



การศึกษาอายุการเก็บเกี่ยวหญ้าเนเปียร์ที่มีผลต่อ การผลิตก๊าซชีวภาพ

Study of Napier Grass Harvesting Age Influencing on Biogas Production

Mayuree Chanpla and Orathai Chavalparit*

มยุรี ชัญพลา และ อรทัย ขวาลภาฤทธิ์

หน่วยปฏิบัติการวิจัยการจัดการสิ่งแวดล้อมเชิงอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

*E-mail : orathai.c@chula.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของอายุเก็บเกี่ยวหญ้าเนเปียร์ต่อองค์ประกอบทางเคมีและศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ ทำการทดลองโดยแปรค่าอายุเก็บเกี่ยวหญ้าเนเปียร์ที่ 35, 45 และ 55 วัน เปรียบเทียบลักษณะสมบัติทางเคมีของชีวมวลที่ได้และศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากการย่อยสลายในสภาวะไร้อากาศ ในขวดทดลองขนาด 125 มิลลิลิตร และใช้มูลโคเป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์ตั้งต้น ผลการทดลองพบว่า อายุเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกันส่งผลให้องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์แตกต่างกัน ที่สำคัญได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมด ลิกนินและสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน เมื่อนำมาย่อยสลายเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ พบว่า หญ้าเนเปียร์ที่อายุเก็บเกี่ยว 45 วัน ให้ผลผลิตก๊าซชีวภาพสูงที่สุด เท่ากับ 208 ลิตรต่อ กิโลกรัมของแข็งระเหยได้ที่เข้าระบบ เปรียบเทียบกับหญ้าเนเปียร์อายุเก็บเกี่ยว 35 และ 55 วัน พบว่าให้ผลผลิตก๊าซชีวภาพต่ำกว่า มีค่าเท่ากับ 111 และ 83 ลิตรต่อกิโลกรัมของแข็งระเหยได้ที่เข้าระบบ ตามลำดับ ทั้งนี้พบว่า หญ้าเนเปียร์อายุการเก็บเกี่ยว 45 และ 55 วัน มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในช่วงที่เหมาะสม อย่างไรก็ตามพบว่า หญ้าเนเปียร์ที่อายุ 55 วัน มีร้อยละขององค์ประกอบย่อยสลายยาก ได้แก่ ลิกนินในปริมาณที่สูงกว่าที่ร้อยละ 6.09 ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพการย่อยสลายและผลผลิตก๊าซชีวภาพต่ำกว่า ดังนั้นในการผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์ อายุการเก็บเกี่ยวของหญ้านับเป็นปัจจัยสำคัญที่ควรคำนึงถึงเนื่องจากส่งผลกระทบต่อศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพโดยตรง

คำสำคัญ : ก๊าซชีวภาพ; การย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน; หญ้าเนเปียร์; ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ; อายุการตัด;
อายุเก็บเกี่ยว

Abstract

This work was aimed to study the effect of Napier grass (Pak Chong 1) harvesting age on biomass characteristics and biogas production potential. Anaerobic batch digestions were conducted in 125 mL-serum vials using cow manure as seed and varying grass maturity at harvesting ages of 35, 45 and 55 days, respectively. The chemical characteristics by means of compositional changes at each maturity were compared as well as biogas production potential. The results depicted that the different harvesting age of Napier grass promoted the different chemical characteristics particularly total solid, lignin content and C/N ratio. The digestions of Napier grass found that the highest biogas productivity of 208 L/kgVS_{added} was obtained for Napier grass harvested at 45 days compared to 111 and 83 L/kgVS_{added} for age of 35 and 55 days, respectively. Additionally, Napier grass at harvesting age of 45 and 55 days contained the proper composition in terms of C/N ratio which expected to exhibit better digestibility. However, at 55 days harvested, the grass biomass contained more concentration of retarding fraction such as lignin for approximately 6.09%. The increase in fiber components and decrease in digestibility with advanced harvesting date had a negative impact on the specific methane yield and this impact was similar across the Napier grass. The result demonstrated clearly the important of Napier grass harvesting age on biomass characteristics and its influence on biogas production potential. Therefore, harvesting age of grass is a key consideration factor in biogas plant operation form grass biomethanation.

