 9.4 g) + (น้ำขี้หมู 1,342 ml) + (น้ำกลั่น 748 ml) + (เชื้อจุลินทรีย์ตั้งต้น 900 ml)	2
ชุดที่ 3	(เศษก้านและใบมะม่วง 7.2 g) + (น้ำขี้หมู 1,342 ml) + (น้ำกลั่น 750 ml) + (เชื้อจุลินทรีย์ตั้งต้น 900 ml)	2
ชุดที่ 4	(เศษก้านและใบสัก 6.3 g) + (น้ำขี้หมู 1,342 ml) + (น้ำกลั่น 751 ml) + (เชื้อจุลินทรีย์ตั้งต้น 900 ml)	2
ชุดที่ 5	Blank (น้ำขี้หมู 1,342 ml) + (น้ำกลั่น 758 ml) + (เชื้อจุลินทรีย์ตั้งต้น 900 ml)	2

หมายเหตุ: น้ำหนักเศษก้านและใบไม้มีน้ำหนัก 8.5, 9.4, 7.2 และ 6.3 g (กรัม) คิดเป็น 9, 10, 8, และ 7 ml (มิลลิตร) ตามลำดับ

ส่วนลักษณะสมบัติของของเสียที่ใช้ในการทดลอง พบว่าเศษก้านและใบไม้หลายชนิด ต่างก็มีค่าของแข็งระเหย (VS) สูง ซึ่งแสดงว่ามีปริมาณสารอินทรีย์อยู่มาก เหมาะแก่การนำไปย่อยสลายให้ก๊าซมีเทน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลักษณะสมบัติของของเสียที่ใช้ในการทดลอง

ตัวอย่างที่นำมาใช้ทดลอง	pH	ความหนาแน่นของใบไม้ (g/ml)	TS (mg/l)	VS (mg/l)
เศษก้านและใบไม้รวมชุมชนมทร.ล้านนา	4.00	1.1765	377,136	338,207
เศษก้านและใบไม้รวมชุมชน	4.88	1.2500	388,920	306,306
เศษก้านและใบไม้มะม่วง	4.50	1.1765	438,887	400,807
เศษก้านและใบไม้สัก	5.24	1.0526	532,490	457,391
น้ำขี้หมู	7.51	–	8,010	5,023
เชื้อตั้งต้น	7.46	–	69,933	37,456

ตารางที่ 3 ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการหมักย่อยก่อนเดินระบบและสิ้นสุดการเดินระบบ

ชุดทดลอง	pH _b	pH _a	COD _{in} (mg/l)	COD _{out} (mg/l)	VS _{in} (mg/l)	VS _{out} (mg/l)	VFA _b /Alk. (mg/l)	VFA _a /Alk. (mg/l)
ชุดที่ 1	7.46	6.93	20,727	8,349	12,500	760	0.057	0.092
ชุดที่ 2	7.54	6.95	18,032	8,115	11,918	713	0.057	0.095
ชุดที่ 3	7.53	6.87	16,901	7,333	9,050	716	0.114	0.104
ชุดที่ 4	7.55	6.95	18,108	8,391	11,338	738	0.104	0.087
ชุดที่ 5	7.64	6.90	12,260	7,612	6,578	681	0.060	0.065

หมายเหตุ: pH_b=pH ก่อนเดินระบบ pH_a=pH หลังเดินระบบ COD_{in}=COD เข้า COD_{out}=CODออก VS_{in}=VSเข้า VS_{out}=VSออก VFA_b/Alk. =ค่าก่อนเดินระบบ VFA_a/Alk. =ค่าหลังเดินระบบ

จากตารางที่ 3 พบว่าค่า VS_{out} และ COD_{out} มีค่าลดลงอย่างมาก ส่วนค่า VFA/Alk. มีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงว่ามีกรดไขมันระเหยเกิดขึ้นในระบบ อันเป็นผลจากปฏิกิริยาการย่อยสลาย แต่ค่าที่ได้มีค่าไม่เกิน 0.1 ถือว่ามีความเหมาะสมต่อการย่อยสลาย (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2551) และการย่อยสลายเกิดขึ้นได้ดี ทำให้สารตั้งต้นถูกเปลี่ยน เป็นก๊าซมีเทนด้วยปฏิกิริยา Acetogenesis และ Methanogenesis ตามลำดับ สอดคล้องกับทฤษฎีการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน (Mackenzie et al., 2008)

ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์และศักยภาพการย่อยสลายให้ก๊าซมีเทน

จากค่าพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ได้ข้างต้น เมื่อนำไปคำนวณตามสูตรต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง สามารถหาค่าประสิทธิภาพในการกำจัดและศักยภาพการย่อยสลายให้ก๊าซมีเทนได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีและศักยภาพการย่อยสลายให้แก๊สมีเทน

ชุดทดลอง	ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี (%)	Specific Methane Yield ($\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{kg COD}_{\text{removed}}$)	% BD	% BMP
ชุดที่ 1	59.72	0.090	62.44	25.58
ชุดที่ 2	55.00	0.072	53.12	20.59
ชุดที่ 3	56.61	0.088	51.40	25.06
ชุดที่ 4	53.66	0.089	52.17	25.38
ชุดที่ 5	37.92	-	-	-

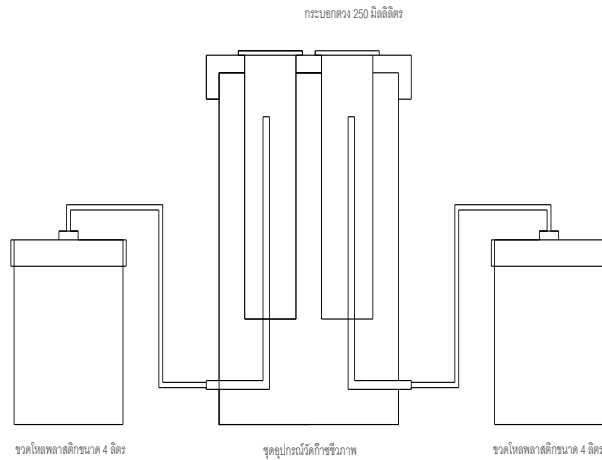
หมายเหตุ: Specific Methane Yield = อัตราการย่อยสลายมีเทนของจุลินทรีย์ % BD = อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ % BMP = ศักยภาพการย่อยสลายให้แก๊สมีเทน

จากตารางที่ 4 พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของของเสียและอัตราการย่อยสลายมีเทนของจุลินทรีย์จากทุกชุดการทดลอง มีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นชุดที่ 5 (blank) ที่มีค่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของของเสียต่ำ ซึ่งแสดงว่ามีการปนเปื้อนเกิดขึ้น ส่วน %BD นั้น มีค่าผกผันกับ %BMP และค่า %BMP ของชุดที่ 1, 3 และ 4 คือ เศษก้านและใบไม้รวมชุมชน มทร.ล้านนา มะม่วง และสั๊ก ตามลำดับ มีค่าใกล้เคียงกัน โดยชุดที่ 1 (เศษก้านและใบไม้รวมชุมชน มทร.ล้านนา) มีค่ามากที่สุด (25.58%) และชุดที่ 2 (เศษก้านและใบไม้รวมชุมชนบ้านทุ่งปี่) มีค่าน้อยที่สุด (20.59%)

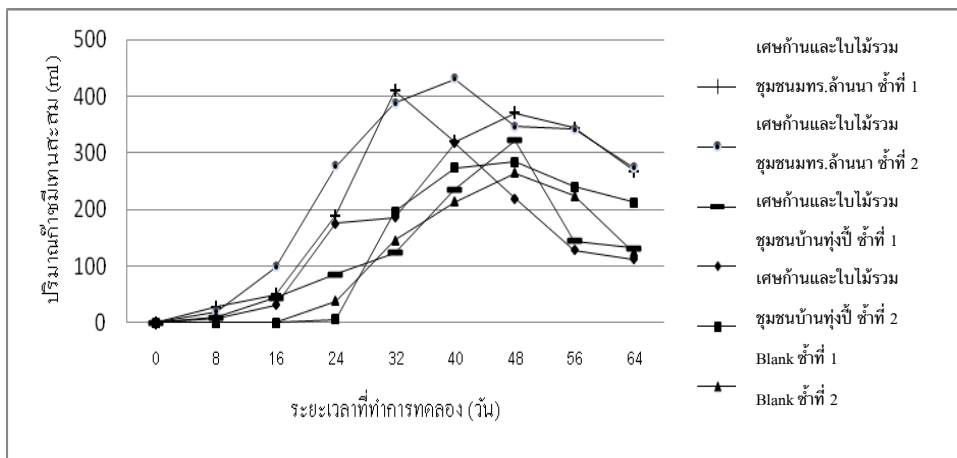
ตารางที่ 5 ปริมาณแก๊สมีเทนสะสมที่เกิดขึ้นจากการหมักย่อยสลายเศษก้านและใบไม้หลายชนิด

ชุดทดลอง	ปริมาณแก๊สมีเทนทั้งหมดจากการทดลอง (ml)		ระยะเวลาที่เกิดปริมาณแก๊สมีเทนสูงสุด (วัน)	
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2
ชุดที่ 1	1,980	2,174	32	40
ชุดที่ 2	1,098	1,180	48	40
ชุดที่ 3	1,254	1,332	48	48
ชุดที่ 4	1,376	1,326	48	48
ชุดที่ 5	1,212	1,010	48	48

จากตารางที่ 5 และรูปที่ 2-3 พบว่าปริมาณแก๊สมีเทนสะสมที่ได้จากการทดลองชุดที่ 1 (เศษก้านและใบไม้รวมชุมชน มทร.ล้านนา) มีค่ามากที่สุด โดยใช้เวลาในการเกิดแก๊สมีเทน (32-40 วัน) สั้นกว่าชุดอื่น ๆ (40-48 วัน) ส่วนที่มีค่าน้อยที่สุดคือ ชุดที่ 2 (เศษก้านและใบไม้รวมชุมชนบ้านทุ่งปี่) สอดคล้องกับค่า %BMP ที่ได้ข้างต้น

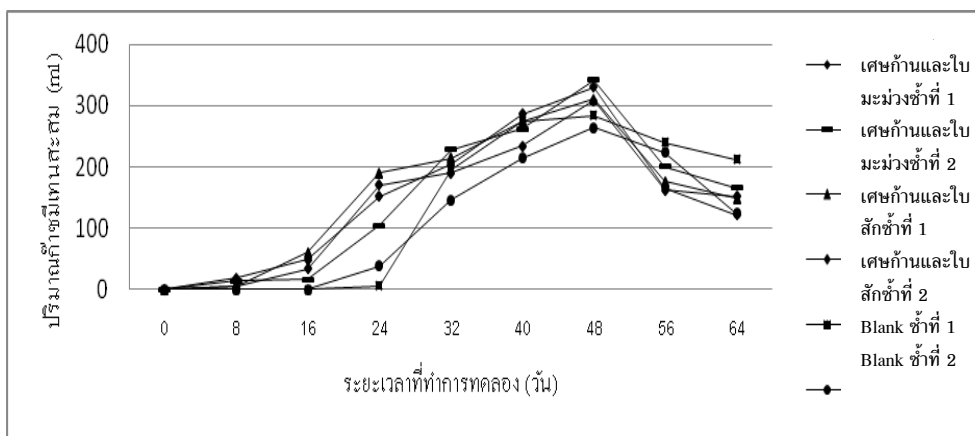


รูปที่ 1 แบบจำลองการย่อยสลายให้ก๊าซมีเทนที่ประกอบด้วยถังหมักที่ต่อเข้ากับชุดทดสอบ BMP สำหรับ 1 ชุดทดลอง



หมายเหตุ: ชุดทดลองที่ 1 (เศษก้านและใบไม้รวมชุมชน มทร.ลำนานา) 2 (เศษก้านและใบไม้รวมชุมชนบ้านทุ่งปี่) และ 5 (Blank)

รูปที่ 2 ปริมาณการเกิดก๊าซมีเทนสะสมของชุดการทดลองที่ 1-2 และ 5



หมายเหตุ: ชุดทดลองที่ 3 (เศษก้านและใบมะม่วง) 4 (เศษก้านและใบสั้ก) และ 5 (Blank)

รูปที่ 3 ปริมาณการเกิดก๊าซมีเทนสะสมของชุดการทดลองที่ 3-5

จากรูปที่ 2-3 พบว่าแต่ละชุดการทดลองใช้เวลาในการย่อยสลายต่างกัน ในการวัดปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้น ทำการวัดทุกวัน ยกเว้นวันหยุด ปริมาณก๊าซมีเทนสะสมที่วัดได้ ในช่วง 8 วัน คิดเป็นปริมาณก๊าซมีเทนรวมในแต่ละช่วง ผลการทดลองที่ได้ กล่าวได้ว่าของเสียที่เป็นเศษก้านและใบไม้หลายชนิดรวมกัน ซึ่งมาจากแหล่งกำเนิด คือ ต่างชุมชนกัน และต่างชนิดกัน ซึ่งมาจากชุมชนเดียวกัน มีการย่อยสลายให้ก๊าซมีเทนได้ต่างกัน

วิจารณ์ผลการศึกษา

จากการศึกษาศักยภาพการย่อยสลายให้ก๊าซมีเทนของเศษก้านและใบไม้รวมชุมชน มทร.ล้านนา ชุมชนบ้านทุ่งปี มะม่วง และสั้ก ด้วยชุดถังหมักที่ต่อเข้ากับชุดทดสอบ BMP เพื่อหาปริมาณก๊าซมีเทนสะสมที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายข้างต้น พบว่าโดยรวมแล้วเศษก้านและใบไม้รวมของชุมชนเมือง คือ มทร.ล้านนา ให้ปริมาณก๊าซมีเทนได้มากกว่าชุมชนชนบท คือ บ้านทุ่งปี ในระยะเวลาการย่อยสลายที่สั้นกว่า เนื่องจากค่า %BMP ของเศษก้านและใบไม้รวมชุมชนเมือง ประกอบด้วยพืชหลัก คือ มะม่วงและสั้ก และอื่นๆ คือ ขนุน และกระท้อน เป็นต้น จึงมีลักษณะสมบัติทางเคมีที่มีค่าของแข็งรวม (TS) และของแข็งระเหย (VS) ของเศษก้านและใบไม้ในชุมชนเมือง สูงกว่า เศษก้านและใบไม้ในชุมชนชนบท ที่ประกอบด้วยพืชหลัก คือ มะม่วงและลำไย และอื่นๆ คือ มะกูด ฝรั่ง และมะยม ซึ่งมีค่า TS และ VS น้อยกว่า ส่วนเศษก้านและใบมะม่วงให้ปริมาณก๊าซมีเทนได้มากกว่าเศษก้านและใบสั้ก ในระยะเวลาที่เท่ากัน เนื่องจากมะม่วงมีค่า TS และ VS ต่ำกว่าสั้ก ซึ่งมีสารอินทรีย์ที่เป็นเซลล์โลสที่มีความแข็งแรงมาก (บุญรอด, 2551) ทำให้ค่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของสั้กน้อยกว่ามะม่วง และมะม่วงมีค่าใกล้เคียงกับเศษก้านและใบไม้รวมชุมชนชนบท นอกจากนั้นการหมักย่อยที่อุณหภูมิห้อง โดยไม่ใช้เครื่องเขย่าช่วยกวนระหว่างเดินระบบ ทำให้ใช้เวลาในการหมักนาน เนื่องจากจุลินทรีย์มีการสัมผัสกับสารอาหารไม่เต็มที่ (วีระพล, 2554) สอด

คล้องกับผลการศึกษาค่า %BMP ของเศษก้านและใบลำไยที่ต่างสภาวะและที่อุณหภูมิต่างกัน (จุฑามาส และคณะ, 2554) ซึ่งพบว่าการย่อยสลายที่อุณหภูมิสูง 55 °C ใช้เวลาในการย่อยสลาย 5 – 7 วัน ให้ค่า %BMP ประมาณ 50% ทั้งนี้เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงจุลินทรีย์ชนิดที่ชอบความร้อน (Thermophilic bacteria) ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น อุณหภูมิ และการกวน นับเป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่งในการหมักที่จะช่วยให้ปริมาณก๊าซมีเทนเกิดได้เร็วขึ้น

สรุปผลการศึกษา

1. การหมักย่อยของเสียผสมจำพวกเศษก้านและใบไม้หลายชนิด ด้วยสัดส่วนของของเสียผสม : เชื้อเริ่มต้น 70 : 30 ได้จากลักษณะสมบัติของเศษก้านและใบไม้หลายชนิด น้ำขี้หมู และเชื้อจุลินทรีย์ตั้งต้นดังต่อไปนี้

- ลักษณะสมบัติของเศษก้านและใบไม้ที่นำมาใช้ในการทดลอง พบว่าเศษก้านและใบสัก มีค่า VS สูงที่สุด 457,391.22 mg/l รองลงมา คือ เศษก้านและใบมะม่วง 400,807.48 mg/l เศษก้านและใบไม้รวมชุมชน มทร.ล้านนา 338,206.54 mg/l และน้อยที่สุด คือ เศษก้านและใบไม้รวมชุมชนบ้านทุ่งปี 306,360.00 mg/l

- ลักษณะสมบัติของของเสียผสม พวกเศษก้านและใบไม้หลายชนิด ก่อนและหลังเดินระบบ มีค่า ซีโอดี (COD) และของแข็งระเหย (VS) ลดลงทุกชุดการทดลอง ส่วนค่ากรดไขมันระเหยต่อค่าอัลคาลินิตี้ (VFA/Alk.) มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อสิ้นสุดการเดินระบบหมัก แต่มีค่าไม่เกิน 0.1 ถือได้ว่าการหมักย่อยของเสียในถังหมักแบบไร้ออกซิเจนมีประสิทธิภาพ

2. ประสิทธิภาพและศักยภาพการย่อยสลายให้ก๊าซมีเทน (%BMP) ของเศษก้านและใบไม้หลายชนิด ที่อุณหภูมิห้อง โดยไม่มีการกวนขณะหมัก พบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี อยู่ระหว่าง 53.66–59.72% โดยมีค่า %BMP ที่แตกต่างกัน ในระยะเวลาที่ต่างกัน (32 – 48 วัน) ดังนี้

- ชุดที่ 1 (เศษก้านและใบไม้รวมชุมชน มทร.ล้านนา) และชุดที่ 2 (เศษก้านและใบไม้รวมชุมชนบ้านทุ่งปี) มีค่า %BD เฉลี่ย 62.44% และ 53.12% และมีค่า %BMP เฉลี่ย 25.58% และ 20.59% ตามลำดับ ในระยะเวลา 32 – 48 วัน ส่วนชุดที่ 3 (เศษก้านและใบมะม่วง) และชุดที่ 4 (เศษก้านและใบสัก) มีค่า %BD เฉลี่ย 51.40 และ 52.17% และมีค่า %BMP เฉลี่ย 25.06 และ 25.38% ตามลำดับ ในระยะเวลา 48 วัน

- ค่า %BMP ที่ได้ของชุดที่ 1, 3 และ 4 คือ เศษก้านและใบไม้รวมของชุมชน มทร.ล้านนา มะม่วง และสัก มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนชุดที่ 2 คือ เศษก้านและใบไม้รวมของชุมชนบ้านทุ่งปี ถือว่ามีค่าที่ไม่ต่างกันมากนัก จึงควรนำของเสียข้างต้นไปใช้ประโยชน์ในการผลิตก๊าซชีวภาพ เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนชุมชนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้ชุดทดสอบ BMP และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ให้การสนับสนุนการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2551). ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ. อัลคาลินิตี (Alkalinity). ค้นเมื่อ 31 มกราคม 2555 จาก http://www2.dede.go.th/km_ber/Attach/Biogas-present.pdf
- จุฑามาส รัตนะพรหม อาภาภรณ์ ประดิษฐ์ และกลิ่นประทุม ปัญญาปิง. (2554, ธันวาคม). การประเมินศักยภาพการย่อยสลายให้ก๊าซมีเทนจากเศษก้านและใบลำไยในสภาวะไม่ใช้ออกซิเจน. เอกสารการประชุมทางวิชาการประจำปี 2554 มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่.
- บุญรอด วงษ์สวาท. (2551). เซลลูโลส (cellulose). ค้นเมื่อ 21 กุมภาพันธ์ 2554 จาก http://www.promma.ac.th/main/chemistry/Biomolecule/chem_practice_chapter11_final.htm
- วีระพล จิรประดิษฐกุล. (2554). ปัจจัยและสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ: อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio). ค้นเมื่อ 28 มกราคม 2555 จาก <http://www.thachai.biogas.com>
- สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (2548). โครงการศึกษาการเพิ่มศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพของน้ำเสียจากฟาร์มสุกรในรูปแบบการหมักย่อยร่วมโดยถึงปฏิกรณ์ UASB และ CSTR เพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ. เชียงใหม่.
- สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (2548). อัตราส่วนของเสียผสม: เชื้อตั้งต้น. ค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2554 จาก <http://www.erd.or.th>
- สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (2554). BMP. เอกสารการวิเคราะห์หาค่า BMP.
- APHA AWWA and WEF (2005). Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, (21st ed). US.
- LFU, (2007). Biogashandbuch Bayern Materialband. Bayerisches Landesamt für Umwelt Augsburg Germany. Retrieved July 18, 2011, from <http://www.lfu.bayern.de/abfall/fachinformation/en/biogashandbuch/index.htm>
- Mackenzie, L. Davis & Cornwell, David A. (2008). *Introduction to Environmental Engineering*. Singapore: McGraw-Hill.