

การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งซังและเปลือกข้าวโพด ด้วยเทคนิคการอัดรีดขึ้นรูปโดยใช้ตัวประสานแป้งมันผสมปูนขาว Study of Process Densification of Corn Cob and Corn Husk Briquettes by Cold Extrusion Technique Using Starch with Lime Mixed as Binder

กิตติกร สาสุจิตต์^{1*} วราพงศ์ แสนพินิจ² ณัฐพงษ์ วงศ์รินทร์² และณัฐวุฒิ ดุษฎี³
Kittikorn Sasujit^{1*}, Warapong Sanpinit², Nattapong Wongrin² and Natthawud Dussadee³

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรได้แก่ซังข้าวโพดและเปลือกข้าวโพดมาผ่านกระบวนการอัดรีดขึ้นรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิง ใช้ตัวประสานแป้งมันผสมปูนขาวในอัตราส่วน 2:1, 1:1 และ 1:2 ที่อัตราส่วนผสมวัสดุเหลือทิ้งร้อยละ 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนัก อีกทั้งแปรเปลี่ยนอัตราส่วนผสมซึ่งต่อเปลือกข้าวโพด 20:80, 50:50 และ 80:20 โดยน้ำหนัก ผลการศึกษาพบว่าแท่งเชื้อเพลิงที่เหมาะสมคืออัตราส่วนผสมวัสดุเหลือทิ้ง 20:80 ตัวประสานเชื้อเพลิง 1:2 อัตราส่วนผสมร้อยละ 20 โดยน้ำหนักวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ให้ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง 12.77 เมกะจูลต่อกิโลกรัม และความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง 940 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ประสิทธิภาพความร้อนเตาชีวมวล ร้อยละ 16.31 โดยมีเงินลงทุนเริ่มต้นของระบบ 203,000 บาท ค่าใช้จ่ายรายปี เท่ากับ 361,061 บาทต่อปี ให้ผลตอบแทนสุทธิ 58,984 บาทต่อปี และคืนทุนภายใน 3.44 ปี จะเห็นได้ว่าวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพดมีศักยภาพสูงในการนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง

คำสำคัญ : เชื้อเพลิงอัดแท่ง วัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพด การอัดรีดขึ้นรูป

¹ อ., สาขาวิชาพลังงานทดแทน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

² นักศึกษา, สาขาวิชาพลังงานทดแทน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

³ ผศ., สาขาวิชาพลังงานทดแทน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

* Corresponding author: e-mail: kittikorn@mju.ac.th Tel: 0-5387-5140 Fax: 0-5387-8333

Abstract

This research to study of production of corn residues are corn cob and corn husk by means of extrusion technique in cold compression which employed cassava paste mix lime for binder. With this research, it intended for raw material fraction of 80:20, 50:50 and 20:80. The binder mixed cassava paste with lime of 1:2, 1:1 and 2:1. It mixed with raw materials of 20, 30 and 40%wt. According to study, it was found the optimum of raw material fraction of 20:80, binder mixed of 1:2, raw material mixed of 20%wt. It was raw materials briquette density of 940 kg/m^3 , the heating value of 12.77 MJ/kg , biomass stove thermal efficiency of 16.31%. The economic evaluated briquette corn residue system have to fixed cost of 203,000 Baht, variable cost of 361,061 Baht per year, payback period of 3.44 years. So, the corn residues has highly potential for biomass conversion to biomass briquette.