Keywords : biogas production; anaerobic digestion; Napier grass; BMP; cutting age; harvesting age

บทนำ

ปัจจุบันความต้องการใช้พลังงานมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น จากการขยายตัวของเศรษฐกิจ อุตสาหกรรม และการเพิ่มขึ้นของประชากรอย่างต่อเนื่อง จึงจำเป็นต้องหาพลังงานทางเลือกอื่น เพื่อนำมาใช้ทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลที่กำลังจะหมดไป โดยพลังงานจากพืชเป็นพลังงานที่น่าสนใจ เนื่องจากประเทศไทยมีภูมิอากาศและภูมิประเทศเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชพลังงาน [1] รัฐบาลไทยจึงมีนโยบายสนับสนุนและส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพจากพืชพลังงาน โดยหญ้าเนเปียร์สายพันธุ์ปากช่อง 1 (*Pennisetum purpureum Schum*) จัดเป็นพืชพลังงานชนิดหนึ่งที่มีความสนใจ

หญ้าเนเปียร์สายพันธุ์ปากช่อง 1 (*Pennisetum purpureum Schum*) เป็นหญ้าเนเปียร์ลูกผสมระหว่างสายพันธุ์ *Pennisetum purpureum* กับ *Pennisetum americanum* มีลำต้นสูง 2-4 เมตร แดกกอดี มีใบดกหนาปลูกง่าย ให้ผลผลิตต่อไร่สูง เจริญเติบโตเร็ว มีอายุการปลูกหลายปี [2] ทำให้สามารถใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพได้อย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามอายุการเก็บเกี่ยวหญ้าที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลผลิตน้ำหนักรากแห้ง (DM) สารเยื่อใย (Crude fiber) ลิกนิน (Lignin) และผนังเซลล์ (Cell wall) ของหญ้าเพิ่มขึ้น [3] ทั้งนี้การที่ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งเพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากการสร้างแขนงหรือแตกหน่อ (Tillering) เพิ่มขึ้น รวมทั้งการยืดขยายของใบและลำต้นด้วย แต่ในทางกลับกันสัดส่วนใบต่อลำต้นของ

หญ้าเนเปียร์ เปอร์เซ็นต์โปรตีน (CP) ปริมาณแร่ธาตุ (P, K, Ca, Mg) กลับลดลง ซึ่งอาจส่งผลต่อค่าความสามารถในการย่อยสลายและศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพได้ [4] จากงานวิจัยด้านการผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์ที่ผ่านมา จักรพันธ์และคณะ (2553) [5] พบว่า การย่อยสลายหญ้าเนเปียร์ในสภาวะไร้ออกซิเจนเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพร่วมกับน้ำเสียจากฟาร์มสุกรและเศษอาหารที่อัตราส่วนระหว่างของแข็งระเหยได้ของน้ำเสียฟาร์มสุกรต่อหญ้าเนเปียร์ และต่อเศษอาหารเท่ากับ 70:30 และ 40:60 ตามลำดับ และมีระยะเวลาเก็บที่ 2, 10, 20 และ 30 วัน พบว่าปริมาณก๊าซมีเทนที่ผลิตได้ต่อปริมาณสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบสูงสุดที่ระยะเวลาเก็บที่น้ำ 10 วัน และเป็นระยะเวลาที่เหมาะสม ให้ผลผลิตก๊าซมีเทนที่ 0.629 ลิตรต่อกรัมของแข็งระเหยได้ ขณะที่ วิรงรอง และคณะ (2555) [6] ศึกษาประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์หมักร่วมกับมูลสุกร พบว่า หญ้าเนเปียร์ที่อายุ 45 วัน หมักร่วมกับมูลสุกรในสัดส่วนร้อยละ 20 สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้สูงที่สุดที่ 10.91 ลิตรคิดเป็นผลผลิตก๊าซชีวภาพเท่ากับ 278 ลิตรต่อกิโลกรัมของแข็งระเหยได้ที่ถูกกำจัด หรือคิดเป็นประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทน 183.21 ลิตรต่อกิโลกรัมของแข็งระเหยได้ที่ถูกกำจัด นอกจากนี้ อภิวัฒน์และคณะ (2556) [7] ศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 โดยปรับเปลี่ยนค่าร้อยละของแข็งระเหยได้เข้าระบบที่แตกต่างกันพบว่า ที่อัตราภาระบรทุกสารอินทรีย์ในรูปชีโอดีเท่ากับ 0.67 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ให้ผลผลิตก๊าซมีเทนเท่ากับ 0.43 ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลกรัมชีโอดีที่ถูกกำจัด จากงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าหญ้าเนเปียร์มีศักยภาพในการใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพได้ อย่างไรก็ตามอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมเพื่อนำหญ้าเนเปียร์มาผลิตก๊าซชีวภาพ

