ISSN: 1686-8420 (Print), 2651-2289 (Online)

RMUTT Research Journal
Science and Technology
Rajamangala University of Technology Thanyaburi

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตก๊าซมีเทนจากการหมักร่วมระหว่างหญ้าเนเปียร์ที่ปลูกในดินเสื่อมโทรมและมูลสุกร

Feasibility Study the Methane Production with Co-digestion between Napier Grass in Degrade Land and Swine Manure

วนัสพรรัศม์ สวัสดี*

Vanatpornratt Sawasdee*

สาขาวิชานวัตกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อม วิทยาลัยนวัตกรรมการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ จ.ปทุมธานี 13180

Program in Innovation of Environmental Management, College of Innovative Management, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under the Royal Patronage, Pathumthani 13180, THAILAND

*Corresponding author e-mail: vanatpornratt@vru.ac.th, s.vanatpornratt@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:
Received: 21 May, 2020
Revised: 16 June, 2020
Accepted: 5 August, 2020
Available online: 3 February, 2021
DOI: 10.14456/rj-rmutt.2021.1

Keywords: feasibility study, methane production, co-digestion, Napier grass, degrade land

ABSTRACT

This research was feasibility study the methane production with co-digestion between Napier grass in degrade land and swine manure. The feasibility consideration was divided into 2 parts: methane production and economic feasibility. The degrade land is saline, acid, and compact soil. The ratio of co-digestion between Napier grass and swine manure was 1:2 and the conditions were controlled for methane production with completely mixed. This research found that the methane production from acid soil was effective with cumulative methane 9 liters, methane production potential 9,280 ml, and maximum methane production rate 872.20 ml h^{-1}, in term of Napier grass in saline, and compact soil were 2,936.57 and 1,967.75, respectively. The maximum methane production rate from Napier grass in saline, and compact soil were 767.45, and 910.56 ml h^{-1}, respectively. The consideration of feasibility study for the project was studied benefit / cost ratio (B/C ratio), net present value (NPV), internal rate return (IRR), and payback period (PBP). The research found that B/C ratio was more

ISSN: 1686-8420 (Print), 2651-2289 (Online)

than 1, B/C ratio is the first of factor that can be considered economic feasibility. Payback period was less than 1 year. NPV and Internal rate return (IRR) of Napier grass in acid soil were 95,991.95 bath and 117%, respectively. These factors showed that this project is worth to investment for methane production in household.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตก๊าซมีเทนจากการหมักร่วมระหว่างหญ้าเนเปียร์ที่ปลูกในดินเสื่อมโทรมและมูลสุกร การพิจารณาความเป็นไปได้นั้นแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ผลผลิตก๊าซมีเทน และความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐศาสตร์ พื้นที่ดินเสื่อมโทรมในงานวิจัยนี้ สามารถแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ ดินเค็ม ดินเปรี้ยว และดินดาน อัตราส่วนหญ้าเนเปียร์ต่อมูลสุกร คือ 1:2 และควบคุมสภาวะให้เหมาะสมต่อการผลิตก๊าซมีเทนโดยใช้ระบบกวนสมบูรณ์ (Completely Mixed) จากการวิจัยพบว่าการผลิตก๊าซมีเทนจากหญ้าเนเปียร์ที่ปลูกในดินเปรี้ยวมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยปริมาณมีเทนสะสมมากถึง 9 ลิตร ที่อัตราการผลิตมีเทนสูงสุด 9,280.80 มิลลิลิตร และอัตราเร็วสูงสุดในการผลิต คือ 872.20 มิลลิลิตร/ชั่วโมง ในส่วนหญ้าเนเปียร์ที่ปลูกในดินเค็ม และดินดาน มีอัตราการผลิตสูงสุดคือ 2,936.57 และ 1,967.75 มิลลิลิตร อัตราเร็วสูงสุดในการผลิตมีเทนจากหญ้าเนเปียร์ที่ปลูกในดินเค็ม และดินดาน คือ767.45 และ 910.56 มิลลิลิตร/ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับโครงการจะศึกษาอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C ratio) มูลค่าปัจจุบันสุทธิสะสม (NPV) อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) และระยะเวลาคืนทุน (PBP) จากงานวิจัยพบว่าอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนมีค่ามากกว่า 1 ซึ่ง B/C ratio เป็นปัจจัยแรกที่ต้องพิจารณา ระยะเวลาคืนทุนไม่ถึง 1 ปี มูลค่าปัจจุบันสุทธิสะสมของหญ้าเนเปียร์ที่ปลูกในดินเปรี้ยวมีค่ามากที่สุด คือ 95,991.95 ค่าอัตราผลตอบแทนภายในมีค่าร้อยละ 117 แสดงให้เห็นว่าโครงการมีความคุ้มค่าและเหมาะสมสำหรับการนำมาปรับใช้ในการผลิตก๊าซมีเทนสำหรับครัวเรือนต่อไป

