วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 33 ฉบับที่ 1 ม.ค.–มี.ค. 2566
The Journal of KMUTNB., Vol. 33, No. 1, Jan.–Mar. 2023

บทความวิจัย

การพัฒนาเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดผสมซังข้าวโพด

กนกพงษ์ ศรีเที่ยง*
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 08 6198 7506 อีเมล: kanokpong@rmutl.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2021.07.002
รับเมื่อ 21 มกราคม 2564 แก้ไขเมื่อ 19 เมษายน 2564 ตอบรับเมื่อ 14 พฤษภาคม 2564 เผยแพร่ออนไลน์ 9 กรกฎาคม 2564
© 2023 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดผสมซังข้าวโพดเปรียบเทียบกับการใช้ซังข้าวโพดอย่างเดียว การศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ 1) ศึกษาความเหมาะสมของการอัดแท่งเชื้อเพลิงและทำการศึกษาความเหมาะสมทางเทคนิคซึ่งประกอบด้วยการวิเคราะห์สมบัติด้านเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM และประเมินวัฏจักรชีวิตของชีวมวลอัดแท่งที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และ 2) ศึกษาความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล ผลการศึกษาพบว่า ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งอยู่ในช่วง 3,607–3,995 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม มีปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า สารระเหย และคาร์บอนคงตัว อยู่ในช่วงร้อยละ 16.55–18.67, 2.52–3.10, 64.78–71.22 และ 8.58–13.45 ตามลำดับ อัตราส่วนผสมที่ให้คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงดีที่สุด คือ เปลือกสับปะรดบด 5 ส่วน ต่อ ซังข้าวโพดบด 5 ส่วน โดยผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่สำคัญจากการประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง คือผลกระทบจากโลหะหนัก ฝนกรด และสารก่อมะเร็ง เท่ากับ 0.0156, 0.0005 และ 0.0004 Pt ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 27,522 บาท อัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับร้อยละ 9.0 และระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 6 ปี 8 เดือน ซึ่งมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เหมาะสมต่อการดำเนินโครงการ โดยปัจจัยที่เป็นความเสี่ยงในการบริหารจัดการและมีผลต่อระยะเวลาการคืนทุนมากที่สุด คือราคาของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง

คำสำคัญ: พลังงานทดแทน เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง เปลือกสับปะรด ซังข้าวโพด การประเมินวัฏจักรชีวิต

การอ้างอิงบทความ: กนกพงษ์ ศรีเที่ยง, "การพัฒนาเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดผสมซังข้าวโพด," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 33, ฉบับที่ 1, หน้า 232–244, ม.ค.–มี.ค. 2566.

Research Article

Development of Biomass Briquettes from Mixed Pineapple Peel and Corn Cob

Kanokpong Srithiang*
Faculty of Sciences and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Rai, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 08 6198 7506, E–mail: kanokpong@rmutl.ac.th
DOI: 10.14416/j.kmutnb.2021.07.002
Received 21 January 2021; Revised 19 April 2021; Accepted 14 May 2021; Published online: 9 July 2021
© 2023 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

The objectives of this research were to develop biomass briquettes from mixed pineapple peel and corncob and to compare its efficiency with that of corn cob alone. The studies consisted of 2 main parts: 1) Evaluating the suitability of biomass briquettes formation and its fuel properties. The fuel properties were analyzed in accordance with the ASTM standards and the effects of the briquettes' life cycle on environment were assessed and 2) evaluating the economic suitability of biomass briquettes production. The results showed that the heating value of the briquettes ranged from 3,607–3,995 kcal/kg. The percentage of moisture, ash, volatile, and fixed-carbon content were 16.55–18.67, 2.52–3.10, 64.78–71.22, and 8.58–13.45, respectively. The mixing ratio yielding the optimal fuel properties was 5:5 pineapple peel to corncob. The major environmental impacts shown from the life cycle assessment of biomass briquettes were heavy metals, acid rain, and carcinogens at 0.0156, 0.0005, and 0.0004 Pt, respectively. Economic value analysis indicated that the Net Present Value (NPV) to be 27,522 THB with the Internal Rate of Return (IRR) of 9.0% and Payback period (PB) of 6 years and 8 months, which is economically worthwhile for the project implementation. The factor that could most risk the management and most influence the payback period was the price of the biomass briquettes.

Keywords: Renewable Energy, Briquette, Pineapple Peel, Corn Cob, Life-cycle Assessment

Please cite this article as: K. Srithiang, "Development of biomass briquettes from mixed pineapple peel and corn cob," *The Journal of KMUTNB*, vol. 33, no. 1, pp. 232–244, Jan.–Mar. 2023 (in Thai).

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยใน พ.ศ. 2562 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งสิ้น 85,829 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีก่อนร้อยละ 2.6 คิดเป็นมูลค่ากว่า 1,245 พันล้านบาท โดยที่น้ำมันสำเร็จรูปเป็นพลังงานที่ถูกใช้มากที่สุด ในส่วนของพลังงานหมุนเวียนดั้งเดิมถูกใช้งานน้อยที่สุด แต่เนื่องด้วยทางภาครัฐบาลได้ให้ความสำคัญกับปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม รวมทั้งมีนโยบายส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานทดแทนมากขึ้นพบว่าใน พ.ศ. 2562 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานทดแทน 14,136 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 8.8 จากช่วงเดียวกันของปีก่อน [1] โดยในนี้ประกอบด้วยการใช้พลังงานจากพลังงานทดแทนดั้งเดิม ได้แก่ ฟืน ถ่าน แกลบ กากอ้อย วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยพลังงานทดแทนดังที่ได้กล่าวมานี้ถือได้ว่าเป็นข้อได้เปรียบของประเทศไทย ซึ่งเป็นประเทศเกษตรกรรมส่วนใหญ่โดยผลพลอยได้ที่สำคัญนอกเหนือจากผลผลิตทางการเกษตรก็คือ “ชีวมวล (Biomass)” หรือวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่หาได้ง่ายและมีศักยภาพสูงในประเทศไทย รวมทั้งการนำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นพลังงานชีวมวลสามารถช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงในรูปแบบอื่นๆ และยังช่วยแก้ปัญหาการกำจัดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรได้ในเวลาเดียวกัน โดยเฉพาะลดการเผาในที่โล่งแจ้ง อันเป็นสาเหตุของการเกิดหมอกควัน