ยังคงมีข้อมูลจำกัด ดังนั้นงานวิจัยนี้ทำการศึกษาผลของอายุเก็บเกี่ยวหญ้าเนเปียร์ต่อลักษณะสมบัติทางเคมีของหญ้าที่ได้ และผลต่อศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

หญ้าเนเปียร์ที่ใช้เป็นหญ้าสดอายุเก็บเกี่ยว 35, 45 และ 55 วัน นำหญ้าเนเปียร์สดที่เก็บเกี่ยวได้มาบด (รูปที่ 1) ให้มีขนาด 5-7 มิลลิเมตร [8] เพื่อง่ายต่อการเข้าทำปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ จากนั้นนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ โดยวิเคราะห์ค่าความชื้น ของแข็งทั้งหมด ของแข็งระเหยได้ เถ้า องค์ประกอบคาร์บอนและไนโตรเจน ด้วยวิธีวิเคราะห์มาตรฐาน APHA [9] และวิเคราะห์หาปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน ด้วยวิธีของ P.J. Van Soest (1963) [10] สำหรับหวัเชื้อจุลินทรีย์ในการทดลองนี้ใช้มูลโคนมเป็นแหล่งเชื้อในการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน เป็นมูลโคนมสายพันธุ์ไฮลัสไคน์ฟรีเซียนที่ได้จากฟาร์มโคนมในโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา (รูปที่ 2) นำมาศึกษาองค์ประกอบของมูลโคนมด้วยวิธีวิเคราะห์มาตรฐาน APHA [9] ได้แก่ ค่าความชื้นของแข็งทั้งหมด ของแข็งระเหยได้ เถ้า และองค์ประกอบคาร์บอนและไนโตรเจน

ในการทดลองนี้ศึกษาศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพด้วยวิธีบีเอ็มพี (Biochemical methane potential assay) [11] โดยทำการทดลองใช้ขวดเซรัมลิขานขนาด 125 มิลลิลิตร เก็บตัวอย่างก๊าซชีวภาพโดยการใช้หลอดเก็บก๊าซ (Gas syringe) วัดปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น ในรูปที่ 3 แสดงชุดการทดลองบีเอ็มพี



รูปที่ 1 หญ้าเนเปียร์



รูปที่ 2 หัวเชื้อจุลินทรีย์ (มุลโคนม)



รูปที่ 3 ชุดการทดลองสำหรับหาปริมาณก๊าซชีวภาพด้วยวิธีบีเอ็มพี

นำตัวอย่างที่มีอัตราส่วนระหว่างสารตั้งต้นต่อเชื้อจุลินทรีย์เท่ากับ 70:30 ใส่ลงในขวดซีรัม กำหนดปริมาตรของเหลวเท่ากับ 80 มิลลิลิตร ป้อนปริมาณสารตั้งต้น (หญ้าเนเปียร์) ในระบบที่ค่าของแข็งระเหยได้ (VS) เริ่มต้นที่ร้อยละ 2 และหัวเชื้อจุลินทรีย์ในระบบมีค่าของแข็งระเหยได้ (VS) เริ่มต้นร้อยละ 2.5 เดิมโซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) เพื่อทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ปรับ

ค่าพีเอชเริ่มต้นประมาณ 8 จากนั้นใส่ก๊าซออกซิเจนที่อยู่ภายในขวดด้วยก๊าซไนโตรเจน ปิดให้สนิทและนำขวดซีรัมไปเก็บไว้ในตู้ที่มีอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส พร้อมทั้งเขย่าขวดด้วยความเร็ว 200 รอบต่อนาที ทำการวัดปริมาณก๊าซชีวภาพทุกวันเป็นเวลาประมาณ 50 วัน บันทึกปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นและวิเคราะห์ประสิทธิภาพการกำจัดมลสารของแต่ละชุดการทดลองดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 วิธีการวิเคราะห์ตัวแปรที่ทำการศึกษาในการทดลองนี้

ตัวแปร	วิธีวิเคราะห์	ความถี่ของการเก็บตัวอย่าง
ของแข็งทั้งหมด (% น้ำหนักสด)	Standard Method#2540B (103 - 105° C)	ก่อนและหลังการทดลอง
ของแข็งระเหยได้ (% น้ำหนักสด)	Standard Method#2540B (500 - 600° C)	ก่อนและหลังการทดลอง
ซีไอดีกรอง	Standard Method#5220C (Closed Reflux)	ก่อนและหลังการทดลอง
ปริมาณก๊าซชีวภาพ	Gas syringe	ทุกวัน

