การศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์

A Study of Biogas Production Potential from Napier Grass

อาทิตยา กุวลัยรัตน์[1] ไพรัช อุศุภรัตน์[2] และ หาญพล พึ่งรัศมี[2]

[1] นักศึกษาบัณฑิตศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต, kuwalairat.a@gmail.com

[2,3] ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์ ด้วยกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนแบบกะ ในขวดทดลองขนาด 120 มิลลิลิตร เป็นระยะเวลา 36 วัน ภายใต้การทดลองที่อุณหภูมิห้อง (34 ± 5°C) โดยศึกษาผลของการปรับสภาพหญ้าด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้น 1 %w/v ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 วัน และอัตราส่วนของวัตถุดิบต่อหัวเชื้อจุลินทรีย์ (F/I) ที่แตกต่างกัน เท่ากับ 0.5:1, 1:1 และ 2:1 gVS/gVS ตามลำดับ จากการทดลองพบว่า ที่อัตราส่วน F/I เท่ากับ 0.5:1 gVS/gVS ให้ผลผลิตก๊าซชีวภาพสะสมสูงสุด เท่ากับ 398.67 ± 15.94 mL/gVSadded โดยหญ้าเนเปียร์ที่ผ่านการปรับสภาพให้ผลผลิตก๊าซชีวภาพสะสมสูงกว่าหญ้าเนเปียร์สดที่ไม่ผ่านการปรับสภาพถึงร้อยละ 52.94 ผลการทดลองยังบ่งชี้ให้เห็นว่าการปรับสภาพหญ้าเนเปียร์เบื้องต้น และอัตราส่วนของวัตถุดิบต่อหัวเชื้อจุลินทรีย์ในการผลิตก๊าซชีวภาพ นับเป็นปัจจัยสำคัญที่ควรคำนึงถึงเนื่องจากส่งผลกระทบต่อศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพโดยตรง

คำสำคัญ: หญ้าเนเปียร์, ก๊าซชีวภาพ, การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน

ABSTRACT

This research aimed to study the potential of biogas production from Napier grass under batch anaerobic digestion. Experiments were conducted in 120 mL serum bottles for 36 days under room temperature (34 ± 5°C). The study was defined to investigate the influence of Napier grass pretreatment with 1.0 %w/v Sodium hydroxide solution at room temperature for 1 day and a different feedstock to inoculum (F/I) ratio of 0.5:1, 1:1, and 2:1 gVS/gVS, respectively. The results demonstrated that cumulative biogas yield of F/I ratio at 0.5:1 gVS/gVS displayed the maximum cumulative biogas yield of 398.67± 15.94 mL/gVSadded and pretreated Napier grass was 52.94% higher than untreated Napier grass. Results of the study was also indicated that Napier grass pretreatment and feedstock to inoculum (F/I) ratio for biogas production are essential factors to consider as it directly affects the potential of biogas production.

Keywords: Napier grass, Biogas, Anaerobic digestion

1. บทนำ

จากการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ จึงเป็นแรงขับเคลื่อนการขยายตัวของความต้องการพลังงานเพิ่มมากขึ้น พลังงานที่ใช้ส่วนใหญ่ล้วนเป็นพลังงานที่ได้จากเชื้อเพลิงฟอสซิล นอกจากจะมีอยู่อย่างจำกัดแล้ว การเปลี่ยนรูปเชื้อเพลิงให้เป็นพลังงานเพื่อนำไปใช้ยังก่อให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังนั้นการหาแหล่งพลังงานใหม่เพื่อทดแทนโดยไม่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งพลังงานจากก๊าซชีวภาพนับเป็นแหล่งพลังงานสะอาดที่สามารถผลิตได้จากแหล่งวัตถุดิบที่หลากหลายและสามารถตอบสนองความต้องการด้านพลังงานที่เพิ่มขึ้นพร้อมทั้งนำไปสู่การแก้ปัญหาได้อย่างยั่งยืน (Kongjan et al., 2019) ประเทศไทยถือเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีชีวมวลอยู่หลายชนิดที่สามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทนได้ (Sawasdee et al., 2014) และพืชตระกูลหญ้าถือว่ามีศักยภาพในการนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตก๊าซชีวภาพ จากการศึกษาพันธุ์หญ้ากว่า 20 ชนิด พบว่าหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีอัตราการผลิตก๊าซมีเทนสูงกว่าหญ้าชนิดอื่นๆ เนื่องจากมีโครงสร้างของสารอาหาร ที่เหมาะแก่การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (ณิชชา บูรณสิงห์, 2558) ผลผลิตต่อไร่สูงกว่าหญ้าชนิดอื่นเกือบ 7 เท่า หญ้าเนเปียร์สดอายุเก็บเกี่ยว 60 วัน ปริมาณ 1 ตัน สามารถผลิตเป็นก๊าซชีวภาพได้ถึง 90 ลูกบาศก์เมตร และเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ถึง 170 กิโลวัตต์ต่อวัน (Department of Alternative Energy Development and Efficiency, 2015) อีกทั้งหญ้าเนเปียร์ ปากช่อง 1 ยังเจริญเติบโตเร็ว เพาะปลูกง่าย ขึ้นได้ในดินหลายชนิด ทนต่อโรคและทนแล้ง สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ตลอดทั้งปี ปลูกครั้งเดียวสามารถเก็บเกี่ยวได้นานถึง 6-7 ปี (ไกรลาศ เขียวทอง, 2556) กระทรวงพลังงานเล็งเห็นถึงความสำคัญนี้จึงประกาศเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนให้เป็นร้อยละ 20 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายของประเทศภายในปี พ.ศ. 2565 และมีการปรับเปลี่ยนค่าเป้าหมายตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทน และพลังงานทางเลือกตามการบูรณาการยุทธศาสตร์ประเทศ โดยมีเป้าหมายการใช้พลังงานทดแทนเพื่อการผลิตไฟฟ้าจากหญ้าเนเปียร์ 3,000 MW (Department of Alternative Energy Development and Efficiency, 2015)