คำสำคัญ: การศึกษาความเป็นไปได้ การผลิตก๊าซมีเทน การหมักร่วม หญ้าเนเปียร์ ดินเสื่อมโทรม

บทนำ

พลังงานทางเลือกสำหรับประเทศไทยในปัจจุบันถือเป็นสิ่งที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก นอกจากจะหาพลังงานทางเลือกเพื่อทดแทนพลังงานฟอสซิลนั้นยังสามารถลดมลพิษสิ่งแวดล้อมได้เป็นอย่างดี โดยพลังงานทางเลือกมีหลายประเภท ดังนี้ พลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำขนาดเล็ก เชื้อเพลิงชีวมวล และก๊าซชีวภาพ ซึ่งสำหรับประเทศไทยพลังงานที่น่าสนใจ คือ ก๊าซชีวภาพ โดยกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพนั้นสามารถผลิตได้จากวัตถุดิบหลายชนิด เช่น น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ของเหลือทิ้งทางการเกษตร พืชพลังงาน รวมถึงพืชทางเลือกสำหรับการผลิตพลังงานทดแทนอีกด้วย ซึ่งวัตถุดิบที่น่าสนใจในปัจจุบัน คือ หญ้าเนเปียร์ซึ่งมีองประกอบเซลลูโลส ซึ่งเป็นแหล่งของสารอินทรีย์ที่มีความอุดมสมบูรณ์ (1) หญ้าเนเปียร์สามารถปลูกได้ในพื้นที่เสื่อมโทรม และยังนำไปใช้เป็นอาหารวัวได้อีกด้วย ดังนั้นจึงถือได้ว่าเป็นวัตถุดิบที่เหมาะสมสำหรับการผลิตก๊าซมีเทน เพื่อใช้ในชุมชนห่างไกล (2) และลดความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงพลังงาน ก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นโดยอาศัยกระบวนการหมักแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Digestion) โดยสารอินทรีย์ในระบบจะถูกย่อยสลายโดยกลุ่มจุลินทรีย์ ซึ่งมีทั้งแบคทีเรีย และอาร์เคีย (3)

ISSN: 1686-8420 (Print), 2651-2289 (Online)

ก๊าซที่ได้จะเป็นก๊าซผสมที่มีสัดส่วนต่างกันประกอบด้วย ก๊าซมีเทน (CH_4) 65% โดยปริมาตร ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 30% โดยปริมาตร ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) 2% โดยปริมาตร และก๊าซอื่นๆ 3% โดยปริมาตร ซึ่งกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่เกิดขึ้น 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย ปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส (Hydrolysis) ปฏิกิริยาอะซิโดจินิซีส (Acidogenesis) ปฏิกิริยาสร้างกรดอะซิติก (Acetogenesis) และปฏิกิริยาสร้างก๊าซมีเทน (Methanogenesis) (4) ซึ่งในปฏิกิริยาการสร้างกรดสามารถเกิดขึ้นโดยกลุ่มแบคทีเรียผลิตกรด และในปฏิกิริยาการสร้างก๊าซมีเทนสามารถเกิดขึ้นโดยกลุ่มอาร์เคีย ซึ่งการผลิตก๊าซมีเทนนั้นสามารถใช้วิธีการหมักร่วม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนให้ดียิ่งขึ้น จากงานวิจัยที่ผ่านมามีการใช้วัตุดิบที่มีลักษณะเป็นชีวมวล เช่น ผักตบชวาสามารถนำมาผลิตก๊าซชีวภาพได้ ซึ่งทีมนักวิจัย Njogu P. และคณะ (5) ได้ทำการศึกษาวิจัยการผลิตก๊าซชีวภาพจากผักตบชวา ผลจากการวิจัยพบว่าสามารถผลิตก๊าซชีวภาพโดยมีก๊าซมีเทน (CH_4) ที่เป็นองค์ประกอบหลัก 49-53% และมีองค์ประกอบของก๊าซอื่นๆ ดังนั้นสำหรับงานวิจัยนี้เลือกใช้วัตถุดิบ คือ หญ้าเนเปียร์โดยเก็บเกี่ยวจากพื้นที่ดินเสื่อมโทรม ซึ่งมีข้อจำกัดคือมีองค์ประกอบชีวมวล คือ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ในปริมาณน้อย ทำให้เป็นสิ่งที่น่าสนใจที่จะผลิตก๊าซชีวภาพให้มีคุณภาพดี จึงมีการหมักร่วมกับมูลสุกร โดยใช้อัตราส่วน 1:2 (6) อีกทั้งยังควบคุมสภาวะให้มีความเหมาะสมในการผลิตก๊าซมีเทน และในงานวิจัยนี้ยังมีการศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตก๊าซมีเทนของโครงการวิจัยเพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้ที่สนใจอีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัยการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตก๊าซมีเทนจากการหมักร่วมระหว่างหญ้าเนเปียร์ที่ปลูกในดินเสื่อมโทรมและมูลสุกร สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ 1) การผลิตก๊าซมีเทน และ 2) การคำนวณความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ

1. การผลิตก๊าซมีเทน

การผลิตก๊าซมีเทนนั้นเริ่มจากการจัดเตรียมวัตถุดิบ คือหญ้าเนเปียร์ที่ปลูกในดินเสื่อมโทรม นำมาผ่านการปรับสภาพทางกายภาพให้มีขนาดเล็กลง โดยการปรับสภาพทางกายภาพให้มีขนาดเล็กลงใช้วิธีการบดเพื่อลดขนาด ให้มีขนาดไม่เกิน 1.5 เซนติเมตร เพื่อให้กลุ่มจุลินทรีย์ในระบบสามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ โดยก่อนการนำหญ้าเนเปียร์เข้าสู่ระบบผลิตก๊าซชีวภาพนั้น มีการวิเคราะห์องค์ประกอบชีวมวล คือ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน โดยวิธีการสกัดด้วยสารละลาย Neutral detergent Acid Detergent และ Permanganate Lignin (7) และมูลสุกรที่ใช้ในงานวิจัยนำมาจากโรง ฆ่าสัตว์ปทุมธานี โดยนำมาผ่านตะแกรงร่อน (Mesh) เพื่อกำจัดเศษสิ่งสกปรกที่เจือปนมา ก่อนนำเข้าสู่ถังปฏิกรณ์ (Reactor) ขนาด 10 ลิตร สำหรับผลิตก๊าซมีเทนแบบกวนสมบูรณ์ (Completely Mixed) โดยเป็นระบบแบบแบช (Batch) ในระบบมีการควบคุมสภาวะ ดังนี้ ค่าพีเอช 6.5-7 อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส ค่าของแข็งทั้งหมด (Total Solid: TS) ของหญ้าเนเปียร์ 2% อัตราส่วนระหว่างหญ้าเนเปียร์และมูลสุกรคือ 1:2 ปริมาตรของถังปฏิกรณ์ และอัตราการกวนผสม 100 รอบต่อนาที

เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ที่ใช้ในการผลิตก๊าซมีเทนจากหญ้าเนเปียร์ในพื้นที่ดินเสื่อมโทรมแล้ว จึงนำมาสู่ขั้นตอนการเริ่มเดินระบบ โดยการเติมมูลสุกรและหญ้าเนเปียร์ ควบคุมสภาวะในระบบผลิตก๊าซมีเทน ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ ในถังปฏิกรณ์เดียวกัน เพื่อลดความคาดเคลื่อนที่จะเกิดขึ้นจากถังปฏิกรณ์ ติดตามพารามิเตอร์ต่างๆ โดยเก็บตัวอย่างของเหลวและก๊าซมาวิเคราะห์ (8, 9) พารามิเตอร์แสดงดังตารางที่ 1

ISSN: 1686-8420 (Print), 2651-2289 (Online)

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์ใช้ในการวิเคราะห์ของเหลวและก๊าซ ที่มีผลต่อระบบผลิตก๊าซมีเทน

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	pH Meter
กรดไขมันระเหยง่าย (Volatile Fatty Acid)	Gas chromatography
องค์ประกอบก๊าซชีวภาพ (%)	Gas chromatography
ปริมาตรก๊าซชีวภาพ (มิลลิลิตร)	Gas counter