จังหวัดเชียงราย มีผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญ ได้แก่ การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และการปลูกสับปะรด โดย พ.ศ. 2562 พบว่า มีผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เท่ากับ 294,008 ตัน คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 5.77 ของทั้งประเทศ มีพื้นที่เก็บเกี่ยว 388,569 ไร่ และมีผลผลิตจากสับปะรดเท่ากับ 75,879 ตัน มีพื้นที่เก็บเกี่ยวประมาณ 67,924 ไร่ [2] เมื่อมีผลผลิตทางการเกษตรจำนวนมากดังที่กล่าวมาผลที่ตามมา คือจะมีวัสดุเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก โดยถ้าเป็นเศษเหลือทิ้งจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมเผาทำลาย เพื่อความสะดวกในการกำจัดทิ้ง ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศอย่างมาก ตามมาด้วยปัญหาสิ่งแวดล้อมด้านต่างๆ และปัญหาด้านสุขภาพ ในส่วนของเศษเหลือทิ้งจากสับปะรด ในกระบวนการแปรรูปจะมีเศษเหลือทิ้งจากสับปะรดจำนวนมาก ซึ่งเศษเหลือทิ้งสับปะรดเหล่านี้หากปล่อยทิ้งไว้จะเกิดการเน่าเสียส่งกลิ่นรบกวนไปยังบริเวณรอบๆ ชุมชน ถึงแม้จะมีวิธีการกำจัดไม่ว่าจะนำไปทำเป็นปุ๋ยหมัก หรือแม้กระทั่งนำไปเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ แต่เนื่องด้วยปริมาณเปลือกสับปะรดที่มีอยู่จำนวนมากทำให้ปัญหาเหล่านี้ยังคงรอการแก้ไขจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเศษเหลือทิ้งจากสับปะรดจะมีประมาณร้อยละ 30 ของผลผลิตทั้งหมด [3] ดังนั้นเท่ากับว่า พ.ศ. 2562 เฉพาะจังหวัดเชียงราย จะมีเศษเหลือจากสับปะรดประมาณ 22,764 ตัน และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลผลิตที่มาจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยคิดจากอัตราส่วนการเกิดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อผลผลิต โดยคิดเฉพาะซังข้าวโพดและเปลือกเท่านั้นที่อัตราส่วนร้อยละ 0.19 [4] เท่ากับว่า พ.ศ. 2562 เฉพาะจังหวัดเชียงราย จะมีเศษเหลือทิ้งที่เกิดขึ้นจากซังข้าวโพดและเปลือกประมาณ 55,862 ตัน

จากข้อมูลที่กล่าวมาจะพบว่า ปริมาณเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรของจังหวัดเชียงรายมีจำนวนมาก มีศักยภาพสามารถพัฒนาไปเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลได้ ดังนั้นจากงานวิจัยก่อนหน้าคณะนักวิจัยได้ทำการพัฒนาเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดเพียงอย่างเดียวพบว่า ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวลที่ได้มีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 3,216–3,454 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม [3] ซึ่งเพียงพอต่อการใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนได้เป็นอย่างดี แต่ปัญหาที่พบคือเปลือกสับปะรดมีความชื้นที่สูงต้องใช้เวลาในการตากแดดนานประมาณ 7–10 วัน ทำให้เสียเวลาในการเตรียมวัตถุดิบ ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงนำซังข้าวโพด ซึ่งเป็นวัสดุที่เหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีคุณสมบัติทางด้านความชื้นที่ค่อนข้างต่ำ ร้อยละ 10.60 [5] นำมาผสมกับเปลือกสับปะรดบดผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง โดยจะสามารถลดระยะเวลาในการตากเปลือกสับปะรดลงได้และลดปริมาณความชื้นของแท่งเชื้อเพลิงได้ รวมทั้งเพิ่มค่าความร้อนของชีวมวลผสมได้อีกด้วย สามารถนำไปเป็นแหล่งพลังงานความร้อนทดแทนการใช้ฟืนและถ่านไม้และเป็นการกำจัดวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ซึ่งถ้าหากมีการนำวัสดุเหลือทิ้งจากทางการเกษตรเหล่านี้มาผลิต

เพื่อใช้งานจริงในชุมชนต้นแบบ ก็จะสามารถช่วยแก้ปัญหามลภาวะทางสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะปัญหาเรื่องหมอกควัน ลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในชุมชนและขยายผลเป็นวงกว้างไปในแหล่งชุมชนอื่นๆ ต่อไปได้

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 วิเคราะห์วัตถุดิบเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง

วิเคราะห์สมบัติของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง ได้แก่ เปลือกสับปะรดได้มาจาก ตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ซังข้าวโพดได้มาจากตำบลทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย และแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวประสานได้มาจากร้านค้าทั่วไป โดยวัดค่าความร้อน (Heating Value) ของวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด ตามมาตรฐาน ASTM D3286

2.2 ศึกษาความเหมาะสมของการขึ้นรูปเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง

การเตรียมวัตถุดิบนำเปลือกสับปะรดมาตาก ให้แห้ง โดยใช้เวลา 4 วัน ตากกับพื้นปูนซีเมนต์เพื่อให้ความร้อนกระจายได้อย่างทั่วถึง นำวัตถุดิบทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ เปลือกสับปะรดตากแห้ง และซังข้าวโพดที่ไม่ผ่านการตากแห้ง นำมาบดหยาบเพื่อลดขนาดของวัตถุดิบ จากนั้นทำการย่อยด้วยเครื่องบดละเอียดให้มีขนาดประมาณ 2–5 มิลลิเมตร เก็บบรรจุลงในภาชนะให้มิดชิดป้องกันความชื้นที่จะเพิ่มขึ้น เตรียมน้ำแป้งมันสำปะหลัง ในอัตราส่วนแป้งมันสำปะหลัง 50 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร โดยให้ความร้อนจนมีลักษณะข้นเหนียว เพื่อนำไปผสมกับวัตถุดิบที่ผ่านการบด โดยมีอัตราส่วนระหว่างเปลือกสับปะรดบดตากแห้งต่อซังข้าวโพดบด ที่อัตราส่วน 9 : 1, 8 : 2, 7 : 3, 6 : 4 และ 5 : 5 ตามลำดับ และจากซังข้าวโพดเพียงอย่างเดียว โดยที่ทุกอัตราส่วนใช้น้ำแป้งมันสำปะหลังปริมาตร 1 ลิตรเท่ากัน ทำการผสมวัตถุดิบโดยการชั่งน้ำหนักตามอัตราส่วนที่ได้กำหนดไว้ ผสมวัตถุดิบให้เข้ากัน จากนั้นอัดแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลโดยใช้การอัดแบบเย็นเย็น (Cold-press Technique) ตามแบบมาตรฐาน ASTM E75 โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร ความยาว 30 มิลลิเมตร นำเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งที่ได้ไปผึ่งแดดเพื่อลดความชื้นและทำให้เชื้อเพลิงประสานกัน โดยวางบนแผ่นตะแกรงแล้วนำไปตากแดดเป็นเวลา 5 วัน จากนั้นทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงในอัตราส่วนละ 3 ซ้ำ

2.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิง

2.3.1 การหาปริมาณความชื้น (Moisture Content) วิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3173 โดยนำตัวอย่างแต่ละอัตราส่วนมาวิเคราะห์ โดยให้ความร้อนคงที่ในตู้อบ (Drying Oven) ที่อุณหภูมิประมาณ 104–110 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง คำนวณได้จากสมการที่ (1) ดังนี้

$$M = \frac{(B - L)}{B} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ M คือ ปริมาณความชื้น (%)
B คือ น้ำหนักตัวอย่างทดลองก่อนอบ (กรัม)
L คือ น้ำหนักตัวอย่างทดลองหลังอบ (กรัม)

2.3.2 การหาปริมาณเถ้า (Ash Content)

วิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3174 โดยนำตัวอย่างไปเผาให้ความร้อนในเตาเผา ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส แล้วค่อยๆ เพิ่มความร้อนเป็น 700–750 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จนกระทั่งตัวอย่างเย็นลงจึงนำมาชั่งน้ำหนัก สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2) ดังนี้

$$A = \frac{L}{B} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ A คือ ปริมาณเถ้า (%)
L คือ น้ำหนักตัวอย่างทดลองหลังเผา (กรัม)
B คือ น้ำหนักตัวอย่างทดลองก่อนเผา (กรัม)