อย่างไรก็ตามศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิ ค่าความเป็นด่าง ค่า pH กรดอินทรีย์ระเหยง่าย อัตราบรรทุกสารอินทรีย์ และอัตราส่วนของวัตถุดิบต่อหัวเชื้อจุลินทรีย์ (F/I) เป็นต้น (Kothari et al., 2014) จากงานวิจัยที่ผ่านมาในการศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์ (Saitawee et al., 2014) ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพ พบว่าการผลิตก๊าซชีวภาพที่ช่วงเทอร์โมฟิลิค (45°C) มีผลผลิตก๊าซชีวภาพเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 12.5 เมื่อเทียบกับช่วงมีโซฟิลิค (25°C) ในการหมักร่วมระหว่างหญ้าเนเปียร์และมูลโค (Chanpla et al., 2014; มยุรี ชัญพลา และอรทัย ชวาลภาฤทธิ์, 2559) ศึกษาอายุการเก็บเกี่ยวหญ้าเนเปียร์ที่มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ พบว่าหญ้าเนเปียร์อายุเก็บเกี่ยว 45 วัน ให้ผลผลิตก๊าซชีวภาพสูงสุด ในขณะที่ (Janejadkarn et al., 2014) ศึกษาผลของอัตราบรรทุกสารอินทรีย์เข้าระบบที่แตกต่างกัน พบว่าที่อัตราบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 0.57 kgVS/m^3.d.ให้ผลผลิตก๊าซมีเทนสูงสุด เท่ากับ 0.242 m^3/kgVSadded นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการนำมูลสุกรมาใช้เป็นวัตถุดิบในการหมักร่วมกับหญ้าเนเปียร์ (รุ่งทิวา สีมาปาน และคณะ, 2558; Kongjan et al., 2019) โดยศึกษาผลของอัตราส่วนของหญ้าเนเปียร์และมูลสุกรที่เหมาะสมต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ ทั้งนี้การผลิตก๊าซชีวภาพจากกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีอัตราส่วนของวัตถุดิบต่อหัวเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ระบบในกระบวนการย่อยสลายอาจเกิดสารพิษเมื่ออัตราส่วน F/I สูงเกินไป หรืออาจยับยั้งการผลิตเอนไซม์ที่จำเป็นเมื่ออัตราส่วน F/I ต่ำเกินไป (Prashanth et al., 2006) ดังนั้น อัตราส่วน F/I จึงจำเป็นต้องพิจารณาก่อนที่จะเริ่มกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน งานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของอัตราส่วนของหญ้าเนเปียร์ต่อหัว

เชื้อจุลินทรีย์ จากหญ้าเนเปียร์สดที่ไม่ผ่านการปรับสภาพและผ่านการปรับสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ส่งผลต่อศักยภาพของการผลิตก๊าซชีวภาพ

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาผลของอัตราส่วนหญ้าเนเปียร์ต่อหัวเชื้อจุลินทรีย์ (F/I) และการปรับสภาพหญ้าเนเปียร์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ส่งผลต่อปริมาณของก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น

3. การดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย

หญ้าเนเปียร์ที่ใช้เป็นหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 อายุเก็บเกี่ยว 45 วัน ทำการเตรียมหญ้าสดและหญ้าที่ผ่านการปรับสภาพ โดยนำหญ้าเนเปียร์มาตัดให้มีขนาด 5 มิลลิเมตร ปรับสภาพหญ้าด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 1 %w/v ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นทำการล้างด้วยน้ำสะอาด และหัวเชื้อจุลินทรีย์นำมาจากตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสียโรงงานผลไม้อบแห้ง นำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีตามวิธีมาตรฐาน (APHA, 2017) แสดงรายละเอียด ดังตารางที่ 1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองทั้งหมดหากไม่สามารถวิเคราะห์หรือทำการทดลองได้ทันทีจะถูกเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบในการผลิตก๊าซชีวภาพ