Keywords : Fuel Briquettes, Corn-Cob Residues, Extrusion Technique

บทนำ

จากสถานการณ์ด้านการใช้พลังงานในเชิงพาณิชย์ในปัจจุบันมีแนวโน้มการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้นทุกปี เนื่องจากปัจจัยด้านการพัฒนาเศรษฐกิจ และความมั่นคงของประเทศ โดยเฉพาะในภาคธุรกิจ ภาคอุตสาหกรรม ที่มีการใช้พลังงานเป็นจำนวนมาก ทำให้ส่งผลต่อการใช้พลังงานในภาคครัวเรือนทำให้ค่าใช้จ่ายสูงขึ้น เพื่อให้เกิดการลดการใช้พลังงานในภาคครัวเรือน ควรสรรหาแหล่งพลังงานทดแทนอื่น ๆ อาทิเช่น พลังงานชีวมวล และพลังงานหมุนเวียนในรูปอื่น ๆ ซึ่งจะส่งผลดีในภาพรวมของประเทศเป็นอย่างมาก ปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานทดแทนใหม่ ๆ ที่มีความเหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้ในภาคครัวเรือน อาทิเช่น เตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง เตาแก๊สชีวมวล เตาเผาถ่าน เป็นต้น ซึ่งเทคโนโลยีต่าง ๆ เหล่านี้จะช่วยเป็นประโยชน์มากสำหรับการลดการใช้พลังงานในภาคครัวเรือน โดยนำเอาวัสดุเหลือทิ้งที่มีอยู่ในชุมชนมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ประเทศไทยพื้นที่ส่วนใหญ่จะทำการเกษตร อาทิเช่น ข้าว ข้าวโพด และไม้ผลต่าง ๆ เป็นต้น ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีการเพาะปลูกเป็นจำนวนมากโดยเฉพาะพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย ได้แก่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน โดยมีพื้นที่การเพาะปลูกข้าวโพดในปี 2556 จำนวน 7,541,447 ไร่ พื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพด มีจำนวน 7,161,929 ไร่ ให้ผลผลิตข้าวโพด จำนวน 5,062,828 ตันต่อปี [1] โดยผลผลิตที่ได้จะนำไปผ่านกระบวนการแปรรูปทำอาหาร และอาหารสัตว์เลี้ยง รวมไปถึงการส่งออกต่างประเทศ ทั้งนี้ในขั้นตอนการแปรรูป หรือในช่วงการเก็บเกี่ยวผลผลิตจะมีวัสดุเหลือทิ้ง ได้แก่ เปลือก และซังข้าวโพด ซึ่งไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่เกษตรกรจะปล่อยให้เน่าและเผาทิ้ง ซึ่งก่อให้เกิดควันจากการเผาไหม้ทำลายชั้นบรรยากาศของโลก และสุขภาพประชากรในชุมชนที่อาศัยในพื้นที่ ในส่วนของต้นข้าวโพดโดยส่วนใหญ่จะนำไปเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ เช่น วัว ควาย ช้าง เป็นต้น ดังนั้นหากมีการจัดการวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพด ก็จะช่วยลดการเผาไหม้ของเกษตรกร จากการประเมินพบว่าประเทศไทยจะมีปริมาณซังข้าวโพดเหลือทิ้งจำนวน 1,019,654 ตันต่อปี เปลือกข้าวโพด จำนวน 304,782 ตันต่อปี โดยประเมินจากสัดส่วนชีวมวลซังข้าวโพด ร้อยละ 20.14 และเปลือกข้าวโพดร้อยละ 6.02 โดยน้ำหนักของต้นข้าวโพด [2] ทั้งนี้การจัดการวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรพบว่าสามารถนำมาผ่านการอัดรีดขึ้นรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิง ซึ่งทำให้ลดปริมาณการเก็บ จากการศึกษาการใช้เชื้อเพลิงเหลือทิ้งมาผ่านกระบวนการอัดรีดขึ้นรูป โดยใช้แบริ่ง