2.3.3 การหาปริมาณสารระเหย

วิเคราะห์ตามมาตรฐาน SATM D3175 โดยนำตัวอย่างมาเผาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณสารระเหย (Volatile Matter) จากการสูญเสียน้ำหนักของตัวอย่าง โดยคำนวณ

น้ำหนักที่หายไปตามสมการที่ (3) และคำนวณหาปริมาณสารระเหยตามสมการที่ (4) ดังนี้

$$W = \frac{(B-L)}{B} \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ W คือ ส่วนต่างน้ำหนัก (%)
B คือ น้ำหนักตัวอย่างทดลองก่อนเผา (กรัม)
L คือ น้ำหนักตัวอย่างทดลองหลังเผา (กรัม)

$$V = W - M \quad (4)$$

เมื่อ V คือ ปริมาณสารระเหย (%)
W คือ ส่วนต่างน้ำหนัก (%)
M คือ ปริมาณความชื้น (%)

2.3.4 การหาปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon)

ในการหาปริมาณคาร์บอนคงตัวสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (5) ดังนี

$$F = 100 - (A + V + M) \quad (5)$$

เมื่อ F คือ ปริมาณคาร์บอนคงตัว (%)
A คือ ปริมาณเถ้า (%)
V คือ ปริมาณสารระเหย (%)
M คือ ปริมาณความชื้น (%)

2.3.5 การหาค่าความร้อน

วิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3286 โดยนำตัวอย่างของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง มาทำการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ในเครื่อง Bomb Calorimeter ที่มีออกซิเจนอยู่ปริมาณมากเกินพอ ความร้อนของการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นเป็นผลให้อุณหภูมิของ Jacket สูงขึ้น เมื่อเกิดการเผาไหม้ตัวอย่างเชื้อเพลิงจนหมดเครื่อง Bomb Calorimeter จะสามารถคำนวณค่าความร้อนที่เกิดขึ้นได้และทำการหาค่าที่ได้เป็นกิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม

2.3.6 การหาความหนาแน่น

ความหนาแน่น (Density) ของชีวมวลอัดแท่ง หาได้จากอัตราส่วนระหว่างมวลของแท่งถ่าน ต่อปริมาตรของแท่งอัดขึ้นรูปถ่าน มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (kg/cm^3) โดยหาได้จากสมการที่ (6) ดังนี้

$$D = \frac{M}{V} \quad (6)$$

เมื่อ D คือ ความหนาแน่นของถ่านอัดแท่ง (kg/cm^3)
M คือ มวลของถ่านอัดแท่ง (kg)
V คือ ปริมาตรของแท่งอัดขึ้นรูปถ่านอัดแท่ง (cm^3)

2.4 ศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง

ตัวชี้วัดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการนี้ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value; NPV) อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return; IRR) ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period; PB) และวิเคราะห์ความเสี่ยงของโครงการจะใช้การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ดังต่อไปนี้

2.4.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

ศึกษาจากผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ และมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนของโครงการพิจารณาจาก NPV มีค่ามากกว่าศูนย์หรือมีค่าเป็นบวก แสดงว่าโครงการมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุน

2.4.2 อัตราผลตอบแทนภายใน

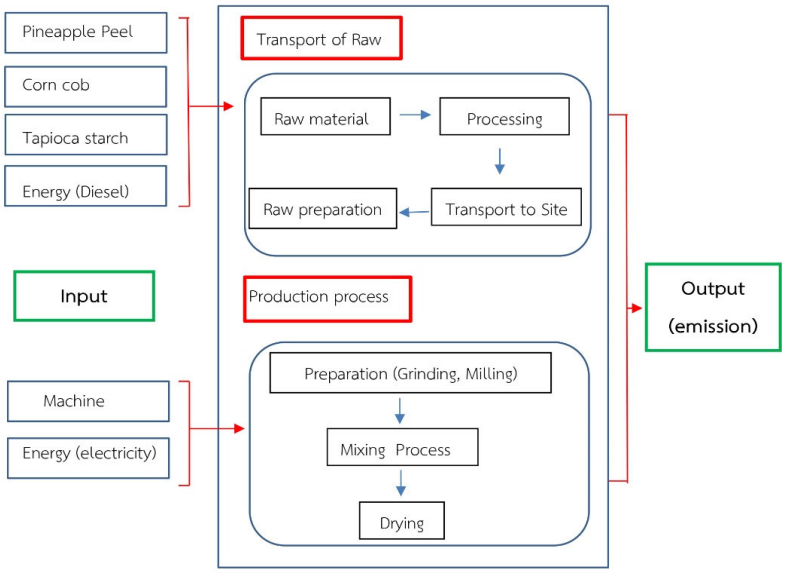
ศึกษาจากอัตราผลตอบแทนที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดสุทธิตลอดอายุโครงการมีค่าเท่ากับศูนย์ แสดงถึงอัตราผลตอบแทนเฉลี่ยของโครงการ ตลอดอายุของโครงการ

2.4.3 ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ

ศึกษาจากจำนวนปีในการดำเนินการที่ทำให้ผลตอบแทนสุทธิในแต่ละปีมีค่ารวมเท่ากับเงินลงทุนเริ่มแรก

2.4.4 การวิเคราะห์ความเสี่ยงของโครงการ

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ เป็นการพิจารณาผลกระทบในกรณีที่ปัจจัยต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลงซึ่งเหตุการณ์ด้านความเสี่ยงและความไม่แน่นอนของเศรษฐกิจ



รูปที่ 1 ขอบเขตการประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง

อาจจะทำให้มีผลกระทบต่อการตัดสินใจเลือกลงทุน จึงต้องมีการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการจากการคาดการณ์ในระดับที่ยอมรับได้ โดยกำหนดตัวแปรที่มีความไม่แน่นอนที่ต้องการศึกษา ระบุขอบเขตค่าที่เป็นไปได้หรือช่วงที่สนใจสำหรับตัวแปรแต่ละตัว และเปลี่ยนค่าของตัวแปรที่สนใจทีละตัวโดยให้ตัวแปรอื่นที่เหลือคงที่ และคำนวณค่า NPV, IRR และ PB ทั้ง 4 ปัจจัย ได้แก่

กรณีที่ 1 ราคาเชื้อเพลิงลดลงร้อยละ 10
กรณีที่ 2 จำนวนเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ลดลงร้อยละ 10
กรณีที่ 3 ราคาเครื่องจักรเพิ่มขึ้นร้อยละ 15
กรณีที่ 4 ค่าแรงคนงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 10

2.5 ประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment; LCA) คือ กระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ในงานวิจัยนี้ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตโดยกำหนดขอบเขตแบบ Gate to Gate แสดงในรูปที่ 1 โดยพิจารณาเฉพาะขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีส่วนผสมของเปลือกสับปะรดผสมซังข้าวโพด เริ่มตั้งแต่เตรียมวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการจัดการเศษซากของวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิต โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมทั้งของเสียที่มีการปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม ทั้งนี้เพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการหาวิธีปรับปรุงกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งเพื่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด การประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงอัดแท่งสำหรับงานวิจัยนี้ นักวิจัยแบ่งขั้นตอนการดำเนินการออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