โดยพารามิเตอร์ทำการวิเคราะห์ทุก ๆ 3 วัน เมื่อได้ข้อมูลการผลิตก๊าซมีเทน จึงนำมาคำนวณค่าทางจลนศาสตร์การผลิตก๊าซมีเทน เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบ โดยใช้สมการ Modify Gompertz (10) ดังสมการที่ 1

$$H = H_max \times exp\{-exp[\frac{R_{max}e}{H_{max}}(\lambda - t) + 1]\} \quad (1)$$

โดยที่ H คือ ปริมาณก๊าซมีเทนสะสม (ml) T คือ ระยะเวลาในการหมัก (hr) R_{max} คือ อัตราการผลิตก๊าซมีเทนสูงสุด (ml hr^{-1}) H_{max} คือ ปริมาณก๊าซมีเทนสูงสุด (ml) $\boldsymbol{\lambda}$ คือ ระยะเวลาแลกเฟส (hr) และ e คือ ค่าคงที่ 2.7182818

2. การคำนวณความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ (Economic Feasibility)

ในการคำนวณความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการนั้น มีการคำนวณต้นทุนจาก *2* ส่วน คือ ต้นทุนที่เป็น Fixed cost และต้นทุนที่เป็น Variable cost โดย Fixed cost คือ อุปกรณ์ที่นำมาใช้งานสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ จะคำนวณจากถังพลาสติก และอุปกรณ์อื่นที่เกี่ยวข้อง 1 ชุด ราคา *3,500* บาท และ Variable cost คือค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเพื่อให้หญ้า เนเปียร์เจริญเติบโต 2,400 บาทต่อปี โดยการคำนวณจะแบ่งเป็น 4 ตัวชี้วัด ดังนี้

2.1 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost ratio *หรือ* B/C ratio) ในการคำนวณค่าอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน ดังสมการที่ 2 มีเงื่อนไขดังนี้ (11)

ถ้า B/C ratio มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าโครงการให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับที่ลงทุนไป

ถ้า B/C ratio มีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่าผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการไม่คุ้มกับเงินลงทุนที่เสียไป

$$B/C\ Ratio = \frac{\text{มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน}}{\text{มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย}} \quad (2)$$

2.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) ในการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิสามารถคำนวณได้ (11) ดังสมการที่ 3

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \quad (3)$$

2.3 อัตราผลตอบแทนจากโครงการ (Internal Rate of Return: IRR) ในการคำนวณอัตราผลตอบแทนจากโครงการ จะมีการคำนวณตั้งแต่ปีที่ 1-10 ตามอายุของอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการ (11) โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4

$$IRR = i_L + (i_U + i_L) \times \frac{NPV_L}{NPV_L - NPV_U} \quad (4)$$

2.4 ระยะเวลาคืนทุน (Payback period: PBP) ในการคิดค่าระยะเวลาคืนทุนนั้น คิดได้จากค่า NPV สะสม และ NPV ที่เปลี่ยนเป็นบวก (11) ดังสมการที่ 5

$$Paybackperiod = \text{ปีที่ } NPV \text{ เปลี่ยนเป็นบวก} + \frac{NPV \text{ สะสม}}{NPV \text{ ที่เปลี่ยนเป็นบวก}} \quad (5)$$

การคำนวณความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการนั้น ควรพิจารณาในส่วนอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนก่อนเป็นอันดับแรก เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับโครงการว่าควรมีการพิจารณาในการดำเนินการต่อหรือไม่ เมื่อมีการคำนวณอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน และได้ค่ามากกว่า 1 นั้น จึงเป็นข้อมูลยืนยันเบื้องต้นว่า โครงการนี้มีความเหมาะสมต่อการดำเนินการต่อไป

ISSN: 1686-8420 (Print), 2651-2289 (Online)

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

ในการผลิตก๊าซมีเทนจากการหมักร่วมระหว่างมูลสุกร และหญ้าเนเปียร์ที่ปลูกในดินเสื่อมโทรม ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ ในถังปฏิกรณ์เดียวกัน เพื่อลดความคาดเคลื่อนที่จะเกิดขึ้นจากถังปฏิกรณ์ ดินเสื่อมโทรมแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ ดินเค็ม ดินเปรี้ยว และดินดาน ซึ่งดินเหล่านี้เป็นดินที่มีธาตุอาหารต่ำ ไม่เหมาะกับการปลูกพืช โดยผลการวิจัยแสดงดังนี้

1) ค่าพีเอช (pH) และกรดไขมันระเหยง่าย (Volatile Fatty Acid: VFA)