เป็นตัวประสานเชื้อเพลิงพบว่าให้ความหนาแน่นเชื้อเพลิงมากกว่า 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร [3] กรณีใช้วัสดุเหลือทิ้งจากขานอ้อยและขุยมะพร้าวใช้ตัวประสานแป้งมันพบว่าให้ความหนาแน่น 570-980 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร [4] ในส่วนของซังข้าวโพดพบว่าเมื่อใช้ตัวประสานแป้งมันพบว่าให้ความหนาแน่นเชื้อเพลิง 650 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร [5] โดยมีค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง 15 – 20.89 เมกะจูลต่อกิโลกรัม [5-6] ในส่วนของการใช้ปูนขาวเป็นตัวประสานพบว่าทำให้เชื้อเพลิงแข็งและจับตัวกันได้ดี อีกทั้งต้นทุนต่ำกว่าแป้งมัน จากงานวิจัยการใช้ปูนขาวเป็นตัวประสานการอัดรีดขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิงขยะ พบว่ามีความหนาแน่นเชื้อเพลิง 1,042 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง 19.10 เมกะจูลต่อกิโลกรัม [7] ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษานำซังข้าวโพดและเปลือกข้าวโพดที่เหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์ด้านพลังงานทดแทน โดยศึกษากระบวนการอัดรีดขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิง ผลของอัตราส่วนผสมตัวประสานแป้งมันผสมปูนขาวที่มีต่อความหนาแน่น และค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง พร้อมทั้งศึกษาการใช้ประโยชน์ในรูปของความร้อนที่ได้จากการทดสอบการเผื่อของน้ำ ซึ่งผลการศึกษานี้ นอกจากจะเป็นการนำเอาวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์ในรูปของการผลิตแท่งเชื้อเพลิง ยังเป็นการลดการเผาไหม้ตามกองวัสดุเหลือทิ้งบนแปลงเกษตรกรรม ขณะเดียวกันแท่งเชื้อเพลิงที่ได้นำมาเป็นเชื้อเพลิงใช้กับเทคโนโลยีพลังงานทดแทนในครัวเรือน ลดการใช้พลังงานทั้งแก๊สหุงต้มในภาคครัวเรือนอีกทางหนึ่งด้วย

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

ซังและเปลือกข้าวโพดที่ใช้ในการอัดรีดขึ้นรูปจะทำการสับผ่านเครื่องสับย่อยโดยมีขนาดอยู่ในช่วง 3 – 5 เซนติเมตร โดยปรับลดความชื้นให้เหลือความชื้นชีวมวลต่ำกว่าร้อยละ 15 จากนั้นนำไปวิเคราะห์ทางองค์ประกอบทางเคมีแบบประมาณและแบบละเอียดตามมาตรฐาน ASTM D3172 –D3175 ASTM D3176-D3179 และ ASTM D5865 พบว่าปริมาณสารระเหยอินทรีย์ คาร์บอน ไฮโดรเจน มีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยอื่น [8-9] ทั้งนี้เมื่อพิจารณาค่าความร้อนพบว่าซังข้าวโพดที่ใช้ในการทดลองมีค่าสูงถึง 22.38 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ดังตารางที่ 1-2

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางเคมีแบบประมาณของวัสดุเหลือทิ้งจากซังข้าวโพด

วัสดุเหลือทิ้ง ทางการเกษตร	องค์ประกอบทางเคมีแบบประมาณ (ร้อยละ)				ค่าความร้อน เชื้อเพลิง (MJ/kg)	อ้างอิง
	สารระเหย อินทรีย์	คาร์บอนคงที่	เถ้า	ความชื้น		
ซังข้าวโพด	80.80	5.55	3.05	10.60	22.38	งานวิจัยนี้
ซังข้าวโพด	80.10	18.54	1.36	2.86	18.77	[8]
เปลือกผสมซังข้าวโพด	75.96	13.23	4.75	6.06	18.01	[9]

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางเคมีแบบละเอียดของวัสดุเหลือทิ้งจากข้าวโพด

วัสดุเหลือทิ้ง ทางการเกษตร	องค์ประกอบทางเคมีแบบละเอียด (ร้อยละ)					อ้างอิง
	คาร์บอน	ไฮโดรเจน	ออกซิเจน	ไนโตรเจน	ซัลเฟอร์	
ซังข้าวโพด	42.28	6.43	40.26	1.20	<0.01	งานวิจัยนี้
ซังข้าวโพด	46.58	5.87	45.46	0.47	0.01	[8]
เปลือกผสมซังข้าวโพด	43.98	5.39	39.10	0.62	0.10	[9]