2.5.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา

กำหนดเป้าหมาย (Goal Definition) เพื่อศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลผสมระหว่างเปลือกสับปะรดและซังข้าวโพด เพื่อเปรียบเทียบค่าผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตและการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

การกำหนดขอบเขต (Scope Definition) การประเมินวัฏจักรชีวิตงานวิจัยนี้เป็น Gate to Gate โดยพิจารณากระบวนการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งผสมระหว่างเปลือกสับปะรดและซังข้าวโพดที่อัตราส่วน 5 : 5 โดยจะใช้วิธีการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมด้วยวิธี Eco-Indicator 95 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro Version 9.1.1

การกำหนดหน่วยการทำงาน (Functional Unit) งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ผลกระทบจากการใช้พลังงานการใช้วัตถุดิบและผลกระทบหรือของเสียประเภทต่างๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต โดยหน่วยหน้าที่ที่ใช้ คือ 1 กิโลกรัมของเชื้อเพลิงชีวมวล อัดแท่ง เพื่อให้ข้อมูลปริมาณสารที่เข้าและออกอยู่บนฐานเดียวกัน

2.5.2 การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory Analysis)

ศึกษาจากปริมาณของสารที่เข้าและสารที่ออกจากระบบของการผลิตชีวมวลอัดแท่ง ซึ่งได้แก่ 1) พลังงานที่ใช้ในกระบวนการขนส่งวัตถุดิบและปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนการขนส่ง โดยในกระบวนการขนส่งวัตถุดิบจะใช้รถกระบะจำนวน 1 คัน ในการขนส่งระยะทางประมาณ 10 กิโลเมตร และ 2) ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องจักรในการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง จะมีทั้งหมด 3 ขั้นตอน ได้แก่ กระบวนการบดหยาบ กระบวนการบดละเอียด และการขึ้นรูปเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง โดยทั้งหมดจะคิดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผลผลิต 1 กิโลกรัม เพื่อให้ง่ายต่อการพิจารณา ดังแสดงในตารางที่ 1

2.5.3 การประเมินค่าผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิต

วิเคราะห์ลักษณะของผลกระทบประเภทต่างๆ ที่มีสำคัญ เช่น ผลกระทบจากโลหะหนัก (Heavy Metals) ผลกระทบจากฝนกรด (Acid Rain) ผลกระทบจากสารก่อมะเร็ง (Carcinogens)

3. ผลการทดลอง

3.1 ผลการวิเคราะห์วัตถุดิบ

ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของวัตถุดิบที่ใช้ในการอัดแท่งเชื้อเพลิง ได้แก่ เปลือกสับปะรด ซังข้าวโพด และแป้งมันสำปะหลัง โดยวัดค่าความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM D3286 แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าความร้อนของวัตถุดิบ

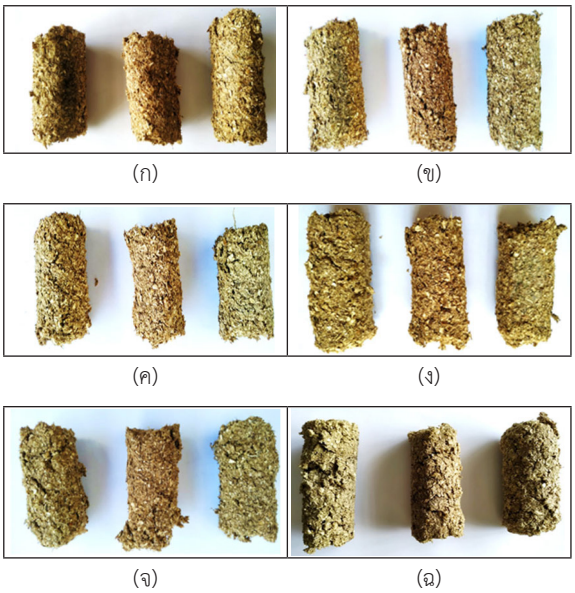
ตัวอย่าง	วัตถุดิบ	ค่าความร้อน (กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม)
1	เปลือกสับปะรด	3,320
2	ซังข้าวโพด	4,217
3	แป้งมันสำปะหลัง	3,346

3.2 ผลการศึกษาความเหมาะสมของการขึ้นรูปเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง

ทำการขึ้นรูปเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งระหว่างเปลือกสับปะรดตากแห้งบดผสมซังข้าวโพดบดต่ออัตราส่วนน้ำแป้งมันสำปะหลัง (อัตราส่วน 1 : 1) จากนั้นในการทดลองได้มีการหาอัตราส่วนที่ดีที่สุดระหว่างเปลือกสับปะรดผสมซังข้าวโพด โดยมีอัตราส่วน 5 อัตราส่วน ดังนี้ 9 : 1, 8 : 2, 7 : 3, 6 : 4 และ 5 : 5 เปรียบเทียบกับเปลือกสับปะรดเพียงอย่างเดียว และซังข้าวโพดเพียงอย่างเดียว โดยเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งในแต่ละ

ตารางที่ 1 บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม

ข้อมูล	รายการ	ปริมาณ	หน่วย
Input	**กระบวนการขนส่งวัตถุดิบ** - รถกระบะ - ระยะทางการขนส่งวัตถุดิบ	 1 10	 คัน กิโลเมตร
Input	**กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง** - กระบวนการบดหยาบ - กระบวนการบดละเอียด - การขึ้นรูปเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง	 0.0075 0.0075 0.0370	 กิโลวัตต์ชั่วโมง กิโลวัตต์ชั่วโมง กิโลวัตต์ชั่วโมง
OutPut	**เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง**	**1**	**กิโลกรัม**



รูปที่ 2 ชีวมวลอัดแท่งอัตราส่วน 9 : 1 (ก) ชีวมวลอัดแท่งอัตราส่วน 8 : 2 (ข) ชีวมวลอัดแท่งอัตราส่วน 7 : 3 (ค) ชีวมวลอัดแท่งอัตราส่วน 6 : 4 (ง) ชีวมวลอัดแท่งอัตราส่วน 5 : 5 (จ) ชีวมวลอัดแท่งจากซังข้าวโพดเพียงอย่างเดียว (ฉ)

อัตราส่วน ดังแสดงในรูปที่ 2 พบว่า เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจะมีความสัมพันธ์กับค่าความหนาแน่นโดยตรง ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดมีค่าความหนาแน่นมากที่สุดเท่ากับ 345.5 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรและซังข้าวโพดเพียงอย่างเดียว มีค่าความหนาแน่นน้อยที่สุดเท่ากับ 153.4 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เปรียบเทียบกับอัตราส่วน 9 : 1, 8 : 2, 7 : 3, 6 : 4 และ 5 : 5 มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 312.9, 306.4, 287.8, 289.5 และ 233.5 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ พบว่าความหนาแน่นจะลดลงเมื่ออัตราส่วนผสมของซังข้าวโพดมากขึ้นเนื่องมาจากเปลือกสับปะรดจะมีเส้นใยจำนวนมากและมีความชื้นที่สูง เมื่อขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิงจะมีมีรูปทรงที่ดีและคงตัวได้ดี ส่วนซังข้าวโพดความหนาแน่นค่อนข้างต่ำทำให้เมื่อขึ้นรูปจะเกาะติดกันแบบหลวมๆ

ตารางที่ 3 ค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงในแต่ละอัตราส่วน

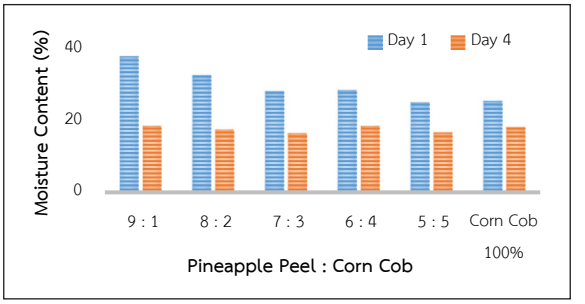
ตัวอย่าง	ค่าความหนาแน่น (kg/m^3)
เปลือกสับปะรด 100%	345.5
9 : 1	312.9
8 : 2	306.4
7 : 3	287.8
6 : 4	289.5
5 : 5	233.5
ซังข้าวโพด 100%	153.4

3.3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง

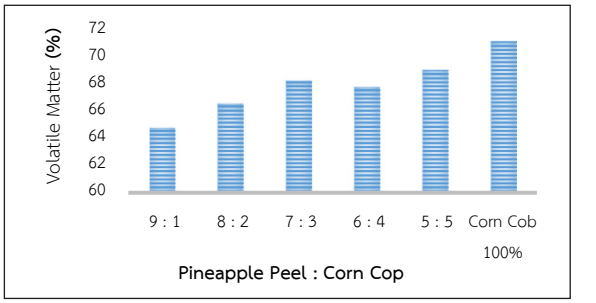
3.3.1 ปริมาณความชื้น

ปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณของเปลือกสับปะรด เมื่ออัตราส่วนของเปลือกสับปะรดมีมากขึ้น แนวโน้มของปริมาณความชื้นเริ่มต้นในวันที่ 1 จะมีแนวโน้มที่จะสูงตามไปด้วย ดังนั้นในการทดลองนี้พบว่า ปริมาณความชื้นเริ่มต้นของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง มีปริมาณความชื้นสูงสุดเท่ากับร้อยละ 38.12 ที่อัตราส่วน 9 : 1 และทุกอัตราส่วนรวมทั้ง ซังข้าวโพดเพียงอย่างเดียว จะมีปริมาณความชื้นเริ่มต้นอยู่ที่ร้อยละ 25.23–38.12 ในส่วนของปริมาณความชื้นเมื่อมีการตากแดดเพื่อลดความชื้นลงโดยใช้เวลา 4 วัน จะพบว่า ปริมาณความชื้นทั้งหมดจะอยู่ในช่วงร้อยละ 16.55–18.67 ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณความชื้นของเปลือกสับปะรดเพียงอย่างเดียว มีปริมาณความชื้นเริ่มต้นเท่ากับร้อยละ 40.4 และปริมาณความชื้นวันสุดท้ายเท่ากับ 20.2 [3] ซึ่งปริมาณความชื้นสูงกว่างานวิจัยในครั้งนี้

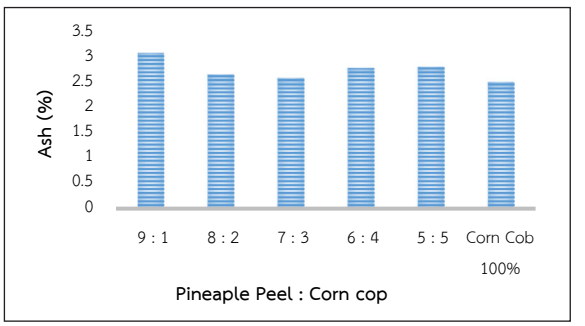
งานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการลดความชื้นด้วยการตากแดดเพียงอย่างเดียวทำให้ปริมาณความชื้นที่ได้จึงค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับมาตรฐานถ่านอัดแท่ง โดยปริมาณความชื้นต้องไม่เกิน 8% โดยน้ำหนัก [6] เนื่องด้วยว่าถ่านอัดแท่งจะมีการลดความชื้นโดยการใช้ความร้อนเข้ามาเกี่ยวข้องจึงทำให้สามารถลดปริมาณความชื้นลงได้ต่ำกว่า เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง ซึ่งปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อปริมาณความชื้น



รูปที่ 3 ค่าปริมาณความชื้นในวันที่ 1 และ 4 ในแต่ละอัตราส่วน



รูปที่ 5 ค่าปริมาณสารระเหยในแต่ละอัตราส่วน



รูปที่ 4 ค่าปริมาณเถ้าในแต่ละอัตราส่วน

ของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง ได้แก่ ความเข้มของแสงแดด ปริมาณความชื้นเริ่มต้น ช่วงระยะเวลาในการตากแดด รวมทั้งความเร็วลม เป็นต้น

3.3.2 ปริมาณเถ้า

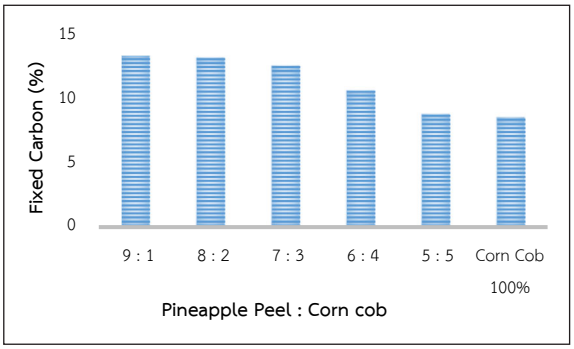
จากผลการทดลองเพื่อหาปริมาณเถ้าพบว่า ทั้ง 6 อัตราส่วน มีค่าเฉลี่ยปริมาณอยู่ในช่วงร้อยละ 2.52–3.10 ซึ่งมีความต่างกันเพียงเล็กน้อย โดยที่อัตราส่วน 9 : 1 มีปริมาณเถ้าสูงสุด เท่ากับร้อยละ 3.10 และพบปริมาณเถ้าต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 2.52 จากซังข้าวโพดเพียงอย่างเดียว ดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเถ้าของเปลือกสับปะรดเพียงอย่างเดียว มีปริมาณเถ้าเท่ากับร้อยละ 5.25 [3] ซึ่งปริมาณเถ้าสูงกว่างานวิจัยในครั้งนี้

ปริมาณเถ้าจากงานวิจัยนี้เมื่อเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณเถ้าจากเปลือกสับปะรดอยู่ที่ร้อยละ 3.1–3.6 [7] ส่วนค่าเฉลี่ยปริมาณเถ้าจากซังข้าวโพดในงานวิจัยอื่นๆ กับร้อยละ 3.05 [5] ปริมาณเถ้าที่พบมีค่าใกล้เคียงกันกับงานวิจัยอื่นๆ และที่สำคัญอัตราส่วนผสมระหว่างเปลือกสับปะรดต่อซังข้าวโพด ไม่มีผลต่อปริมาณเถ้า เนื่องจากปริมาณเถ้าของวัตถุดิบทั้ง 2 มีปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งถือว่าถ่านชีวมวลอัดแท่ง ในงานวิจัยครั้งนี้สามารถเผาไหม้ได้ค่อนข้างดีและมีปริมาณเถ้าที่เหลือเล็กน้อย ทำให้การนำเศษเถ้าเหลือทิ้งเหล่านี้ไปกำจัดได้ง่าย ไม่ต้องเปลืองพื้นที่ในการกำจัดในอนาคต

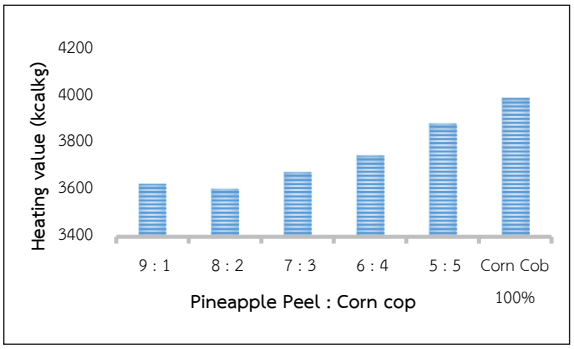
3.3.3 ปริมาณสารระเหย

เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งทั้ง 6 อัตราส่วน มีปริมาณสารระเหยอยู่ที่ร้อยละ 64.78–71.22 โดยเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากซังข้าวโพดเพียงอย่างเดียวมีปริมาณสารระเหยสูงสุดเท่ากับร้อยละ 71.22 และอัตราส่วน 9 : 1 มีปริมาณสารระเหยต่ำสุด เท่ากับร้อยละ 64.78 ดังแสดงในรูปที่ 5 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณสารระเหยของเปลือกสับปะรดเพียงอย่างเดียว มีปริมาณสารระเหยเท่ากับร้อยละ 57.2 [3] ซึ่งปริมาณสารระเหยต่ำกว่างานวิจัยในครั้งนี้

จะพบว่า เมื่ออัตราส่วนของซังข้าวโพดเพิ่มมากขึ้น ปริมาณสารระเหยก็จะเพิ่มตาม เนื่องมาจากความชื้นเริ่มต้นของเปลือกสับปะรดบดมีค่าสูงกว่าซังข้าวโพด ดังได้กล่าวมาตอนต้น และมีปริมาณความชื้นสะสมเพิ่มขึ้นจากตัวประสานที่ได้จากน้ำแป้งมันสำปะหลัง และเมื่อทำการเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ พบว่า ปริมาณสารระเหยของแท่งเชื้อเพลิงจากเปลือกสับปะรด มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 56.00–68.90 [7] ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้มีปริมาณสารระเหยที่อยู่ในระดับที่สูงเมื่อเทียบกับงานวิจัยที่ใกล้เคียงกันก่อนหน้า ซึ่งสามารถนำมาเป็นเชื้อเพลิงได้และบ่งบอกความสามารถในการติดไฟหรือเผาไหม้ได้ของชีวมวลอัดแท่งได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 6 ค่าปริมาณคาร์บอนคงตัวในแต่ละอัตราส่วน



รูปที่ 7 ค่าความร้อนในแต่ละอัตราส่วน

3.3.4 คาร์บอนคงตัว

เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งทั้ง 6 อัตราส่วน มีปริมาณคาร์บอนคงตัวอยู่ระหว่างร้อยละ 8.58–13.45 โดยที่อัตราส่วน 9 : 1 พบปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 13.45 และพบคาร์บอนคงตัวต่ำที่สุดจากตัวอย่างซังข้าวโพดเพียงอย่างเดียวเท่ากับ ร้อยละ 8.58 ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณคาร์บอนคงตัวของเปลือกสับปะรดเพียงอย่างเดียว มีปริมาณคาร์บอนคงตัวเท่ากับร้อยละ 14.84 [3] ซึ่งปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงกว่างานวิจัยในครั้งนี้

คาร์บอนคงตัวเป็นค่าองค์ประกอบส่วนที่เผาไหม้ได้ยาก ดังนั้นปริมาณคาร์บอนคงตัวคือส่วนที่เหลือจากสารที่สามารถระเหยออกไปได้ ซึ่งคาร์บอนคงตัวจะมีมากน้อยเพียงใดในการทดลองครั้งนี้ขึ้นอยู่กับ ปริมาณสารระเหยเป็นปัจจัยหลักทำให้อัตราส่วน 9 : 1 มีค่าคาร์บอนคงตัวสูงที่สุดเนื่องมาจากเป็นอัตราส่วนที่มีปริมาณสารระเหยได้มีปริมาณต่ำสุด โดยที่ปริมาณความชื้น และปริมาณเถ้าเป็นปัจจัยรองลงมา

3.3.5 ค่าความร้อน

เชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวลทั้ง 6 อัตราส่วน ได้แก่ 9 : 1, 8 : 2, 7 : 3, 6 : 4 และ 5 : 5 และจากซังข้าวโพดเพียงอย่างเดียว มีค่าความร้อนเท่ากับ 3,628 ± 61, 3,607 ± 26.5, 3,678 ± 91, 3,749 ± 50.5, 3,885 ± 105 และ 3,995 ± 94.5 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ในส่วนของเชื้อเพลิงที่เป็นซังข้าวโพดเพียงอย่างเดียวมีค่าความร้อน เท่ากับ 4,217 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ดังแสดงในรูปที่ 7 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความร้อนของเปลือกสับปะรดเพียงอย่างเดียว มีปริมาณค่าความร้อนเท่ากับ 3,454 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม [3] ซึ่งมีค่าความร้อนที่ต่ำกว่าเชื้อเพลิงชีวมวลแบบผสมในงานวิจัยครั้งนี้

พบว่า แนวโน้มค่าความร้อนจะสูงขึ้นเมื่ออัตราส่วนของซังข้าวโพดเพิ่มสูงขึ้น โดยอัตราส่วนที่ 5 : 5 มีค่าความร้อนสูงสุดในเชื้อเพลิงที่มีการผสมวัตถุดิบทั้ง 2 ชนิด แต่ถ้าเทียบกับซังข้าวโพดเพียงอย่างเดียวจะมีค่าความร้อนสูงกว่า โดยดูได้จากตารางที่ 2 ค่าความร้อนของวัตถุดิบของซังข้าวโพดจะมีค่าสูงกว่าสับปะรดบด เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความร้อนกับเชื้อเพลิงชีวมวล จากวัตถุดิบประเภทอื่นๆ เช่น เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากทางมะพร้าว พบว่ามีค่าความร้อนของแท่งเชื่อเพลิงเท่ากับ 2,865–4,185 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม [9] เปลือกมังคุดมีค่าความร้อนของแท่งเชื่อเพลิงเท่ากับ 6,387 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม [8]

3.4 ผลการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง

3.4.1 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์กรณีพื้นฐาน

ผลการคำนวณความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ กรณีพื้นฐาน โดยนำปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องมาคิดคำนวณ ได้แก่ เงินลงทุนโครงการ ผลประโยชน์ของโครงการ ค่าใช้จ่าย จำนวนแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิต จำนวนวันที่ผลิต อัตราเงินเฟ้อ อัตราผลตอบแทนที่ต้องการ (อัตราคิดลด) และอายุของโครงการ จากนั้นวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยประมาณรายได้

ตารางที่ 4 ข้อมูลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ กรณีพื้นฐาน

รายการ	ปีที่ 0	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5	ปีที่ 6	ปีที่ 7	ปีที่ 8	ปีที่ 9	ปีที่ 10	รวม
1. เงินลงทุนโครงการเริ่มแรก	100,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**100,000**
2. ผลตอบแทนโครงการ												
รายได้จากการจำหน่าย (3.5 บาท/กิโลกรัม)		54,600	56,238	57,925	59,663	61,453	63,296	65,195	67,151	69,166	71,241	
ต้นทุนโครงการรายปี :												
ค่าแรงงาน 1 บาท/กก.		15,600	16,068	16,550	17,047	17,558	18,085	18,627	19,186	19,762	20,354	
ค่าไฟฟ้า 0.19 บาท/กก.		2,964	3,053	3,145	3,239	3,336	3,436	3,539	3,645	3,755	3,867	
ค่าขนส่ง 0.67 บาท/กก.		10,452	10,766	11,089	11,421	11,764	12,117	12,480	12,855	13,240	13,637	
ค่าแป้งมัน 0.75 บาท/กก.		11,700	12,051	12,413	12,785	13,168	13,564	13,970	14,390	14,821	15,266	
รวมต้นทุนโครงการรายปี		40,716	41,937	43,196	44,491	45,826	47,201	48,617	50,076	51,578	53,125	
ผลตอบแทนโครงการ		13,884	14,301	14,730	15,171	15,627	16,095	16,578	17,076	17,588	18,115	
คิดอัตราคิดลดร้อยละ 5.25		1.0000	0.9524	0.9070	0.8638	0.8227	0.7835	0.7462	0.7106	0.6768	0.6446	
3. มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับ		13,884	13,619	13,359	13,105	12,855	12,610	12,371	12,134	19,903	11,677	127,522
4. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) (2) - (1)												**27,522**
5. อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (IRR)												**9.0%**
6. ระยะเวลาคืนทุน (PB)												**6Y8M**

เงินลงทุน ค่าใช้จ่ายและกระแสเงินสดสุทธิของโครงการตลอดอายุโครงการ และจากกระแสเงินสดสุทธิของโครงการตลอดอายุโครงการ ผลจากการวิเคราะห์ NPV เท่ากับ 27,522 บาท ค่า IRR เท่ากับร้อยละ 9.0 และค่า PB เท่ากับ 6 ปี 8 เดือน แสดงในตารางที่ 4

3.4.2 ผลของการศึกษาความอ่อนไหวของโครงการ

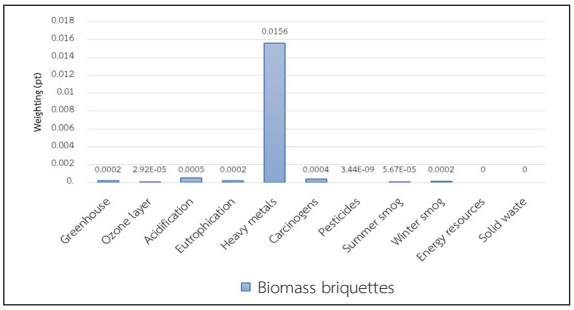
ผลของการศึกษาความอ่อนไหวของโครงการ ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงในปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อการดำเนินงานของโครงการจากการคาดการณ์ในระดับที่ยอมรับได้ และส่งผลทำให้การวิเคราะห์ต้นทุน ผลตอบแทน รวมทั้งระยะเวลาคืนทุนของโครงการเปลี่ยนเปลงไปเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีฐาน ดังแสดงตารางที่ 5

กรณีที่ 1 ราคาเชื้อเพลิงลดลงสูงสุดที่ยอมรับได้ ลดลงร้อยละ 10 ผลการวิเคราะห์พบว่า กรณีนี้ไม่ควรดำเนินการ เนื่องจากค่า NPV มีค่าเป็นลบ รวมทั้งค่า IRR เป็นลบเช่นเดียวกัน ซึ่งในโครงการนี้จะอ่อนไหวต่อราคาเชื้อเพลิงมากที่สุด

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบ NPV, IRR และ PB ของโครงการฐานกับกรณีวิเคราะห์ความเสี่ยง

กรณี	NPV (บาท)	IRR (%)	PB (ปี)
กรณีฐาน	27,522	9.0	6.8
กรณีที่ 1	–22,627	–0.60	-
กรณีที่ 2	14,770	6.79	7.4
กรณีที่ 3	12,522	6.09	7.7
กรณีที่ 4	13,194	6.5	6.5

กรณีที่ 2 จำนวนเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ต่อรอบการผลิต ลดลงร้อยละ 10 โดยผลจากการวิเคราะห์ NPV เท่ากับ 14,770 บาท ค่า IRR เท่ากับร้อยละ 6.79 และ ค่า PB เท่ากับ 7 ปี 4 เดือน ผลการวิเคราะห์พบว่า จำนวนเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ต่อวันลดลง ค่า NPV และ IRR จะลดลง และระยะเวลาคืนทุนจะเพิ่มขึ้น แต่ก็ผ่านเงื่อนไขยอมรับได้ หากจำนวนเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ต่อวันต่ำกว่านี้โครงการจะไม่คุ้มค่าหรือใช้เวลาคืนทุนที่นานกว่าเดิม



รูปที่ 8 ผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง

กรณีที่ 3 ราคาเครื่องจักร เพิ่มขึ้นร้อยละ 15 โดยผลจากการวิเคราะห์ NPV เท่ากับ 12,522 บาท ค่า IRR เท่ากับร้อยละ 6.09 และค่า PB เท่ากับ 7 ปี 7 เดือน ผลการวิเคราะห์ถ้าราคาเครื่องจักรเพิ่มมากขึ้นค่า NPV และ IRR จะลดลง และระยะเวลาคืนทุนจะเพิ่มขึ้น แต่ก็ผ่านเงื่อนไขยอมรับได้ หากราคาเครื่องจักรเพิ่มขึ้นกว่านี้โครงการจะไม่คุ้มค่า หรือใช้เวลาคืนทุนที่นานกว่าเดิม

กรณีที่ 4 ค่าแรงคนงาน เพิ่มขึ้นร้อยละ 10 โดยผลจากการวิเคราะห์ NPV เท่ากับ 13,194 บาท ค่า IRR เท่ากับร้อยละ 6.50 และ ค่า PB เท่ากับ 7 ปี 5 เดือน ผลการวิเคราะห์พบว่าถ้าค่าแรงคนงานเพิ่มสูงขึ้นค่า IRR และ NPV จะลดลง และระยะเวลาคืนทุนจะเพิ่มขึ้น แต่ก็ผ่านเงื่อนไขยอมรับได้ หากค่าแรงคนงาน สูงกว่านี้โครงการจะไม่คุ้มค่า หรือใช้เวลาคืนทุนที่นานกว่าเดิม

3.5 ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง

พบว่าตลอดวัฏจักรชีวิตของช่วงการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งโดยเปรียบเทียบผลผลิตชีวมวลที่ได้ใน 1 กิโลกรัม พบปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ที่มีแนวโน้มจะเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ผลกระทบที่เกิดจากโลหะหนักมากที่สุดเท่ากับ 0.0156 Pt ผลกระทบจากภาวะฝนกรด (Acidification) เท่ากับ 0.0005 Pt ผลกระทบจากสารก่อมะเร็ง เท่ากับ 0.0004 Pt ในส่วนผลกระทบที่ทำให้เกิดสภาวะเรือนกระจก (Greenhouse) ผลกระทบที่ทำให้เกิดปัญหาหมอกควัน (Winter Smog) ผลกระทบที่เกิดจากการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Summer Smog) พบเพียงเล็กน้อย แสดงในรูปที่ 8 ซึ่งเกิดขึ้นจากกระบวนการขนส่งเป็นหลัก รวมทั้งจากการใช้ไฟฟ้าในเครื่องจักรในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง

4. อภิปรายผลและสรุป

จากการวิจัยครั้งนี้พบว่า เชื้อเพลิงสามารถอัดขึ้นรูปได้ดีเมื่ออัตราส่วนของเปลือกสับปะรดบดมากขึ้น ในงานวิจัยครั้งนี้เลือกอัตราส่วนที่ดีที่สุดคือ อัตราส่วน 5 : 5 เชื้อเพลิงที่ได้มีค่าความร้อนสูงที่สุด เท่ากับ 3,885 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม มีปริมาณความชื้น เถ้า สารระเหยและคาร์บอนคงตัว ในช่วงใกล้เคียงกับเชื้อเพลิงเขียวที่มาจากวัตถุดิบอื่นที่นำมาเปรียบเทียบ ซึ่งเพียงพอต่อการใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนสำหรับชุมชนได้เป็นอย่างดี และประโยชน์ที่ได้โดยตรงจากเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งแบบผสมระหว่างเปลือกสับปะรดต่อซังข้าวโพดที่ดีกว่าการใช้ซังข้าวโพดอย่างเดียว ได้แก่ การขึ้นรูปทำได้ง่ายขึ้นเนื่องจากเปลือกสับปะรดมีความชื้น และมีเส้นใยที่เหนียวดูได้จากค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิง รวมทั้งแนวโน้มพลังงานความร้อนสูงขึ้นถ้ามีส่วนผสมของซังข้าวโพดเพิ่มมากขึ้นด้วย และสามารถลดความชื้นของเปลือกสับปะรดลงได้เนื่องจากซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จะแห้งบนต้นก่อนการเก็บเกี่ยว รวมทั้งสามารถบรรทุกชีวมวลได้ปริมาณที่มากขึ้น เนื่องจากชีวมวลผสมจะมีความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น มีความคุ้มค่ามากกว่าการขนส่งเฉพาะซังข้าวโพดเพียงอย่างเดียวที่มีน้ำหนักเบาและความหนาแน่นต่ำ และสามารถควบคุมการเผาได้ในทุกช่วงเวลา เนื่องจากได้มีการแปรรูปให้เป็นชีวมวลอัดแท่งซึ่งอาจสามารถเลี่ยงการใช้งานเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งในช่วงที่เกิดปัญหาวิกฤตหมอกควันได้ ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์จากงานวิจัยครั้งนี้ โดยมี NPV = 27,522 > 0 และ IRR = 9.0 % และระยะเวลาคืนทุน (PB) = 6 ปี 8 เดือน งานวิจัยนี้มีความอ่อนไหวต่อราคาเชื้อเพลิงลดลงสูงสุดที่ยอมรับได้ ร้อยละ 10 มากที่สุด โดยโครงการไม่สามารถดำเนินโครงการได้ เนื่องจาก ค่า NPV มีค่าเป็นลบ รวมทั้งค่า IRR เป็นลบเช่นเดียวกัน จึงไม่สามารถดำเนินโครงการในกรณีนี้ได้ โดยในกรณีอื่นๆ ที่เหลือสามารถดำเนินโครงการได้แต่

ผลประโยชน์ที่ได้ค่อนข้างต่ำ ซึ่งถ้ามองในแง่ของเชิงพาณิชย์อาจจะไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนมากนัก แต่ถ้ามองผลประโยชน์ในด้านอื่นๆ เช่น ผลประโยชน์ที่สามารถประหยัดค่าเชื้อเพลิงในรูปแบบอื่น หรือผลประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อมโดยลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกิจกรรมอื่นๆ ลง เนื่องจากชีวมวลเป็นการหมุนเวียนธาตุอาหารตามวัฏจักรของโลก [10] ซึ่งถ้าหากมีการผลิตเป็นจำนวนมากในแต่ละรอบการผลิตก็มีโอกาสที่จะสามารถคืนทุนได้อย่างรวดเร็ว ส่วนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น คือผลกระทบโลหะหนักมากที่สุด รองลงมาคือ ภาวะฝนกรด และสารก่อมะเร็ง

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) สนับสนุนโครงการวิจัย ประจำปี 2562 รหัสโครงการ PRP6205012370 กรอบงานวิจัยสวก. 62 เร่งด่วนหมอกและควัน กรอบการวิจัยที่ 2 การศึกษาวิจัยการนำเศษวัสดุทางเกษตร เพื่อผลิตเอทานอลและแปรรูปเป็นพลังงานทดแทน

เอกสารอ้างอิง

[1] Department of Alternative Energy, Department and Efficiency Ministry of Energy. (2020, January). *Energy Situation January-December 2019* [Online]. (in Thai). Available: https://www.dede.go.th/download/stat62/sit2jan_dec_62.pdf

[2] Office of Agricultural Economics. (2020, January). *Production Situation 2019* [Online]. (in Thai). Available: https://bit.ly/2I8v6Wf

[3] K. Srithiang, S. Prachakeaw, and S. Boonchauy, "Development products of biomass briquettes production from pineapple peel," *Journal of Innovative Technology Research*, vol. 3, no. 1, 2019.

[4] P. Youmun, "Analysis the potential of bio-energy from residual biomasses in Lampang province. Case study: Mae-Tha district," *Industrial Technology Lampang Rajabhat University Journal*, vol. 6, no. 2, pp. 35–45, 2013 (in Thai).

[5] K. Sasujit, W. Sanpinit, N. Wongrin, and N. Dussadee, "Study of process densification of corn cob and corn husk briquettes by cold extrusion technique using starch with lime mixed as binder," *Thaksin University Journal*, vol. 18 , no. 1, pp. 5–14, 2015 (in Thai).

[6] *Bionic charcoal*, Thai community product standard. 946/2548, 2005 (in Thai).

[7] T. Tantisattayakul, K. Saidam, S. Phusongsri, and S. Ngernruengroj, "Feasibility study of biomass briquettes production from pineapple peel," *Thai Journal of Science and Technology*, vol. 23, no. 3, pp. 418–431, 2015 (in Thai).

[8] T.Chaichana, J. Waewsak, J. Kaew-On, and U. Onthong, "Fuel properties of mangosteen pericarp charcoal," *Thaksin University Journal, Special* vol. 17, no. 3, pp. 29–36, 2014 (in Thai).

[9] T. Tantisattayakul, S. Phongkasem, P. Phooyar, and P. Taibangury, "Community-based renewable energy from biomass briquettes fuel from coconut leaf," *Thai Journal of Science and Technology*, vol. 23, no. 3, pp. 418–431, 2015 (in Thai).

[10] C. F. Dacosta, V. Stojcheva, and A. Ramirez, "Closing carbon cycles: Evaluating the performance of multi-product CO_2 utilisation and storage configurations in a refinery," *Journal of CO_2 Utilization*, vol. 23, pp. 128–142, 2018.