ในการผลิตก๊าซมีเทนจากหญ้าเนเปียร์ในพื้นที่ดินเค็ม ดินเปรี้ยว และดินดานนั้น ระบบจะถูกควบคุมค่าพีเอชให้เริ่มต้นที่พีเอช 7 เพื่อให้ระบบมีสเถียรภาพมากที่สุด เมื่อเริ่มเดินระบบจนถึงสิ้นสุดพบว่ามีค่าพีเอชของหญ้าเนเปียร์ในพื้นที่ดินเค็ม อยู่ในช่วง 6.12-6.79 ดินเปรี้ยว อยู่ในช่วง 6.6-7.9 และดินดาน อยู่ในช่วง 6.1-7.1 ตามลำดับ ค่าพีเอชในระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตอยู่ระหว่าง 6.5-7.8 หากค่าพีเอช ลดลงถึง 6.2 จะทำให้ประสิทธิภาพในระบบลดลงอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้การผลิตก๊าซชีวภาพเป็นไปอย่างไม่มีประสิทธิภาพ ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าพีเอชในแต่ละชุดพบว่าค่าพีเอชของระบบผลิตก๊าซมีเทนจากหญ้าเนเปียร์ในพื้นที่ดินเค็ม และดินดานลดลงต่ำกว่า 6.2 เนื่องจากมีการสะสมของกรดไขมันระเหยง่าย ซึ่งอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนลดลง แต่ในส่วนดินเปรี้ยวนั้นค่าพีเอชตั้งแต่เริ่มต้นกระทั่งจบการวิจัยนั้นลดลงไม่ต่ำกว่า 6.5 จึงไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทน

นอกจากนี้มีการพิจารณาร่วมกับปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายภายในระบบพบว่ากรดไขมันระเหยง่ายของระบบผลิตก๊าซมีเทนจากหญ้าเนเปียร์ในดินเค็มและดินดานนั้นมีปริมาณน้อยมาก จึงส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทน เมื่อเทียบกับหญ้าเนเปียร์จากดินเปรี้ยว มีปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายอยู่ในช่วงที่กำหนดคือ ในระบบควรมีค่าประมาณ 20-200 มิลลิกรัม กรดอะซิติกต่อลิตร (4) นอกจากนี้กลุ่มอาร์เคียต้องใช้กรดไขมันระเหยง่าย เช่น กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก เป็นหลักในการสร้างก๊าซมีเทน เมื่อในระบบมีปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายน้อยเกินไป จึงไม่เพียงพอต่อความต้องการของกลุ่มอาร์เคีย แต่อย่างไรก็ตามระบบไม่ได้มีสภาวะเป็นกรดจัด ดังนั้นจึงยังสามารถรักษาสมดุลไว้ได้ ไม่ส่งผลเสียรุนแรงต่อแบคทีเรียและอาร์เคียในระบบ

2) การเปรียบเทียบการผลิตก๊าซมีเทนจากหญ้า เนเปียร์ที่ปลูกในดินเปรี้ยว ดินเค็ม และดินดาน