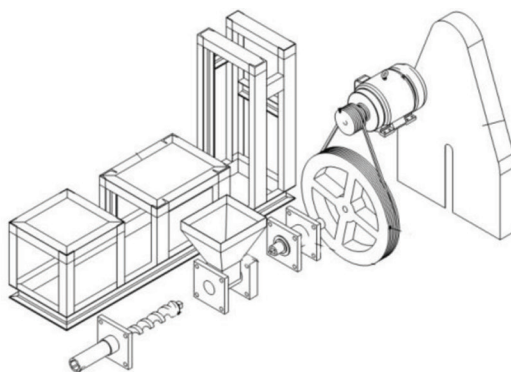
หมายเหตุ : NA = Not available

เครื่องผลิตแท่งเชื้อเพลิงแบบเกลียวอัดรีดขึ้นรูป

การผลิตแท่งเชื้อเพลิงใช้เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแบบเกลียวอัดรีดขึ้นรูป จากรายงานการวิจัยพบว่าเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงชนิดนี้จะใช้พลังงานจำเพาะต่ำ เพราะไม่ต้องการความร้อนในระหว่างกระบวนการ แต่ทั้งนี้ต้องใช้ตัวประสานเชื้อเพลิงเพื่อยึดเกาะวัสดุเหลือทิ้งรูป [8] โดยงานวิจัยนี้ใช้เครื่องอัดรีดขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิงแบบเกลียวอัดรีดต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 5 แรงม้า มีความเร็วรอบ 140 รอบต่อนาที แท่งเชื้อเพลิงที่ผ่านการอัดจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 5 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (รูตรงกลางแท่งเชื้อเพลิง) ขนาดเท่ากับ 1.5 เซนติเมตร ในส่วนของความยาวสามารถตัดได้ตามความต้องการ ดังแสดงในภาพที่ 1



ก) เครื่องเกลียวอัดรีดขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิง



ข) ชิ้นส่วนประกอบเครื่องเกลียวอัดรีดขึ้นรูป

ภาพที่ 1 เครื่องผลิตแท่งเชื้อเพลิงแบบเกลียวอัดรีดขึ้นรูป

วิธีการทดลอง

การศึกษาสัดส่วนผสมวัสดุเหลือทิ้งและตัวประสาน

การผลิตแท่งเชื้อเพลิงทำการศึกษาอัตราส่วนผสมขี้ข้าวโพด และเปลือกข้าวโพด 80 : 20, 50 : 50 และ 20 : 80 ผสมกับตัวประสานเชื้อเพลิงในอัตราส่วนร้อยละ 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนักวัสดุเหลือทิ้ง ซึ่งตัวประสานเชื้อเพลิงจะมีอัตราส่วนผสมแป้งมันต่อปูนขาวเท่ากับ 1 : 2, 1 : 1 และ 2 : 1 รวมอัตราส่วนผสมที่ทำการศึกษา 27 เงื่อนไขการทดลอง และทำการทดลอง 3 ซ้ำการทดลอง รวมทั้งหมด 81 การทดลอง ดังแสดงเงื่อนไขการทดลองตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แผนการทดลองแสดงอัตราส่วนผสมวัสดุเหลือทิ้งและตัวประสานเชื้อเพลิง

อัตราส่วนผสมวัสดุเหลือทิ้ง		อัตราส่วนผสม ตัวประสานแป้งมัน : ปูนขาว	ปริมาณตัวประสานเชื้อเพลิงในตัวอย่าง
ขี้ข้าวโพด	เปลือกข้าวโพด	2 : 1 , 1 : 1 , 1 : 2	ร้อยละ 20, 30, 40 โดยน้ำหนัก
80	20		
50	50		
20	80		