พารามิเตอร์	หญ้าเนเปียร์สด	หญ้าเนเปียร์ที่ผ่านการปรับสภาพ	หัวเชื้อจุลินทรีย์
ของแข็งทั้งหมด (%)	21.14 ± 0.03	28.49 ± 0.23	3.74 ± 0.02
ของแข็งระเหยได้ (%)	88.78 ± 0.48	96.82 ± 0.10	50.29 ± 0.01
คาร์บอน (%)	43.64	45.51	24.49
ไนโตรเจน (%)	1.18	0.64	3.03
อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	36.98	71.11	8.08

3.2 การผลิตก๊าซชีวภาพ

การวิจัยนี้ศึกษาผลของอัตราส่วนหญ้าเนเปียร์ต่อหัวเชื้อจุลินทรีย์ (F/I) ได้แก่ 0.5: 1, 1: 1 และ 2: 1 gVS/gVS และการปรับสภาพหญ้าเนเปียร์ต่อศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ ด้วยวิธีบีเอ็มพี (Biochemical Methane Potential Assay; BMP) (Hansen et al., 2004) โดยใช้ขวดเซรั่มขนาด 120 มิลลิลิตร กำหนดปริมาตรทำงานเท่ากับ 60 มิลลิลิตร ค่า pH เริ่มต้นแต่ละชุดการทดลองอยู่ในช่วง 6.94-7.36 จากนั้นไล่ก๊าซออกซิเจนที่อยู่ภายในขวดด้วยก๊าซไนโตรเจนเป็นเวลา 5 นาที ปิดฝาให้สนิท ดำเนินการทดลองที่อุณหภูมิห้อง (34 ± 5°C) ในขณะที่ชุดควบคุม คือชุดการทดลองที่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์โดยปราศจากหญ้าเนเปียร์ เก็บตัวอย่างก๊าซชีวภาพโดยใช้หลอดเก็บก๊าซ (Gas syringe) วัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นทุกวัน วิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพด้วยเครื่อง Gas Chromatograph (PerkinElmer, USA) โดยในแต่ละชุดการทดลองจะทำการทดลอง 3 ซ้ำ เป็นระยะเวลา 36 วัน และคำนวณผลผลิตก๊าซชีวภาพจากก๊าซชีวภาพสะสมทั้งหมด (mL) ต่อปริมาณของแข็งระเหยได้ที่ป้อนเข้าระบบ (gVSadded) ดังสมการที่ 1

$$\text{ผลผลิตก๊าซชีวภาพ (mL/gVSadded)} = \frac{\text{ปริมาณก๊าซชีวภาพชุดทดลอง (mL) - ปริมาณก๊าซชีวภาพชุดควบคุม (mL)}}{\text{ปริมาณของแข็งระเหยได้ที่ป้อนเข้าระบบ (gVSadded)}} \quad (1)$$

4. ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบในการผลิตก๊าซชีวภาพ

จากการทดลองพบว่าหญ้าเนเปียร์ที่ผ่านการปรับสภาพมีปริมาณไนโตรเจนลดลง ส่งผลให้ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) เพิ่มขึ้น โดยที่หญ้าเนเปียร์สดที่ไม่ผ่านการปรับสภาพมีอัตราส่วน C/N เท่ากับ 36.98 และหญ้าเนเปียร์ที่ผ่านการปรับสภาพมีอัตราส่วน C/N เท่ากับ 71.11 แสดงดังตารางที่ 1 เมื่อพิจารณาผลของอัตราส่วนของหญ้าเนเปียร์ต่อหัวเชื้อจุลินทรีย์ พบว่าอัตราส่วน C/N มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของหญ้าเนเปียร์ต่อหัวเชื้อจุลินทรีย์ โดยที่อัตราส่วนของหญ้าเนเปียร์สดที่ไม่ผ่านการปรับสภาพต่อหัวเชื้อจุลินทรีย์ เท่ากับ 0.5:1, 1:1 และ 2:1 gVS/gVS มีค่าอัตราส่วน C/N เท่ากับ 12.79, 16.18 และ 20.74 ตามลำดับ และอัตราส่วนของหญ้าเนเปียร์ที่ผ่านการปรับสภาพต่อหัวเชื้อจุลินทรีย์ เท่ากับ 0.5:1, 1:1 และ 2:1 gVS/gVS มีค่าอัตราส่วน C/N เท่ากับ 14.10, 19.07 และ 26.80 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 2 อัตราส่วน C/N เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน หากอัตราส่วน C/N สูงเกินไป ไนโตรเจนจะถูกใช้หมดอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ผลิตก๊าซชีวภาพได้น้อย แต่หากอัตราส่วน C/N ต่ำเกินไป จะส่งผลให้เกิดการสะสมของแอมโมเนีย และยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เมทาโนเจน (Weerayutsil et al., 2016) จากการทดลองพบว่าอัตราส่วน C/N ที่เหมาะสม มีค่าเท่ากับ 14.10 และให้ผลผลิตก๊าซชีวภาพสูงสุด เท่ากับ 398.67 mL/gVSadded ทั้งนี้ (มยุรี ชัญพลา และ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์, 2559) รายงานว่าอัตราส่วน C/N ที่เหมาะสมสำหรับการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีค่าอยู่ในช่วง 20-30:1 อย่างไรก็ตาม อัตราส่วน C/N ที่เหมาะสมอาจขึ้นอยู่กับองค์ประกอบวัตถุดิบและหัวเชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิดที่ใช้ในการย่อยสลาย เช่น (วัฒเนณรงค์ มากพันธ์ และ สมพงศ์ โอทอง, 2562) ทำการศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักร่วมระหว่างหญ้าเนเปียร์กับมูลไก่ที่อัตราส่วน 1:1 พบว่ามีค่าอัตราส่วน C/N ที่เหมาะสม เท่ากับ 10.07 และให้ผลผลิตมีเทนสูงถึง 33 L/KgVSadded ขณะที่ (Sittijunda., 2015) พบว่าอัตราส่วน C/N ที่เหมาะสมสำหรับการย่อยสลายร่วมระหว่างไฮโดรไลเสตหญ้าเนเปียร์กับน้ำเสียจากโรงงานฆ่าสัตว์ มีค่าเท่ากับ 3.42 ให้ผลผลิตมีเทน เท่ากับ 39.76 ml CH_4/g-COD นอกจากนี้เมื่อพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลโดยตรง ต่อการผลิตก๊าซชีวภาพนั้น ลิกนินก็เป็นอีกหนึ่ง ตัวแปรสำคัญ เนื่องจากลิกนินเป็นองค์ประกอบหลักของผนังในเซลล์ของพืช ที่ทำหน้าที่ห่อหุ้มเส้นใยของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส ซึ่งมีความคงทนต่อการย่อยสลายมาก ทำให้เป็นตัวขัดขวางการย่อยสลายของจุลินทรีย์ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพลดลง ดังนั้นการปรับสภาพหญ้าเนเปียร์ก่อนการย่อยสลายจึงเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากเป็นการทำลายโครงสร้างผลึกของลิกนินและเฮมิเซลลูโลสให้อ่อนแอลง ทำให้มีปริมาณเซลลูโลสเพิ่มขึ้น (Abraham et al., 2020) ส่งผลให้การย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์เมทาโนเจนเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพได้ดีขึ้น จากการศึกษาผลของการปรับสภาพหญ้าเนเปียร์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้น 1 %w/v ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 วัน พบว่าหญ้าเนเปียร์สดที่ไม่ผ่านการปรับสภาพและหญ้าเนเปียร์ที่ผ่านการปรับสภาพ มีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 1 หญ้าเนเปียร์สดที่ไม่ผ่านการปรับสภาพมีค่าของแข็งทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 21.14 ± 0.03 คิดเป็นของแข็งระเหยได้เท่ากับร้อยละ 88.78 ± 0.48 และหญ้าเนเปียร์ที่ผ่านการปรับสภาพมีค่าของแข็งทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 28.49 ± 0.23 คิดเป็นของแข็งระเหยได้เท่ากับ ร้อยละ 96.82 ± 0.10 ซึ่งพบว่าหญ้าเนเปียร์ที่ผ่าน

การปรับสภาพมีค่าของแข็งทั้งหมดและค่าของแข็งระเหยได้เพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถบ่งชี้ถึงปริมาณสารอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายเปลี่ยนเป็นก๊าซชีวภาพได้มากขึ้น

ตารางที่ 2 ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซมีเทน และผลผลิตก๊าซชีวภาพ

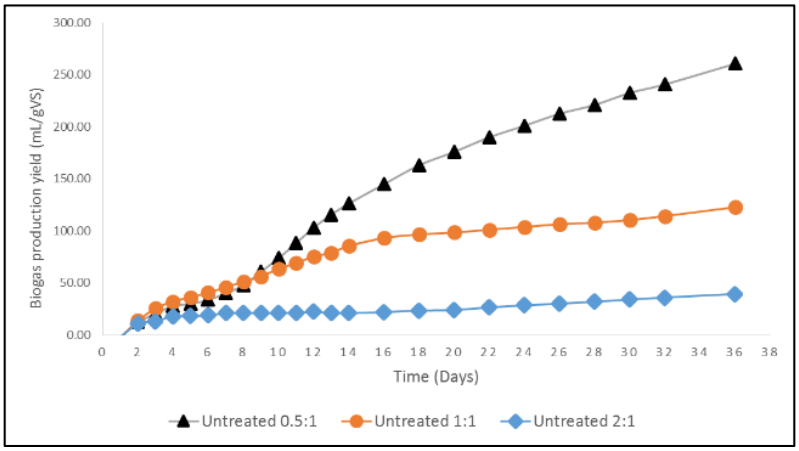
การปรับสภาพหญ้าเนเปียร์ด้วย 1.0 %w/v NaOH	F/I Ratio (gVS/gVS)	C/N ratio	Average %CH4	Biogas yield (mL/gVSadded)
ไม่ผ่านการปรับสภาพ	0.5:1	12.79	53.95	260.67 ± 0.58
	1:1	16.18	31.76	122.83 ± 2.75
	2:1	20.74	25.30	39.44 ± 4.40
ปรับสภาพ	0.5:1	14.10	55.57	398.67 ± 15.94
	1:1	19.07	35.43	202.83 ± 4.16
	2:1	26.80	22.55	51.44 ± 5.97