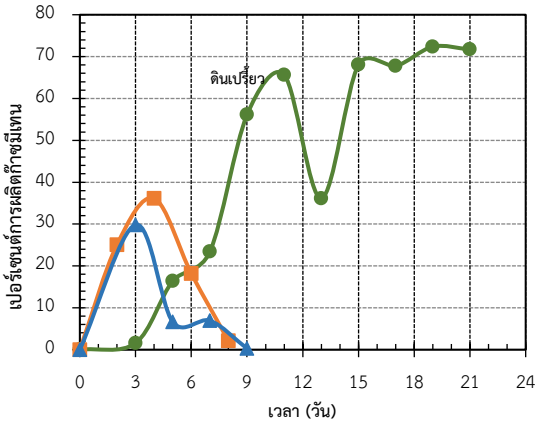
จากการทดสอบประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพที่ปลูกในดินต่างชนิดกัน ซึ่งเป็นดินเสื่อมโทรมทั้งสิ้น พบว่าสามารถนำหญ้าเนเปียร์มาผลิตก๊าซชีวภาพได้จากการปลูกในดินทั้งสามชนิด แต่ในการปลูกจากดินแต่ละชนิดจะให้ผลการทดสอบการผลิตก๊าซชีวภาพที่แตกต่างกัน เนื่องจากก๊าซชีวภาพมีองค์ประกอบหลักเป็นก๊าซมีเทน ดังนั้นจึงใช้ก๊าซมีเทนเป็นตัวหลักสำคัญในการเปรียบเทียบ ดังตารางที่ 2 ซึ่งจากการพิจารณาประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์ที่ปลูกในดินทั้ง 3 ชนิด คือ ดินเปรี้ยว ดินเค็ม และดินดานนั้น พบว่า หญ้าเนเปียร์ที่ปลูกในดินเปรี้ยวมีประสิทธิภาพดีที่สุด และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 1 แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าหญ้าเนเปียร์ที่ปลูกในดินเปรี้ยวสามารถผลิตก๊าซมีเทนได้ดีที่สุด เนื่องจากหญ้าเนเปียร์ที่ปลูกในพื้นที่ดินเปรี้ยวมีปริมาณเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส มากที่สุด คือ เซลลูโลส 14.48% และ เฮมิเซลลูโลส 6.87% ตามลำดับ ซึ่งทั้งเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสนั้นเป็นสารอินทรีย์ให้สำหรับกลุ่มจุลินทรีย์ภายในระบบผลิตก๊าซมีเทน ซึ่งเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสนั้นสามารถถูกย่อยสลายให้กลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวในขั้นตอนไฮโดรไลซีส (Hydrolysis) และจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดอะซิติก กรดไขมันสายสั้น แอลกอฮอล์ และ CO_2+H_2 (12) ซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านี้จะถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซมีเทนโดยกลุ่มแบคทีเรียผลิตมีเทน (Methanogen) ซึ่งจัดอยู่ใน

ISSN: 1686-8420 (Print), 2651-2289 (Online)

แบคทีเรียกลุ่มอาร์เคีย ดังนั้นประสิทธิภาพของการผลิตก๊าซมีเทนนั้นขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่เติมเข้าไปในระบบ รวมถึงอัตราส่วนในการหมักร่วม ถือเป็นปัจจัยสนับสนุนประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทน นอกเหนือจากสภาวะภายในระบบการผลิตก๊าซมีเทน

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทนจากหญ้าเนเปียร์จากดินเค็ม ดินเปรี้ยว และดินดาน

พารามิเตอร์	หญ้าเนเปียร์ที่ปลูกในดินเปรี้ยว	หญ้าเนเปียร์ที่ปลูกในดินเค็ม	หญ้าเนเปียร์ที่ปลูกในดินดาน
เปอร์เซ็นต์การเกิดก๊าซมีเทน (%CH_4)	71%	36.11%	29.8%
ปริมาณก๊าซรวมสะสม (liter)	20	13	11.1
ปริมาณมีเทนสะสม (Cumulative methane: liter)	9	2.89	1.99
อัตราการผลิตมีเทนสูงสุด (H_{max} : ml)	9,280.80	2,936.57	1,967.75
อัตราเร็วสูงสุดในการผลิตมีเทน (R_{max} : ml hr^{-1})	872.20	767.45	910.56



รูปที่ 1 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนจากการหมักร่วมของหญ้าเนเปียร์ที่ปลูกในดินเค็ม ดินเปรี้ยว และดินดาน

นอกจากนี้ อัตราการผลิตก๊าซมีเทนยังขึ้นอยู่กับกิจกรรมของกลุ่มจุลินทรีย์ในระบบ เนื่องจากระบบการผลิตก๊าซมีเทนเป็นแบบกะ (Batch) ดังนั้นกิจกรรมของจุลินทรีย์ในระบบจึงสามารถพิจารณาตามระยะของการเจริญ (Phases of Growth) โดยจะถูกแบ่งออกเป็น 4 ระยะ คือ lag phage เป็นระยะที่ยังไม่มีการเพิ่มจำนวนเซลล์ นั่นคือไม่มีการเจริญเติบโต แต่เป็นช่วงระยะเวลาการปรับตัว เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการเข้าสู่ logarithmic phase ซึ่งเป็นระยะที่มีการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว โดยในระยะนี้เป็นระยะที่ต้องการสารอินทรีย์ในการเจริญเติบโตมากที่สุด อีกทั้งจุลินทรีย์จะมีกิจกรรมทางเมทาบอลิซึมมากที่สุด ดังนั้นถือได้ว่าเป็นช่วงที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อม และสามารถผลิตก๊าซมีเทนได้มากที่สุดอีกด้วย เมื่อจุลินทรีย์ในระบบเข้าสู่สภาวะ stationary phase จะส่งผลให้การเกิดก๊าซมีเทนเข้าสู่สภาวะคงที่ เนื่องจากสารอินทรีย์ในระบบถูกใช้ไปจนมีปริมาณลดลง นอกจากนี้อัตราการเกิดและอัตราการตายของจุลินทรีย์ยังมีอัตราเท่ากัน และในระยะสุดท้าย death phase เป็นระยะที่อัตราการตายมากกว่าอัตราการเกิด ส่งผลให้ก๊าซมีเทนที่ผลิตได้ลดลง ดังนั้นการเดินระบบแบบกะ (Batch) ทำให้ได้ข้อมูลระยะเวลาที่จะนำไปสู่การเดินระบบแบบต่อเนื่อง มีระยะเวลาที่เหมาะสมในการเติมสารอินทรีย์เพื่อให้เกิดก๊าซมีเทนอย่างต่อเนื่อง (13)

3) การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ (Economic Feasibility)

ในการผลิตก๊าซมีเทนจากหญ้าเนเปียร์จากพื้นที่ดินเสื่อมโทรมทั้ง 3 ชนิด คือ ดินเปรี้ยว ดินเค็ม และดินดานนั้น สามารถนำก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้มาทดแทนก๊าซหุงต้ม และนำไปใช้ในครัวเรือนได้ นำไปสู่การลดค่าใช้จ่ายในการซื้อก๊าซหุงต้ม อีกทั้งยังเป็นแนวทางสำหรับการนำไปสู่การนำก๊าซมีเทนที่ได้จากหญ้าเนเปียร์

ISSN: 1686-8420 (Print), 2651-2289 (Online)

ไปสู่การผลิตกระแสไฟฟ้า สำหรับพื้นที่ที่มีศักยภาพในการปลูกหญ้า เนเปียร์ได้อีกด้วย ซึ่งในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการนั้น จะคิดในกรณีทดแทนก๊าซหุงต้ม โดยก๊าซมีเทน 1 ลูกบาศก์เมตร สามารถทดแทนก๊าซหุงต้มได้ 0.46 กิโลกรัม และจึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุนของโครงการนั้นสามารถวิเคราะห์ได้โดยมีพารามิเตอร์ ดังนี้ อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ระยะเวลาคืนทุน (PBP) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ข้อมูลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์

พารามิเตอร์ทางเศรษฐศาสตร์	หญ้าเนเปียร์ที่ปลูกในดินเปรี้ยว	หญ้าเนเปียร์ที่ปลูกในดินเค็ม	หญ้าเนเปียร์ที่ปลูกในดินดาน
อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio)	9.03	5.87	5.01
NPV สะสม	95,991.95	57.821.99	47,417.56
ระยะเวลาคืนทุน (PBP)	0.24 ปี	0.43 ปี	0.50 ปี
อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)	ร้อยละ 117	ร้อยละ 105	ร้อยละ 94

จากตารางพบว่าการผลิตก๊าซมีเทนจากหญ้าเนเปียร์ที่ปลูกในดินเปรี้ยว มีความคุ้มค่าเศรษฐศาสตร์มากที่สุด เมื่อวิเคราะห์พารามิเตอร์แรก คือ อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน มีค่าสูงถึง 9.03 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ 2 แหล่ง พบว่ามีค่าน้อยกว่า แต่อย่างไรก็ตามอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนยังมีค่ามากกว่า 1 เมื่อนำมาพิจารณายังถือว่ามีความคุ้มค่าในการลงทุน พิจารณาในส่วนระยะเวลาคืนทุนจากการผลิตก๊าซมีเทนจากทั้ง 3 พื้นที่ พบว่าระยะเวลาคืนทุนไม่เกิน 1 ปี ถือเป็นระยะเวลาสั้น คืนทุนเร็ว ดังนั้นจากข้อมูลประสิทธิภาพการผลิตก๊าซมีเทน และการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์แสดงให้เห็นว่าการผลิตก๊าซมีเทนจากหญ้า เนเปียร์ที่ปลูกในดินเสื่อมโทรมนั้นมีความคุ้มค่าและเหมาะกับการลงทุนเพื่อทดแทนก๊าซหุงต้มในชุมชน