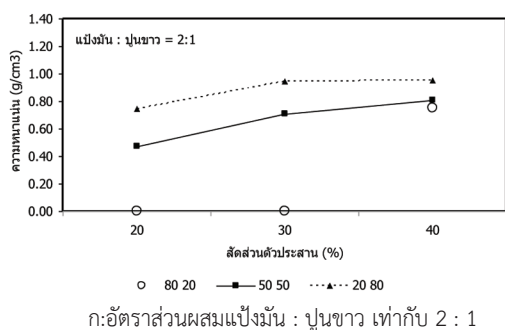
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการศึกษาการผลิตแท่งเชื้อเพลิงที่เหมาะสม

จากผลการศึกษา พบว่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณตัวประสานเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้น ขณะเดียวกันอัตราส่วนผสมของเปลือกข้าวโพดที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความหนาแน่นมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน เมื่อพิจารณาผลของอัตราส่วนผสมตัวประสานเชื้อเพลิงแป้งมันต่อปูนขาว พบว่าอัตราส่วนผสมของปูนขาวที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น การขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิงง่าย และความแข็งแรงของแท่งเชื้อเพลิงสูง เนื่องจากการเกาะตัวของปูนขาว ดังภาพที่ 2 (ก-ค) ทั้งนี้แท่งเชื้อเพลิงที่เหมาะสมได้แก่เงื่อนไขของอัตราส่วนตัวประสานแป้งมันต่อปูนขาวเท่ากับ 1 : 2 ที่ร้อยละ 20 โดยน้ำหนักของอัตราส่วนผสมขี้ต่อเปลือกข้าวโพด 20 : 80 โดยความหนาแน่นแท่งเชื้อเพลิง 940 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่าความร้อน 12.77 เมกะจูลต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง พบว่าคุณสมบัติของค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงงานวิจัยนี้ยังมีค่าต่ำกว่าการใช้วัสดุเหลือทิ้งจากผักตบชวา เศษขี้ข้าวโพดผสมกระดาศ และขี้เลื่อย แต่เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงพบว่ามีค่าใกล้เคียงและสูงกว่าบางงานวิจัยที่ใช้เครื่องอัดรีดขึ้นรูปแบบเดียวกัน ดังแสดงผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติดังตารางที่ 4

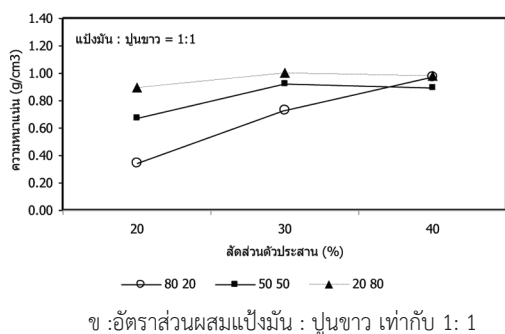
ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบผลการอัดรีดขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

วัสดุเหลือทิ้ง ทางการเกษตร	เครื่องอัดรีดขึ้นรูป แท่งเชื้อเพลิง	ความหนาแน่นเชื้อเพลิง (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	ค่าความร้อน (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)	งานวิจัย อ้างอิง
ซังและเปลือกข้าวโพด	แบบเกลียวอัดรีดขึ้นรูป	940-1,000	12,770	งานวิจัยนี้
ซังและเปลือกข้าวโพด	แบบอัดทรงกระบอก	310-460	-	[10]
ซังและเปลือกข้าวโพด	แบบอัดทรงกระบอก	958-1,162	-	[11]
เศษซังข้าวโพด	แบบเกลียวอัดรีดขึ้นรูป	375-419	18,153	[12]
ขี้เลื่อย	แบบเกลียวอัดรีดขึ้นรูป	600	19,115	[3]
ผักตบชวา	แบบเกลียวอัดรีดขึ้นรูป	1,413	14,498	[13]