4.2 ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ

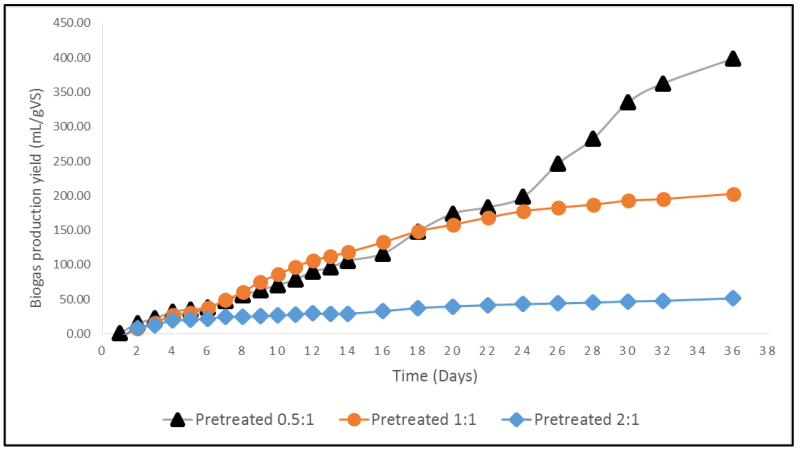
4.2.1 ผลของอัตราส่วนหญ้าเนเปียร์ต่อหัวเชื้อจุลินทรีย์ (F/I) ต่อศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ

จากการวิจัยผลของอัตราส่วนหญ้าเนเปียร์สดที่ไม่ผ่านการปรับสภาพและหญ้าเนเปียร์ที่ผ่านการปรับสภาพต่อหัวเชื้อจุลินทรีย์ พบว่าผลผลิตก๊าซชีวภาพสะสมที่เกิดขึ้นของทั้งหญ้าเนเปียร์สดที่ไม่ผ่านการปรับสภาพและหญ้าเนเปียร์ที่ผ่านการปรับสภาพต่อหัวเชื้อจุลินทรีย์ทุกอัตราส่วน มีค่าเพิ่มขึ้นไม่มากนักในช่วง 7 วันแรกของการย่อยสลาย เนื่องจากจุลินทรีย์ใช้เวลาในการปรับสภาพ (lag phase) ทำให้ผลิตก๊าซชีวภาพได้น้อย เมื่อพิจารณาผลของอัตราส่วนหญ้าเนเปียร์สดที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ หลังจากช่วงการปรับสภาพ (lag phase) ผลผลิตก๊าซชีวภาพสะสม ที่อัตราส่วน F/I เท่ากับ 0.5: 1 และ 1: 1 gVS/gVS มีค่าเพิ่มขึ้นสูงกว่าผลผลิตก๊าซชีวภาพสะสมที่เกิดจากการย่อยสลาย ที่อัตราส่วน F/I เท่ากับ 2: 1 gVS/gVS เป็นผลมาจากที่อัตราส่วน F/I เท่ากับ 2: 1 gVS/gVS มีปริมาณสารอินทรีย์ในระบบสูงเกินไป เมื่อเกิดการย่อยสลายทำให้เกิดการสะสมของกรดในปริมาณที่สูงและยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เมทาโนเจนทำให้ผลิตก๊าซชีวภาพได้น้อยลง เมื่อสิ้นสุด 36 วันของกระบวนการย่อยสลาย พบว่ามีผลผลิต ก๊าซชีวภาพสะสม เท่ากับ 260.67, 122.83 และ 39.44 mL/gVSadded ดังแสดงในรูปที่ 1 (A) คิดเป็นผลผลิตมีเทนสะสม เท่ากับ 140.62, 39.01 และ 9.98 mL/gVSadded สำหรับอัตราส่วน F/I เท่ากับ 0.5: 1, 1: 1 และ 2: 1 gVS/gVS ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาผลของอัตราส่วนหญ้าเนเปียร์ที่ผ่านการปรับสภาพ ผลผลิตก๊าซชีวภาพสะสมที่อัตราส่วน F/I เท่ากับ 0.5: 1 และ 1: 1 gVS/gVS มีค่าเพิ่มขึ้นสูงกว่าปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมที่อัตราส่วน F/I เท่ากับ 2: 1 gVS/gVS เช่นเดียวกันกับหญ้าเนเปียร์สดที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ ชุดการทดลองที่อัตราส่วน F/I เท่ากับ 0.5: 1 gVS/gVS มีปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมเริ่มคงที่ในวันที่ 20-24 ในขณะเดียวกันหลังจากวันที่ 24 ผลผลิตก๊าซชีวภาพสะสมเริ่มมีปริมาณเพิ่มขึ้นอีกครั้ง และเมื่อกระบวนการย่อยสลายสิ้นสุด พบว่ามีผลผลิตก๊าซชีวภาพสะสมเท่ากับ 398.67, 202.83 และ 51.44 mL/gVSadded ดังแสดงในรูปที่ 1 (B) คิดเป็นผลผลิตมีเทนสะสม เท่ากับ 221.53, 71.86 และ 11.60 mL/gVSadded สำหรับอัตราส่วน F/I เท่ากับ 0.5: 1, 1: 1 และ 2: 1 gVS/gVS ตามลำดับ จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าที่อัตราส่วนหญ้าเนเปียร์ต่อหัวเชื้อจุลินทรีย์ เท่ากับ 0.5: 1 gVS/gVS มีผลผลิตก๊าซชีวภาพและ

ก๊าซมีเทนสะสมสูงสุดทั้งในหญ้าเนเปียร์สดที่ไม่ผ่านการปรับสภาพและหญ้าเนเปียร์ที่ผ่านการปรับสภาพ เมื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นของก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ที่อัตราส่วน F/I เท่ากับ 0.5:1 gVS/gVS พบว่ามีร้อยละของก๊าซมีเทนเท่ากับร้อยละ 53.95 และ 55.57 สำหรับหญ้าเนเปียร์สดที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ และหญ้าเนเปียร์ที่ผ่านการปรับสภาพ ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 2 ทั้งนี้เป็นผลมาจากที่อัตราส่วนหญ้าเนเปียร์ต่อหัวเชื้อจุลินทรีย์ เท่ากับ 0.5: 1 gVS/gVS มีสัดส่วนของหัวเชื้อจุลินทรีย์มากกว่าหญ้าเนเปียร์ ซึ่งการเพิ่มปริมาณหัวเชื้อจุลินทรีย์จะทำให้มีความพร้อมในการย่อยสลายหญ้าเพิ่มขึ้น และหัวเชื้อจุลินทรีย์ที่มีปริมาณมากไม่ถูกยับยั้งจากสารอินทรีย์ที่เติมเข้าสู่ระบบ ส่งผลให้ปริมาณของก๊าซชีวภาพเพิ่มขึ้นด้วย ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ (ฟาริดา พรหมมา, ดุษณี ธนะบริพัฒน์ และปราโมทย์ ศิริโรจน์, 2557) ที่ศึกษาเปรียบเทียบการผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์ 3 สายพันธุ์ พบว่าการทดลองที่มีอัตราส่วนของหัวเชื้อจุลินทรีย์มาก (1:1, 1:2 และ 1:3) ให้ผลผลิตก๊าซชีวภาพสูงกว่าการทดลองที่มีอัตราส่วนของหญ้ามาก (2:1 และ 3:1) โดยที่อัตราส่วนหญ้าต่อหัวเชื้อจุลินทรีย์เท่ากับ 1:3, 1:2 และ 1:2 มีค่าผลผลิตก๊าซชีวภาพสูงสุดเท่ากับ 0.37, 0.53 และ 0.47 L/gVSadded สำหรับหญ้าเนเปียร์ยักษ์ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และหญ้าอาลาฟัล ตามลำดับ



(A)



(B)

รูปที่ 1 ผลผลิตก๊าซชีวภาพ (A) หญ้าเนเปียร์สดที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ (B) หญ้าเนเปียร์ที่ผ่านการปรับสภาพ

4.2.2 ผลของการปรับสภาพหญ้าเนเปียร์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ

จากการวิจัยพบว่าหญ้าเนเปียร์สดที่ไม่ผ่านการปรับสภาพเบื้องต้นด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ มีปริมาณผลผลิตก๊าซชีวภาพสูงสุด เท่ากับ 260.67 mL/gVSadded คิดเป็นผลผลิตก๊าซมีเทนเท่ากับ 140.62 mL/gVSadded ในขณะที่หญ้าเนเปียร์ที่ผ่านการปรับสภาพเบื้องต้นด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ มีปริมาณผลผลิตก๊าซชีวภาพสูงสุด เท่ากับ 398.67 mL/gVSadded คิดเป็นผลผลิตก๊าซมีเทนเท่ากับ 221.53 mL/gVSadded แสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหญ้าเนเปียร์ที่ผ่านการปรับสภาพเบื้องต้นด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 1 %w/v ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 วัน มีประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพสูงกว่าหญ้าเนเปียร์สดที่ไม่ผ่านการปรับสภาพถึงร้อยละ 52.94 ทั้งนี้เนื่องจากการปรับสภาพหญ้าเนเปียร์ด้วยสารละลายด่างก่อนการย่อยสลายเป็นการกำจัดลิกนินพร้อมทั้งเพิ่มขนาดรูพรุนและลดการเกิดผลึกของเซลลูโลส ส่งผลให้จุลินทรีย์เมทาโนเจนสามารถเข้าถึงและย่อยเซลลูโลสได้ง่ายขึ้น (Rodriguez et al., 2020) สอดคล้องกับงานวิจัยของ (นิลวรรณ ไชยทนุ และคณะ, 2559) ในการศึกษาการปรับสภาพหญ้าเนเปียร์แคระ พบว่าการปรับสภาพเบื้องต้นก่อนทำการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ให้ผลผลิตก๊าซมีเทนสูงขึ้น โดยการปรับสภาพหญ้าเนเปียร์แคระด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้น 1 %w/v เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ให้ผลผลิตก๊าซมีเทนสูงขึ้นถึงร้อยละ 30 ในขณะที่ (Dussadee et al., 2017) ทำการศึกษาเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการปรับสภาพหญ้าเนเปียร์เบื้องต้นก่อนการย่อยสลาย ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 1, 2 และ 3%w/v ตามลำดับ พบว่าการปรับสภาพหญ้าเนเปียร์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้น 1 %w/v เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีปริมาณผลผลิตก๊าซชีวภาพสูงสุด เท่ากับ 179.38 L/KgVSadded นอกจากนี้ (คฑาพล ปิ่นพัฒนพงศ์ และฐนียา รังษีสุริยะชัย, 2563) รายงานว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการปรับสภาพหญ้าเนเปียร์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้น 4 %w/v จะทำให้ปริมาณของเซลลูโลสเพิ่มขึ้นในขณะที่ปริมาณเฮมิเซลลูโลสและลิกนินลดลง ส่งผลให้ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพเพิ่มขึ้น

5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยพบว่าอัตราส่วนหญ้าเนเปียร์ต่อหัวเชื้อจุลินทรีย์ (F/I) มีผลต่อศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยที่อัตราส่วนหญ้าเนเปียร์ต่อหัวเชื้อจุลินทรีย์ (F/I) ให้ผลผลิตก๊าซชีวภาพสูงสุดที่อัตราส่วน เท่ากับ 0.5: 1 gVS/gVS มีค่าเท่ากับ 260.67 mL/gVSadded คิดเป็นผลผลิตก๊าซมีเทนเท่ากับ 140.62 mL/gVSadded และ 398.67 mL/gVSadded คิดเป็นผลผลิตก๊าซมีเทนเท่ากับ 221.53 mL/gVSadded สำหรับหญ้าเนเปียร์สดที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ และหญ้าเนเปียร์ที่ผ่านการปรับสภาพ ตามลำดับ ซึ่งกระบวนการปรับสภาพหญ้าเนเปียร์เบื้องต้นด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้น 1 %w/v ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 วัน ให้ผลผลิตก๊าซชีวภาพคิดเป็นประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 52.94 แสดงให้เห็นว่า กระบวนการปรับสภาพมีศักยภาพในการเพิ่มผลผลิตก๊าซชีวภาพ อีกทั้งยังเป็นกระบวนการที่ง่าย จึงสามารถใช้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ

ผลการวิจัยสรุปได้ว่าหญ้าเนเปียร์เป็นพืชพลังงานที่มีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยที่หญ้าเนเปียร์ที่ผ่านการปรับสภาพในอัตราส่วนหญ้าเนเปียร์ต่อหัวเชื้อจุลินทรีย์ (F/I) เท่ากับ 0.5: 1 gVS/gVS มีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพสูงสุด ในการวิจัยครั้งต่อไปอาจทำการศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อการเพิ่มศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ ได้แก่ อุณหภูมิ ค่าความเป็นด่าง ค่า pH กรดอินทรีย์ระเหยง่าย และอัตราบรรทุกสารอินทรีย์ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

ไกรลาศ เขียวทอง. (2556). *คู่มือการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1*. นครราชสีมา: หจก.มิตรภาพการพิมพ์ 1995.

คฑาพล ปิ่นพัฒนพงศ์ และฐนียา รังษีสุริยะชัย. (2563). การเพิ่มศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพด้วยการปรับสภาพหญ้าเนเปียร์โดยสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์หมักร่วมกับเศษอาหาร. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 25* (15-17 กรกฎาคม 2563 จ.ชลบุรี). ENV03-1- ENV03-6.

ณิชชา บูรณสิงห์. (2558). *หญ้าพลังงาน : หญ้าเนเปียร์*. สืบค้นจาก https://www.parliament.go.th/ewtadmin/ewt/parliament_parcy/ewt_dl_link.php?nid=30598

นิลวรรณ ไชยทนุ, ร่มไทร มุกเมืองทอง, วรุฒ ชมเจริญ, และอนุพันธ์ วรรณภิระ. (2559). ศักยภาพการผลิตก๊าซมีเทนของหญ้าเนเปียร์พันธุ์แคระภายใต้การปรับสภาพเบื้องต้นด้วยสารละลายด่าง. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชมงคลล้านนา, 1*(1), 32-36.

ฟาริดา พรหมมา, ดุษณี ธนะบริพัฒน์ และปราโมทย์ ศิริโรจน์. (2557). การผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์ 3 สายพันธุ์. *วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง, 23*(2), 30-50.

มยุรี ชัญพลา และอรทัย ชวาลภาฤทธิ์. (2559). การศึกษาอายุการเก็บเกี่ยวหญ้าเนเปียร์ที่มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ. *วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย, 30*(2), 39-47.

รุ่งทิวา สีมาปาน, ศรีกาญจนา คล้ายเรือง, ศิราภรณ์ ชื่นบาล และ ฐปน ชื่นบาล. (2558). ศักยภาพการผลิตก๊าซมีเทนจากการหมักร่วมของมูลสุกรและหญ้าเนเปียร์หมัก. *การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53* (3-6 กุมภาพันธ์ 2558). 1249-1257.

วัฒนณรงค์ มากพันธ์ และ สมพงศ์ โอทอง. (2562). การผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลไก่ หมักร่วมกับหญ้าเนเปียร์และเศษอาหารโดยกระบวนการย่อยสลายไร้อากาศสถานะของแข็ง. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 24*(2), 817-834.

Abraham, A., Mathew, A.K., Park, H., Choi, O., Sindhu, R., Parameswaran, B., Pandey, A., Park, J.H., and Sang, B. (2020). *Pretreatment Strategies for Enhanced Biogas Production from Lignocellulosic Biomass. Bioresource Technology, 301*. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122725

APHA-AWWA-WEF. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23rd ed.). Washington, DC.: American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation.

Chanpla, M., Kullavanijaya, P., Janejadkarn, A., and Chavalparit, O. (2017). Effect of Harvesting Age and Performance Evaluation on Biogasification from Napier Grass in Separated Stages Process. *KSCE Journal of Civil Engineering, 22*(1), 40–45.

Department of Alternative Energy Development and Efficiency. (2015). *Napier Grass*. Retrieved from http://weben.dede.go.th/webmax/content/napier-grass.

Dussadee, N., Ramaraj, R., and Cheunbarn, T. (2017). Biotechnological Application of Sustainable Biogas Production Through Dry Anaerobic Digestion of Napier Grass. *3 Biotech, 7*(47), 492.

Hansen, T. L., Schmidt, J. E., Angelidaki, I., Marca, E., La Cour Jansen, J., Mosbæk, H., and Christensen, T. H. (2004). Method for Determination of Methane Potentials of Solid Organic Waste. *Waste Management. 24*(4), 393–400.

Janejadkarn, A., and Chavalparit, O. (2014). Biogas Production from Napier Grass (Pak Chong 1) (Pennisetum purpureum × Pennisetum americanum). *Advanced Materials Research*, *856*, 327-332.

Kongjan, P., Reungsang, A., Phasukarratchai, N. and Sittijunda, S. (2019). Biogas Production from Single Digestion of Napier Grass Hydrolysate and Co-Digestion of Solid Fraction of Microwave Acid Pretreated Napier Grass with Swine Manure. *Chiang Mai Journal of Science, 46*(4), 639-652.

Kothari, R., Pandey, A., Kumar, S., Tyagi, V., and Tyagi, S. (2014). Different Aspects of Dry Anaerobic Digestion for Bio-Energy: An Overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 39*(C), 174–195.

Prashanth, S., Kumar, P., and Mehrotra, I. (2006). Anaerobic Degradability: Effect of Particulate COD. *Journal of Environmental Engineering, 132*(4), 488–496.

Rodriguez, C., Alaswad, A., Benyounis, K.Y., and Olabi, A.G. (2017). Pretreatment Techniques Used in Biogas Production from Grass. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 68*(2), 1193-1204.

Saitawee, L., Hussaro, K., Teekasap, S., and Cheamsawat, N. (2014). Biogas Proction from Anaerobic Co-Digestion of Cow Dung and Organic Wastes (Napier Pak Chong I and Food Waste) in Thailand: Temperature Effect on Biogas Product. *American Journal of Environmental Science, 10*(2), 129-139.

Sawasdee, V., and Pisutpaisal, N. (2014). Feasibility of Biogas Production from Napier Grass. *Energy Procedia, 61*, 1229-1233.

Sittijunda, S. (2015). Biogas Production from Hydrolysate Napier Grass by Co-Digestion with Slaughterhouse Wastewater using Anaerobic Mixed Cultures. *KKU Research Journal, 20*(3), 323-336.

Weerayutsil, P., Khoyun, U., and Khuanmar, K. (2016). Optimum Ratio of Chicken Manure and Napier Grass in Single Stage Anaerobic Co-digestion. *Energy Procedia, 100*, 22-25.