จากงานวิจัยในการผลิตก๊าซมีเทนจากหญ้าเนเปียร์จากพื้นที่ดินเสื่อมโทรมทั้ง 3 ชนิด คือ ดินเปรี้ยว ดินเค็ม และดินดานนั้น มีศักยภาพที่แตกต่างกันไป ซึ่งการผลิตก๊าซมีเทนนั้นจะมีศักยภาพแตกต่างกันไปเช่นเดียวกัน เนื่องจากปริมาณสารอินทรีย์ ปริมาณสารอาหาร ปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน ทั้งยังรวมถึงกิจกรรมของจุลินทรีย์ภายในระบบอีกด้วย (14) จึงทำให้การหมักร่วมระหว่างหญ้าเนเปียร์ และมูลสุกร สำหรับการวิจัยนี้มีการกำหนดอัตราส่วน 1:2 อ้างอิงจากงานวิจัยก่อนหน้า (6) เนื่องจากเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยจากผลการวิจัยพบว่าการนำหญ้าเนเปียร์ที่ปลูกในดินเปรี้ยวมาผลิตก๊าซมีเทน ถือได้ว่ามีศักยภาพและเหมาะสมที่สุด เนื่องจากเมื่อพิจารณาถึงค่าเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ของหญ้าเนเปียร์ที่ปลูกในดินเปรี้ยวพบว่ามีค่ามากที่สุด ดังนั้นจึงควรมีนโยบายการสนับสนุนส่งเสริมการปลูกหญ้าเนเปียร์ ในพื้นที่ชุมชนห่างไกล หรือต่างจังหวัด เนื่องจากเป็นหญ้าที่สามารถเป็นอาหารวัว ปลูกและดูแลรักษาง่าย อีกทั้งยังมีศักยภาพในการผลิตก๊าซมีเทน เพื่อใช้ในการทดแทนก๊าซหุงต้ม และผลิตกระแสไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ สถาบันวิจัยและพัฒนา

ISSN: 1686-8420 (Print), 2651-2289 (Online)

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่สนับสนุนทุนวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2562 และขอขอบคุณห้องปฏิบัติการเฉพาะทางสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่อำนวยความสะดวกทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Chen H. Biotechnology of lignocellulose: Theory and Practice. 1st ed. Netherlands: Springer Netherlands; 2014.
2. วนัสพรรัศม์ สวัสดี, นิพนธ์ พิสุทธิ์ไพศาล. การทดสอบประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์ที่ปลูกในดินเค็ม ดินเปรี้ยว และดินดาน. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.); 2562. วช.04_2562.
3. กรรณิการ์ ชูเกียรติวัฒนา. จุลชีววิทยาสำหรับนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรสิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2561.
4. สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์. ระบบบำบัดน้ำเสีย Wastewater Treatment System. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ท้อป จำกัด; 2557.
5. Njogu P, Kinyua R, Muthoni P, Nemoto Y. Biogas production using water hyacinth (*Eicchornia Crassipes*) for electricity generation in Kenya. EPE Journal. 2015;7:209-16.
6. ฟาริดา พรหมมา, ดุษณี ธนะบริพัฒน์, ปราโมทย์ ศิริโรจน์. การผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์ 3 สายพันธุ์. วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง. 2557;23(2):30-50.
7. Mansor AM, Lim JS, Ani FN, Hashim H, Ho WS. Characteristics of Cellulose, Hemicellulose and Lignin of MD2 Pineapple Biomass. CET Journal. 2019;72:79-84.
8. Sawasdee V, Pisutpaisal N. Economic Feasible Evaluation of Biogas Production from Napier Grass. Res J Biotech. 2015;10(3):94-8.
9. Sawasdee V, Haosagul S, Pisutpaisal N. Co-digestion of waste glycerol and glucose to enhance biogas production. Int J Hydrog Energy. 2019;44(56):29575-82.
10. Tjørve KMC, Tjørve E. The use of Gompertz models in growth analyses, and new Gompertz-model approach: An addition to the Unified-Richards family. PLOS one. 2017;12(6):1-17.
11. เยาวเรศ ทับพันธุ์. การประเมินโครงการตามแนวทางเศรษฐศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2551.
12. อลิศรา เรืองแสง. เชื้อเพลิงชีวภาพและชีวเคมีภัณฑ์โดยจุลินทรีย์. พิมพ์ครั้งที่ 1. ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2562.
13. สาวิตรี วทัญญูไพศาล. จุลชีววิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ศูนย์ผลิตตำราเรียนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ; 2552.
14. Nuansawan N, Sawasdee V. Biochemical Methane Potential from Leachate, Case study Sainoi, Nonthaburi Province. J Ind Tech. 2018;14(3):82-92.