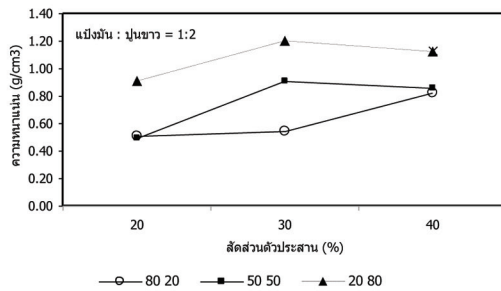
วัตถุดิบ 20:80

ตัวประสานร้อยละ 30 แท่งมัน : ปูนขาว = 2:1
ความหนาแน่น 940 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร



วัตถุดิบ 20:80

ตัวประสานร้อยละ 30 แท่งมัน:ปูนขาว = 1:1
ความหนาแน่น 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร



ค : อัตราส่วนผสมแบริ่งมัน : ปูนขาว เท่ากับ 1 : 2



วัตถุดิบ 20:80

ตัวประสานร้อยละ 20 แบริ่งมัน:ปูนขาว = 1:2
ความหนาแน่น 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนตัวประสาน และความหนาแน่น

ผลการวิเคราะห์สมบัติและการใช้พลังงานในการผลิตแท่งเชื้อเพลิง

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของแท่งเชื้อเพลิงแสดงได้ดังตารางที่ 5 พบว่าค่าองค์ประกอบของคาร์บอนคงตัวอยู่ในช่วงร้อยละ 3.01-3.75 สารระเหยอินทรีย์อยู่ในช่วงร้อยละ 42.21-74.92 ปริมาณเถ้าอยู่ในช่วงร้อยละ 10.80-12.15 ค่าความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 10.53-12.63 โดยน้ำหนัก ทั้งนี้แท่งเชื้อเพลิงมีความหนาแน่น 910-1,200 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง 11.68-12.15 เมกะจูลต่อกิโลกรัม เมื่อนำไปทดสอบประสิทธิภาพความร้อนโดยใช้วิธีการต้มน้ำเดือด (WBT) โดยใช้เตาชีวมวล พบว่าสามารถให้ค่าความร้อนจากการเผาไหม้ 2,083 กิโลจูลและให้ประสิทธิภาพความร้อนของเตาชีวมวลเท่ากับร้อยละ 17.26 ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการผลิตแท่งเชื้อเพลิง และประสิทธิภาพความร้อนของเตาชีวมวล

รายละเอียด	ซังและเปลือก = 20 : 80 / แบริ่งมันต่อปูนขาว = 1:2		
	ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก	ร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก	ร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก
กำลังผลิตเชื้อเพลิงแท่งเชื้อเพลิง, กิโลกรัมต่อชั่วโมง	30	38	21
การขึ้นรูป / ลักษณะผิว	ดี / เรียบ	ดี / เรียบ	ดี / เรียบ
ความหนาแน่นแท่งเชื้อเพลิง, กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร	940	1,200	1,000
พลังงานที่ใช้อัดรีดขึ้นรูป, กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อแท่งเชื้อเพลิง*	1.341	0.4484	2.064
ค่าความชื้น, ร้อยละ	10.53	12.63	12.20
สารระเหยได้, ร้อยละ	74.92	72.21	72.59
เถ้า, ร้อยละ	10.80	12.15	11.97
คาร์บอนคงตัว, ร้อยละ	3.75	3.01	3.24
ค่าความร้อน, เมกะจูลต่อกิโลกรัม	12.77	11.68	12.07

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบผลการอัดรีดขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร (ต่อ)

รายละเอียด	ซังและเปลือก =20 : 80 / แป้งมันต่อปูนขาว = 1:2		
	ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก	ร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก	ร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก
น้ำหนักเชื้อเพลิงทดสอบเตาซีวมวล, กิโลกรัม	1	1.3	1.2
ค่าความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเตาซีวมวล, กิโลจูล	2,083	1,899	1,944
ค่าความร้อนจากเชื้อเพลิงป้อนเข้าเตาซีวมวล, กิโลจูล	12,770	15,184	14,484
ประสิทธิภาพความร้อนเตาซีวมวล, ร้อยละ	16.31	12.51	13.42

หมายเหตุ : * แท่งเชื้อเชื้อเพลิงยาว 50 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร

ผลการประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์

การประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์จะทำการประเมินหาระยะเวลาคืนทุนของระบบผลิตแท่งเชื้อเพลิงโดยใช้เทคนิคการอัดรีดขึ้นรูป ซึ่งระบบประกอบไปด้วยต้นทุนคงที่ ต้นทุนแปรผันรายปี และผลตอบแทนการลงทุน ทั้งนี้ เงินทุนจะประกอบไปด้วย ต้นทุนคงที่ได้แก่เครื่องบดย่อยเชื้อเพลิงใช้เครื่องยนต์ดีเซล ขนาด 10 แรงม้า พร้อมชุดตัดบด วัสดุเหลือทิ้ง ราคา 123,000 บาท ชุดเครื่องอัดรีดขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิง ใช้กำลังมอเตอร์ไฟฟ้า 5 แรงม้า ราคา 80,000 บาท รวมเป็นต้นทุนคงที่ 203,000 บาท ในส่วนต้นทุนแปรผันรายปี ประกอบไปด้วยค่าน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องบดย่อย ในอัตรา 10 ลิตรต่อตันวัสดุเหลือทิ้ง ราคาน้ำมันดีเซล 33 บาทต่อลิตร รวม 19,800 บาทต่อปี ค่าไฟฟ้าเครื่องอัดรีดขึ้นรูป ใช้ไฟฟ้า 3.73 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตัน ค่าไฟฟ้า 3.50 บาทต่อกิโลวัตต์ไฟฟ้า รวมค่าใช้จ่ายไฟฟ้า 25,066 บาทต่อปี ตัวประสานแป้งมันราคา 25 บาทต่อกิโลกรัม ปูนขาวราคา 7 บาทต่อกิโลกรัม โดยมีอัตราการใช้ตัวประสานรวม 12,000 กิโลกรัมต่อปี รวมเป็นค่าใช้จ่าย 138,000 บาทต่อปี ค่าแรงงาน 2 คน ทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน ทำงาน 240 ชั่วโมงต่อปี ค่าจ้าง 350 บาทต่อวัน รวมเป็นเงิน 168,000 บาทต่อปี และค่าบำรุงรักษาเครื่องจักรคิดที่ร้อยละ 5 ของเงินลงทุน เท่ากับ 10,150 บาทต่อปี รวมค่าใช้จ่ายรายปีเท่ากับ 361,061 บาทต่อปี ผลตอบแทนประเมินจากราคาขายแท่งเชื้อเพลิง เท่ากับ 7 บาทต่อกิโลกรัม ที่กำลังการผลิตแท่งเชื้อเพลิง 30 กิโลกรัมต่อชั่วโมง รวมกำลังการผลิตได้ประมาณ 60 ตันต่อปี ได้ผลตอบแทนจากการขายแท่งเชื้อเพลิง 420,000 บาทต่อปี ได้ผลตอบแทนสุทธิเท่ากับ 58,984 บาทต่อปี และคืนทุน ภายใน 3.44 ปี หรือทำการอัดรีดขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิงจากซังและเปลือกข้าวโพดจำนวน 206.4 ตัน

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรซึ่งและเปลือกข้าวโพดผ่านกระบวนการอัดรีดขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิงพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมคืออัตราส่วนผสมซึ่งต่อเปลือกเท่ากับ 20:80 ใช้ตัวประสานแป้งมันผสมปูนขาวในอัตราส่วน 1:2 ในอัตราร้อยละ 20 โดยน้ำหนักวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร จะให้ค่าความร้อนแท่งเชื้อเพลิง และความหนาแน่นของเชื้อเพลิง 12.77 เมกะจูลต่อกิโลกรัม และ 940 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ขณะเดียวกันเมื่อนำมาทดสอบเผาไหม้โดยใช้เตาชีวมวล พบว่าให้ประสิทธิภาพความร้อนเท่ากับร้อยละ 16.31 เมื่อทำการประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์ของระบบพบว่า มีเงินลงทุนเริ่มต้น 203,000 บาท ค่าใช้จ่ายรายปี เท่ากับ 361,061 บาทต่อปี ให้ผลตอบแทนประเมินจากการขายแท่งเชื้อเพลิงเท่ากับ 420,000 บาทต่อปี มีผลตอบแทนสุทธิ 58,984 บาทต่อปี ทั้งนี้ระบบจะคืนทุนภายใน 3.44 ปี หรือทำผลผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากซึ่งและเปลือกข้าวโพดจำนวน 206.4 ตัน