การวิเคราะห์ปริมาณก๊าซชีวภาพทั้งหมดที่เกิดขึ้นด้วยหลอดเก็บก๊าซ โดยวัดก๊าซชีวภาพทั้งหมดที่เกิดขึ้นต่อวัน ทำการวัดปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจนกว่าระบบไม่มีการผลิตก๊าซเพิ่มขึ้น และคำนวณผลผลิตก๊าซชีวภาพ

จากก๊าซชีวภาพสะสมทั้งหมดในหน่วยลิตรของก๊าซชีวภาพต่อกิโลกรัมของของแข็งระเหยได้ที่ป้อนเข้าระบบ ดังสมการ (1)

$$\text{ผลผลิตก๊าซชีวภาพ} = \frac{\text{ปริมาตรของก๊าซชุดทดลอง (ลิตร)} - \text{ปริมาตรของก๊าซชุดควบคุม (ลิตร)}}{\text{ปริมาณของแข็งระเหยได้ที่ป้อนเข้าระบบ (กิโลกรัม)}} \quad (1)$$

ผลการทดลองและวิจารณ์

องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์

จากการทดลองพบว่า หญ้าเนเปียร์สดที่มีอายุเก็บเกี่ยวต่างกันมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งพบว่า หญ้าเนเปียร์ที่มีอายุมากขึ้นมีค่าของแข็งทั้งหมดและค่าของแข็งระเหยได้เพิ่มขึ้นด้วย โดยหญ้าเนเปียร์ที่อายุเก็บเกี่ยวที่ 35, 45 และ 55 วัน มีค่าของแข็งทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 18.43, 19.19 และ 20.17 คิดเป็นของแข็งระเหยได้เท่ากับร้อยละ 16.43, 17.00 และ 17.71 ตามลำดับ ซึ่งค่าของแข็งระเหยได้บ่งชี้ถึงปริมาณสารอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบของหญ้าเนเปียร์และสามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ด้วย เมื่อพิจารณาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ของหญ้าเนเปียร์ที่อายุต่างกัน พบว่า หญ้าเนเปียร์ที่มีอายุมากขึ้นมีปริมาณไนโตรเจนสะสมในพืชลดลงอย่างเห็นได้ชัด ส่งผลให้ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเพิ่มขึ้น โดยหญ้าเนเปียร์ที่อายุเก็บเกี่ยว 35, 45 และ 55 วัน มีค่า C/N เท่ากับ 16.36, 19.33 และ 27.91 ตามลำดับ ทั้งนี้สัดส่วน C/N สำหรับการย่อยสลายทางชีวภาพนั้น โดยทั่วไปมีค่าสัดส่วน C/N ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 20-30 อย่างไรก็ตาม พบว่าขึ้นกับลักษณะสมบัติของชีวมวลหรือของเสียแต่ละชนิดที่นำมาย่อยสลายด้วย ส่งผลให้ C/N ที่เหมาะสมอาจแตกต่างกันออกไป เช่น Romano และ Zhang (2008) [14] ระบุว่า C/N ที่เหมาะสมสำหรับ

ย่อยสลายน้ำเสีย Onion juice ร่วมกับสลัดจ์แอนแอโรบิก เท่ากับ 15 ขณะที่ Zhu และ Li (2009) [15] พบว่า สัดส่วน C/N ที่เหมาะสมกับการย่อยสลาย Corn stover ร่วมกับสลัดจ์ sewage มีค่าเท่ากับ 15-18 และเท่ากับ 20-25 สำหรับการย่อยสลายของเสียจากโรงงานเยื่อกระดาษ สำหรับในงานวิจัยนี้เมื่อพิจารณาเฉพาะสัดส่วน C/N พบว่า หญ้าที่ตัดในช่วงอายุ 45 และ 55 วัน ให้ค่า C/N อยู่ในช่วงที่เหมาะสม อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของตัวแปรอื่นๆ ที่มีผลโดยตรงต่อการย่อยสลาย ได้แก่ ลิกนิน พบว่า เมื่ออายุเก็บเกี่ยวเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ร้อยละขององค์ประกอบลิกนินเพิ่มสูงขึ้นด้วย

จากผลวิเคราะห์องค์ประกอบของหญ้าเนเปียร์ที่อายุเก็บเกี่ยว 35-55 วัน พบว่า มีค่าองค์ประกอบของเซลลูโลสในช่วงร้อยละ 19.55-27.40 โดยมีเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลส สำหรับอายุตัด 35, 45 และ 55 วัน อย่างไรก็ตามพบว่า เมื่ออายุหญ้าเพิ่มขึ้นปริมาณลิกนินเพิ่มมากขึ้นโดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 3.84, 3.94 และ 6.09 ตามลำดับ ซึ่งองค์ประกอบลิกนินนี้มีผลกระทบโดยตรงต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ จากงานวิจัยของสาขันธ์และคณะ (2539) [12] พบว่าอายุการตัดที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้สัดส่วนไบโอดีปลดลงส่งผลให้แม้ผลผลิตเพิ่มขึ้นแต่คุณภาพลดลง ทั้งนี้เนื่องจากไบโอดีปประกอบธาตุอาหารมากกว่าลำต้นซึ่งมีเยื่อใยและลิกนินสูงกว่า นอกจากนี้ Lounglawan และคณะ (2014) [13] รายงานว่า รอบอายุการตัดของหญ้าเนเปียร์ยักษ์ที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อองค์ประกอบธาตุอาหาร

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของหญ้านเปียร์สดและหัวเชื้อจุลินทรีย์ (มูลโคนม)

ตัวแปร	หญ้านเปียร์สดตัดที่อายุ			หัวเชื้อจุลินทรีย์ (มูลโคนม)
	35 วัน	45 วัน	55 วัน	
ความชื้น (%)	81.57±0.19	80.81±0.33	79.83±0.01	81.10±0.38
ของแข็งทั้งหมด (%)	18.43±0.19	19.19±0.33	20.17±0.01	18.90±0.38
ของแข็งระเหยได้ (%)	16.43±0.20	17.00±0.23	17.71±0.04	16.08±0.32
เถ้า (%)	2.00±0.00	2.18±0.10	2.46±0.05	2.83±0.06
อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	16.36±0.25	19.33±1.23	27.91±0.40	18.51±0.18
เซลลูโลส (%)	26.71±0.37	27.40±1.96	19.55±0.07	-
เฮมิเซลลูโลส (%)	37.92±0.01	39.07±0.77	36.51±0.39	-
ลิกนิน (%)	3.84±0.15	3.94±0.34	6.09±1.00	-

และน้ำหนักแห้งของหญ้าที่ได้ โดยหญ้าที่ตัดที่อายุ 45 และ 60 วัน ให้ปริมาณธาตุอาหารและน้ำหนักแห้งสูงกว่าที่ตัดทุก 30 วัน ซึ่งส่งผลให้ผลผลิตก๊าซชีวภาพรวมแตกต่างกัน

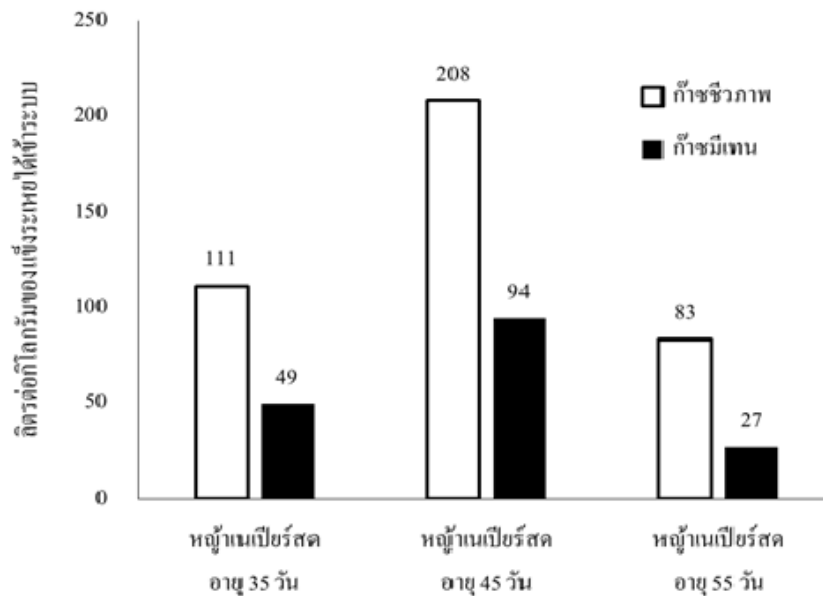
สำหรับเชื้อจุลินทรีย์ (มูลโคนม) มีค่าของแข็งทั้งหมดร้อยละ 18.90 และมีค่าของแข็งระเหยได้ร้อยละ 16.08 มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 18.51 ซึ่งองค์ประกอบมีลักษณะใกล้เคียงกับหญ้านเปียร์ที่ใช้ในการทดลองเนื่องจากอาหารหลักของโคนมคือหญ้านเปียร์

การผลิตก๊าซชีวภาพ

ในรูปที่ 4 แสดงผลผลิตก๊าซชีวภาพและก๊าซมีเทนจากการย่อยสลายหญ้านเปียร์ที่มีอายุเก็บเกี่ยวแตกต่างกันที่ 35, 45 และ 55 วัน พบว่า มีค่าผลิตก๊าซชีวภาพเท่ากับ 111, 208 และ 83 ลิตรต่อกิโลกรัมของแข็งระเหยได้ตามลำดับ หรือคิดเป็นผลผลิตมีเทนเท่ากับ 49, 94 และ 27 ลิตรต่อกิโลกรัมของแข็งระเหยได้ตามลำดับ ทั้งนี้ผลการทดลองค่าผลผลิตก๊าซชีวภาพที่แสดงดังรูปที่ 4 ได้ทำการหักลบปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดในชุดควบคุมหรือปริมาณก๊าซที่เกิดจากมูลสัตว์ที่เป็นแหล่งจุลินทรีย์ตั้งต้นแล้ว โดยปริมาณก๊าซชีวภาพจากชุดควบคุมมีค่าประมาณ 57 มิลลิลิตร เปรียบเทียบกับ 175, 297 และ 134 มิลลิลิตร สำหรับหญ้าที่อายุเก็บเกี่ยว 35, 45

และ 55 วัน ตามลำดับ หรือคิดเป็นปริมาณก๊าซร้อยละ 32.57, 22.71 และ 53.77 ของก๊าซทั้งหมดที่เกิดขึ้นในชุดทดสอบ ตามลำดับ

การปลูกหญ้านเปียร์สดที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 35, 45 และ 55 วัน ในแต่ละปีสามารถให้ผลผลิตหญ้าเฉลี่ย 56,731, 67,484 และ 58,400 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้นสามารถประเมินศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพได้เท่ากับ 1,443, 2,396 และ 1,120 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อปีตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าหญ้านเปียร์สดอายุเก็บเกี่ยว 45 วัน สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้สูงกว่าหญ้านเปียร์สดอายุเก็บเกี่ยว 35 และ 55 วัน ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของเซลลูโลสหญ้านเปียร์สดอายุเก็บเกี่ยว 45 วัน มีปริมาณเซลลูโลสสูงสุดร้อยละ 27.40 และมีอัตราส่วน C/N เท่ากับ 19.33 การย่อยสลายเซลลูโลสเกิดจากการที่โมเลกุลถูกไฮโดไลซิสโดยเอนไซม์เซลลูเลส ซึ่งเอนไซม์จะเข้าทำการย่อยเซลลูโลสที่ไม่ละลายน้ำให้อยู่ในรูปที่ละลายน้ำ จากนั้นจึงถูกจุลินทรีย์ดูดซึมเข้าสู่ภายในเซลล์เพื่อใช้เป็นแหล่งคาร์บอนของจุลินทรีย์เพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ [9] และเนื่องจากหญ้านเปียร์สดอายุเก็บเกี่ยว 45 วัน มีปริมาณเซลลูโลสสูงกว่าหญ้านเปียร์สดอายุเก็บเกี่ยว 35 และ 55 วัน จึงเกิดการย่อยสลายกลายเป็นน้ำตาลปริมาณมากส่งผลให้หญ้านเปียร์สดอายุเก็บเกี่ยว 45 วัน สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้สูงที่สุด



รูปที่ 4 การผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลนเปียร์ที่อายุเก็บเกี่ยวต่างกัน

เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตก๊าซที่ได้กับงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ให้ผลแตกต่างกัน เช่น ฟาริดา และคณะ (2557) [16] หมักมูลนเปียร์ที่อายุเก็บเกี่ยว 45 วัน และใช้จุลินทรีย์ตั้งต้นจากระบบกำจัดขยะพบว่า ให้ผลผลิตก๊าซสูงสุดเท่ากับ 530 L/kgVS ที่สัดส่วนมูลนเปียร์ต่อจุลินทรีย์ที่ 1:2 ขณะที่จักรพันธ์และคณะ (2553) [5] พบว่า การหมักมูลนเปียร์ร่วมกับน้ำเสียฟาร์มสุกรและเศษอาหาร ให้ผลผลิตก๊าซสูงสุด เท่ากับ 629 L/kgVS และอภิวัฒน์และคณะ (2557) [7] ผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลนเปียร์ปากช่อง 1 อายุ 45 วัน ในระบบ 2 ขั้นตอนพบว่า ให้ผลผลิตก๊าซ 520 L/kgVS ทั้งนี้ผลที่ได้ต่างกันขึ้นอยู่กับสภาวะและชนิดของระบบที่ใช้ในการศึกษาซึ่งมีข้อดีและข้อจำกัดแตกต่างกันไป

ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์

ผลการทดลองในรูปปริมาตรก๊าซชีวภาพที่เกิดการกำจัดสารอินทรีย์ในรูปของแข็งทั้งหมด ของแข็ง

ระเหยได้และซีโอดีกรอง แสดงดังตารางที่ 3 จากการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งทั้งหมดและของแข็งระเหยได้สอดคล้องกัน ทั้งในมูลนเปียร์อายุเก็บเกี่ยว 35, 45 และ 55 วัน จากตารางที่ 3 มูลนเปียร์สดอายุเก็บเกี่ยว 45 วัน แสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งระเหยได้สูงสุด แปรผันตรงตามประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพที่สูงที่สุดด้วย เนื่องจากค่าของแข็งระเหยได้ที่ย่อยสลายถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซชีวภาพ และพบว่า มูลนเปียร์อายุเก็บเกี่ยว 45 วัน มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีกรองสูงสุดดังตารางที่ 3 สัมพันธ์กับประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น ดังรูปที่ 4 แสดงให้เห็นว่าผลผลิตก๊าซชีวภาพกับประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีกรองมีความสัมพันธ์กัน มูลนเปียร์อายุเก็บเกี่ยว 45 วัน มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีกรองสูงทำให้มีผลผลิตก๊าซชีวภาพสูงด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ในรูปของแข็งทั้งหมด ของแฉ่งระเหยได้ และชีโอดีกรอง

ตัวแปร	หญ้าเนเปียร์สด		
	35 วัน	45 วัน	55 วัน
ค่าของแข็งทั้งหมดเฉลี่ยในระบบ (mg/l)	21,670	25,020	27,670
ค่าของแข็งทั้งหมดเฉลี่ยออกจากระบบ (mg/l)	4,855	4,929	10,115
การกำจัดของแข็งทั้งหมด (%)	78	80	63
ค่าของแฉ่งระเหยได้เฉลี่ยในระบบ (mg/l)	15,145	18,195	21,295
ค่าของแฉ่งระเหยได้เฉลี่ยออกจากระบบ (mg/l)	3,260	2,715	8,395
การกำจัดของแฉ่งระเหยได้ (%)	78	85	61
ค่าชีโอดีกรองเฉลี่ยในระบบ (mg/l)	6,160	8,960	10,080
ค่าชีโอดีกรองเฉลี่ยออกจากระบบ (mg/l)	2,880	3,200	5,120
การกำจัดชีโอดีกรอง (%)	53	64	49

สรุป

อายุเก็บเกี่ยวหญ้าเนเปียร์มีผลต่อประสิทธิภาพและผลผลิตก๊าซชีวภาพ โดยจากผลการศึกษาพบว่าหญ้าเนเปียร์สดอายุเก็บเกี่ยว 45 วัน ให้ผลผลิตก๊าซชีวภาพสูงสุด เนื่องจากมีองค์ประกอบที่เหมาะสมต่อการย่อยสลาย จากการย่อยสลายเซลล์ulos ทำให้เกิดน้ำตาลถ้ามีปริมาณเซลล์ulos สูงก็จะได้ปริมาณน้ำตาลที่สูงเช่นกัน จากนั้นจุลินทรีย์จะดูดซึมน้ำตาลเข้าสู่ภายในเซลล์ เพื่อใช้เป็นแหล่งคาร์บอนในการผลิตก๊าซชีวภาพ และระบบสามารถกำจัดสารอินทรีย์ในรูปของของแข็งทั้งหมดได้ร้อยละ 80 กำจัดสารอินทรีย์ในรูปของแฉ่งระเหยได้ร้อยละ 85 และกำจัดสารอินทรีย์ในรูปชีโอดีกรองได้ร้อยละ 64 โดยผลผลิตก๊าซชีวภาพที่ได้ค่าสูงสุดเท่ากับ 208 ลิตรต่อกิโลกรัมของแฉ่งระเหยได้เข้าระบบ หรือคิดเป็นผลผลิตก๊าซชีวภาพเท่ากับ 2,396 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อปี

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจาก National Research University Project, Office of Higher Education commission (WCU-58-015-EN) and the 90th anniversary of Chulalongkorn Fund, Thailand (Ratchadaphiseksomphot)

เอกสารอ้างอิง

- [1] Wijitphan, S. 2009. Effect of cutting heights on productivity and quality of king napier grass (*Pennisetum purpureum* cv. King Grass) under irrigation. Pak J Nutr. 8(8): 1244-1250.
- [2] Rengsirikul, K., Ishii, Y., Kangvansaichol, K., Pripanapong, P., Sripichitt, P., Punsuvon, V., Vaithanomsat, P., Nakamane, G. and Tudsri, S. 2011. Effect of inter-cutting interval on biomass yield, growth components and chemical composition of napiergrass (*Pennisetum*

- purpureum Schumach*) cultivars as bioenergy crops in Thailand. Grassl Sci. 57: 135-141.
- [2] Rengsirikul, K., Ishii, Y., Kangvansaichol, K., Sripichitt, P., Punsuvon, V., Vaithanomsat, P., Nakamane, G. and Tudsri, S. 2013. Biomass yields, chemical composition and potential ethanol yields of 8 cultivars of Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schumach.) harvested 3-monthly in central Thailand. J Sust bioenergy Syst, 3: 107-112.
- [3] Bach, EE., Alcantara, VBG., Alcantara, PB. and Veasey, EA. 1995. Biochemical and isoenzyme analyses of elephant grass, *Pennisetum purpureum* (SCHUM) varieties. Sci Agric. 52: 528-533.
- [4] Queiroz, FJL., Da Silva, DS. and Do Nascimento, IS. 2000. Dry matter production and quality of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) cultivar Roxo at different cutting ages. R Bras Zootec. 29: 69-74.
- [5] Charapaka, N. 2011. Biochemical methane potential of grass species. Department of environmental engineering, Faculty of engineering, Chulalongkorn University.
- [6] Kanjana, W. 2012. Enhancement of biogas production from pretreatment napiergrass by completely stirred tank Reactor. Department of environmental engineering, Faculty of engineering, Chulalongkorn University.
- [7] Janejadkarn, A. 2014. Biogas production from napier Grass (Pak Chong 1) (*Pennisetum purpureum* × *Pennisetum americanum*). Department of environmental engineering, Faculty of engineering, Chulalongkorn University.
- [8] Elsaber, M., Keymer, U. and Robberg, R. 2012. Biogas from grass. DLG Expert Knowledge Series. 386.
- [9] APHA, AWWA and WPCF. 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20Th Edition.
- [10] Van Soest, P.J. 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fibre and lignin. AOAC. 46: 829-835.
- [11] Owens, J. M. and Chynoweth. 1993. Biochemical methane potential of municipal solid waste (MSW) components. Wat. Sci. Tech. Vol. 27: 1-14.
- [12] Tudsri, S., Sukaket, S. and Pookpakdi, A. 1996. Dry matter production and quality of some tropical grasses. Kasetsat J (Nat. Sci.) 30(3): 293-302.
- [13] Pipat Lounglawan, Wassana Lounglawan and Wisitiporn Suksombat. 2014. Effect of cutting interval and cutting height on yield and chemical composition of King Napier grass (*Pennisetum purpureum* × *Pennisetum americanum*). Procedia APCBEE. 8: 27-31.
- [14] Ramano, R. T. and Zhang, R. H. 2008. Co-digestion of onion juice and wastewater sludge using an anaerobic mixed biofilm reactor. 99(3): 631-637.
- [15] Zhu, J. and Li, Y. 2009. Experimental study on solid state anaerobic digestion of organic waste for methane production. In proceedings of the 2009 annual ASABE meeting 2009.
- [16] Promma, F., Thanaboripat, D. and Sirirote, P. 2015. Biogas production from 3 strains of Napier grass (*Pennisetum purpureum*). KM ITL Sci Technol J. 23(2): 30-50.