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณวิทยาลัยพลังงานทดแทน และศูนย์วิจัยพลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สำหรับเครื่องมือวัดและอุปกรณ์การทดลองในงานวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2556). สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2556. นนทบุรี : พิมพ์ที่ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด สาขา 4.
- [2] ณัฐวุฒิ ดุษฎี อภิชาติ สวนคำกอง ชูรัตน์ ธารารักษ์ และนิกราน หอมดวง. (2551). การศึกษาการใช้ชีวมวลในภาคเศรษฐกิจต่าง ๆ และชีวมวลที่ยังไม่ได้ใช้ประโยชน์ (ภาคเหนือ). รายงานฉบับสมบูรณ์. มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม (มฟส.).
- [3] ณัฐวุฒิ ดุษฎี. (2555). การจัดการวัสดุเหลือใช้จากโรงเลื่อยมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง. รายงานฉบับสมบูรณ์. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.).
- [4] ประลอง ดำรงไทย. (2549). “แท่งเชื้อเพลิงเขียวเพื่อทดแทนฟืนและถ่าน”, วนสาร. 57(1), 53-60.
- [5] Oleadeji, J. T. (2012). Comparative Study of Briquetting of Few Selected Agro-Residues Commonly Found in Nigeria. *The Pacific Journal of Science and Technology*. 13(2), 80-86.
- [6] เกรียงไกร วงศาโรจน์ ธนิต สวัสดิ์เสวี นริส ประทินทอง และประธาน วงศ์ศิริเวช. (2554). “การผลิตแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลจากสบู่ดำ”, วิศวกรรมสาร มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 35(1), 65-72.
- [7] ณัฐวุฒิ ดุษฎี ชูรัตน์ ธารารักษ์ นิกราน หอมดวง และกิตติกร สาสุจิตต์. (2554). ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าโดยใช้แก๊สเชื้อเพลิงจากขยะ RDF-5 : กรณีศึกษามหาวิทยาลัยแม่โจ้. รายงานฉบับสมบูรณ์. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.).
- [8] Bain, R.L. (2004). An Introduction to Biomass Thermochemical Conversion. DOE/NASLUGC Biomass and Solar Energy Workshops. August 3-4, 2004.
- [9] Jenkins, B.M. and Ebeling, J.M. (1985). Correlation of Physical and Chemical Properties of Terrestrial Biomass with Conversion. *Symposium Energy from Biomass and Waste IXIGT*. 371.

- [10] Thoreson, C.P., Webster, K.E., Darr, M.J. and Kapler, E.J. (2014). “Investigation of Process Variables in the Densification of Corn Stover Briquettes”, **Journal of Energies**, 7, 4019-4032.
- [11] Kaliyan, N. and Morey, R.V. (2009). “Densification Characteristics of Corn Stover and Switchgrass”, **American Society of Agricultural and Biological Engineer**. 52(3), 907-920
- [12] ขมิธดา ชื่นนิยม. (2553). การศึกษาการเพิ่มมูลค่าของเศษขังข้าวโพดโดยทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- [13] ณัฐวุฒิ ดุษฎี นิกราน หอมดวง กิตติกร สาสุจิตต์ และธีรศักดิ์ จรัสศรีวิษฐ์. (2554). การศึกษาศักยภาพการผลิต พลังงานจากเชื้อเพลิงผักตบชวาโดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน. รายงานฉบับสมบูรณ์. สำนักงานนโยบาย และแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน.