

คุณลักษณะของแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากขยะมูลฝอยโดยใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสาน

Characteristics of Solid Fuel from Compressed Dry by Mixing Molasses

พงษ์ศักดิ์ จิตตบุตร^{1*} ชาญเรืองฤทธิ์ จันทร์นอก¹ และพิเศษ ตู้กลาง¹
Pongsak Jittabut, Chanruangrit Channok and Pises Tooklang

รับบทความ 26 สิงหาคม 2564/ ปรับแก้ไข 13 ธันวาคม 2564/ ตอรับบทความ 14 กุมภาพันธ์ 2565

Received: August 26, 2021/ Revised: November 13, 2021/ Accepted: February 14, 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาวิธีการผลิตแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากขยะมูลฝอยโดยใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสานในอัตราส่วนร้อยละ 3, 6 และ 9 โดยน้ำหนัก โดยผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากขยะมูลฝอยได้แก่ เศษกระดาษ, เศษใบไม้, ขวดพลาสติก และถุงพลาสติก ในอัตราส่วนคงที่เท่ากับ 1:1:1:1 โดยวิธีการขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดเย็น โดยศึกษาคุณสมบัติของแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากขยะมูลฝอย ดังนี้ ความหนาแน่น กำลังรับแรงอัด ค่าความร้อน การวิเคราะห์ค่าโดยประมาณ และการวิเคราะห์แบบแยกธาตุ เป็นต้น โดยผลการวิจัยแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากขยะมูลฝอยผสมกากน้ำตาลเป็นตัวประสานที่อัตราส่วนร้อยละ 9 โดยน้ำหนัก เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดประกอบไปด้วยผลการวิเคราะห์โดยประมาณได้แก่ ค่าความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 6.85% ปริมาณเถ้าเฉลี่ยเท่ากับ 4.20% ปริมาณสารระเหยเฉลี่ยเท่ากับ 74.13% และปริมาณคาร์บอนคงตัวเฉลี่ยเท่ากับ 41.18% ส่วนผลผลการวิเคราะห์แบบแยกธาตุ ได้แก่ คาร์บอนเฉลี่ยเท่ากับ 90.41% ไฮโดรเจนเฉลี่ยเท่ากับ 8.17% ไนโตรเจนเฉลี่ยเท่ากับ 0.52% และออกซิเจนเฉลี่ยเท่ากับ 18.28% และค่าความร้อนสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 26.48 MJ/kg และการค่าความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 873.38 kg/m³ และค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยเท่ากับ 61.35 kg/cm² ดังนั้นแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากขยะมูลฝอยผสมตัวประสานที่อัตราส่วนร้อยละ 9 โดยน้ำหนัก เหมาะสำหรับการนำไปพัฒนาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการผลิตไฟฟ้าและพลังงานในรูปแบบต่างๆ

คำสำคัญ : ค่าความร้อนสูง การวิเคราะห์โดยประมาณและแบบแยกธาตุ ขยะมูลฝอย แท่งเชื้อเพลิงแข็ง กากน้ำตาล

Abstract

This research was presented the characteristics of solid fuel from compressed dry by using molasses as binder were of 3, 6 and 9 wt%. The briquette composed of scrap papers, scrap leaves, plastic bottles and plastic bags in the fixed ratio of (1:1:1:1), using a cold compress method. Ultimate and proximate

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา 340 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

¹ Asst. Prof. in Physics Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University, Nakhon Ratchasima 30000

* Corresponding author: pongsak.physics@gmail.com

analyses were carried out to determine the average composition of their constituents. The physical properties studied included species density, compressive strength and moisture content. Fuel properties were determined using standard laboratory methods. The fuel from compressed dry by using molasses as binder was of 9 wt% showed the optimized properties. Results ultimate showed that fixed carbon was 41.18%, volatile matter was 74.13%, ash content was 4.20% and moisture content was 6.85%. Results from ultimate analysis showed that the content of C H O N was follows; 90.41%, 8.17%, 18.28% and 8.17%. The high heating value was 26.48 MJ/kg. The density was 873.38 kg/m³. The compressive strength was 61.35 kg/cm². Therefore, solid fuel rods from solid waste mixed with binders at a ratio of 9% wt% are suitable for developing as a fuel for various forms of electricity and energy generation.

Keyword : high heating value, ultimate and proximate properties, solid fuel, compressed dry, molasses

บทนำ

ปัจจุบันปัญหาขยะมูลฝอยได้กลายเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีความสำคัญมากขึ้น นอกเหนือจากปัญหาทางด้านน้ำและทางอากาศ โดยในปี 2557 ประเทศไทยมีขยะมูลฝอยเกิดขึ้นประมาณ 26.2 ล้านตัน ขยะที่เกิดขึ้นถูกนำไปกำจัดประมาณ 14.7 ล้านตัน ส่วนขยะมูลฝอยที่มีศักยภาพสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ใหม่มีประมาณ 4.8 ล้านตัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2558) ปัจจุบันหน่วยงานราชการและเอกชนต่าง ๆ ได้มีการรณรงค์ ประชาสัมพันธ์ และชักชวนให้มีการนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ใหม่ในหลายรูปแบบ เช่น การทำปุ๋ยหมัก การทำสิ่งประดิษฐ์จากวัสดุเหลือใช้ เป็นต้น ซึ่งในยุคปัจจุบันความต้องการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่ปริมาณของน้ำมัน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ ก็มีปริมาณลดลงเรื่อยๆ รัฐบาลจึงมีนโยบายในการประหยัดพลังงานและแสวงหาพลังงานทดแทน ดังนั้นหากมีการนำขยะมูลฝอยมาใช้ประโยชน์ในการผลิตเป็นเชื้อเพลิงทดแทนไม้ น้ำมัน หรือก๊าซธรรมชาติ นับเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ มีส่วนช่วยในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและลดปริมาณของขยะมูลฝอย แต่ในปัจจุบันการศึกษาวิจัยทางด้านนี้ยังมีไม่มากนัก ส่วนใหญ่จะทำการศึกษาวิจัยและทดลองนำวัสดุทางการเกษตรต่างๆ เช่น มันสำปะหลัง ชานอ้อย ผักตบชวา แกลบ มาผลิตเป็นพลังงานทดแทน เช่น การผลิตแก๊สโซฮอล์จากมันสำปะหลัง การผลิตถ่านจากผักตบชวา ถ่านอัดแท่งจากชีวมวล เป็นต้น ดังนั้นการทำแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากขยะมูล

ฝอย เพื่อนำแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากขยะมูลฝอยไปใช้ทดแทนความต้องการใช้ถ่านหิน น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ซึ่งแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากขยะมูลฝอยให้ค่าพลังงานความร้อนที่ใกล้เคียงกับถ่านหิน จึงสามารถนำมาใช้ทดแทนถ่านหินได้และเป็นการนำขยะมูลฝอยมาเพิ่มมูลค่า อีกทั้งยังช่วยลดการใช้ทรัพยากรป่าไม้ด้วย

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการเปรียบเทียบการอัดขยะมูลฝอยระหว่างแท่งเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนของตัวประสานที่เหมาะสม เพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง โดยทำการวิเคราะห์คุณสมบัติด้วยวิธีการตามมาตรฐาน ASTM เช่น การวิเคราะห์แบบประมาณ (proximate analysis) การวิเคราะห์แบบแยกธาตุ (ultimate analysis) ค่าความหนาแน่น (density) และการหาค่าความร้อน (heating value) ของแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากขยะมูลฝอย และการวิเคราะห์ค่ากำลังแรงอัด (compressive strength) โดยใช้วิธีการตามมาตรฐาน มอก.1505-2541 ของแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากขยะมูลฝอย เป็นต้น

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

1.1 การเตรียมวัสดุที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ ขยะมูลฝอยประเภท เศษกระดาษ เศษใบไม้ ขวดพลาสติกและถุงพลาสติก ซึ่งทำการเก็บรวบรวมในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา โดยทำการเก็บตัวอย่างขยะที่ผ่านการคัดแยกมาแล้วขั้นหนึ่ง เมื่อได้ตัวอย่างขยะมูลฝอยแล้วนำมา

ย่อยให้มีขนาดเล็ก หรือให้ละเอียดมากที่สุด เพื่อจะได้นำมาอัดแท่งเป็นเชื้อเพลิงต่อไป

1.2 การเตรียมตัวอย่างเพื่อการอัดแท่งเชื้อเพลิงในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะนำตัวอย่างทั้ง 4 ประเภท มาผสมให้เข้ากันในอัตราส่วน 1:1:1:1 คือ เศษกระดาด: เศษใบไม้: ขวดพลาสติก: ถังพลาสติก เมื่อผสมตัวอย่างตามอัตราส่วนดังกล่าวแล้วจึงนำตัวประสาน (กากน้ำตาล) มาผสมในอัตราส่วนร้อยละ 3, 6 และ 9 โดยน้ำหนัก ก่อนนำไปอัดแท่งต่อไปซึ่งในการอัดแท่งจะใช้อัตราส่วนร้อยละ 0 ของกากน้ำตาลเป็นชุดควบคุมในการวิจัยครั้งนี้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมในการทำแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากขยะมูลฝอย

ตัวอย่าง	อัตราส่วนกากน้ำตาล (ร้อยละ)	อัตราส่วนขยะมูลฝอย: อัตราส่วนกากน้ำตาล (กรัม)
1	0	400 : 0
2	3	400 : 12
3	6	400 : 24
4	9	400 : 36

1.3 การอัดขยะมูลฝอยเป็นแท่งเชื้อเพลิงเมื่อผสมตัวอย่างตามอัตราส่วนที่กำหนดแล้วจึงนำมาอัดแท่งด้วยเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิง การอัดแท่งเชื้อเพลิงในการวิจัยครั้งนี้ ใช้วิธีการอัดแท่งแบบไฮดรอลิกลักษณะเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิง แสดงดังรูปที่ 1 โดยนำตัวอย่างขยะมูลฝอยที่ได้เตรียมไว้ ใส่ลงในแม่พิมพ์ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร ความยาว 17 เซนติเมตร ขยะมูลฝอยจะถูกอัดด้วยแรงดันสูงทำให้จับตัวกันเป็นแท่งเชื้อเพลิง



รูปที่ 1 เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแบบไฮดรอลิก

2. ขั้นตอนการทดสอบ

2.1 การทดสอบสมบัติทางฟิสิกส์

2.1.1 การทดสอบค่าความหนาแน่นทดสอบตามมาตรฐาน ASTM E 75 ทำได้โดยการนำแท่งเชื้อเพลิงตัดเป็นชิ้น ให้มีความหนาประมาณ 1-2 เซนติเมตร นำไปชั่งน้ำหนักแล้วนำไปคำนวณหาปริมาตรของแท่งเชื้อเพลิงสามารถคำนวณได้จาก

$$D = \frac{M}{V} \quad (1)$$

เมื่อ D คือ ค่าความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
M คือ น้ำหนักของตัวอย่าง (กิโลกรัม)
V คือ ปริมาตร (ลูกบาศก์เมตร)

2.2.2 การทดสอบกำลังแรงอัดของแท่งเชื้อเพลิง
ทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน มอก. 1505-2541 และ
มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (สำนักงานมาตรฐาน
ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2559) โดยเตรียมตัวอย่างแท่ง
เชื้อเพลิงแข็งจากขยะมูลฝอย ทดสอบโดยใช้เครื่อง
ทดสอบกำลังแรงอัด (UTM) โดยเลือกใช้การทดสอบแบบ
แรงกดให้หักดแนบกับตัวอย่างแท่งเชื้อเพลิง นำตัวอย่าง
แท่งเชื้อเพลิงที่เตรียมป้อนเข้าไประหว่างหัวกด ทำการ
ทดสอบโดยบันทึกค่าแรงกด (Load) แล้วสรุปผลที่ได้

2.2 การทดสอบค่าความร้อนของแท่ง เชื้อเพลิง

ทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D 5865
(ASTM INTERNATIONAL, 2559) โดยนำตัวอย่าง
เชื้อเพลิงไปทดสอบหาค่าความร้อนจากเครื่องแคลอรี
มิเตอร์ โดยนำตัวอย่างเชื้อเพลิงมาเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ใน
ตัวจุดระเบิด (Bomb) ที่มีออกซิเจนอยู่ในปริมาณเกินพอ
โดยกระแสไฟฟ้าจะวิ่งผ่านพิวส์ไปสัมผัสตัวอย่างเชื้อเพลิง
เมื่อเกิดการเผาไหม้ตัวอย่างเชื้อเพลิงจนหมด เครื่อง
แคลอรีมิเตอร์จะอ่านค่าความร้อนผ่านสายไฟทั้งสอง
แสดงผลข้อมูลเป็นแบบดิจิทัล นำค่าที่ได้แปลงหน่วยต่อไป

2.3 การวิเคราะห์ค่าโดยประมาณ

2.3.1 การหาปริมาณความชื้นของแท่งเชื้อเพลิง
ทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM E 3173 (ASTM
INTERNATIONAL, 2559) นำแท่งเชื้อเพลิงที่ตัดแล้ว
ความหนา 1-2 เซนติเมตร เข้าเตาอบโดยวางบนภาชนะ
ทนความร้อนและทำการชั่งน้ำหนักก่อนนำเข้าตู้อบ ตั้ง
อุณหภูมิของตู้อบประมาณ 104-110 องศาเซลเซียส เป็น
ระยะเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำถ้วยที่ใส่
แท่งเชื้อเพลิงทำการชั่งน้ำหนักอีกครั้ง แล้วนำค่าน้ำหนักที่
ได้มาคำนวณหาค่าความชื้นโดยสามารถคำนวณหาค่า
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) ได้จากสมการ

$$M = \left(\frac{A-B}{A} \right) \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ M คือ ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)

A คือ น้ำหนักวัสดุก่อนอบแห้ง (กรัม)

B คือ น้ำหนักวัสดุหลังอบแห้ง (กรัม)

2.3.2 การหาปริมาณเถ้าของแท่งเชื้อเพลิงทำ
การวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM E 3174 (ASTM
INTERNATIONAL, 2559) นำแท่งเชื้อเพลิงที่บดแล้ว
น้ำหนักประมาณ 1 กรัม เข้าเตาเผา โดยวางบนภาชนะ
ทนความร้อน ซึ่งก่อนนำเข้าเตาให้ทำการชั่งน้ำหนัก และ
ตั้งความร้อนของเตาเผาไว้ที่ 500 องศาเซลเซียส เวลา 30
นาที แล้วค่อยๆเพิ่มอุณหภูมิเป็น 700-750 องศาเซลเซียส
เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วทำการชั่งน้ำหนักอีกครั้งแล้วนำไป
คำนวณหาปริมาณเถ้าโดยสามารถคำนวณหาปริมาณเถ้า
ได้จากสมการ

$$AC = \left(\frac{W_3 - W_4}{W} \right) \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ AC = ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)

W3 = น้ำหนักถ้วยและเถ้าของตัวอย่างหลังเผา
(กรัม)

W4 = น้ำหนักถ้วย (กรัม)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

2.3.3 การหาปริมาณสารระเหย (volatile
matter) ทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D 3175
(ASTM INTERNATIONAL, 2559) โดยการชั่งตัวอย่าง
ทดลองประมาณ 1 กรัม ลงในถ้วยทนไฟที่ทราบน้ำหนัก
นำถ้วยทนไฟพร้อมตัวอย่างเข้าเตาเผาโดยเผาที่อุณหภูมิ
950 องศาเซลเซียส นาน 7 นาที แล้วจึงนำออกมาจาก
เตาเผา ทิ้งไว้ให้เย็นชั่งน้ำหนักของถ้วยทนไฟและตัวอย่าง
ที่เหลืออยู่แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณสารระเหยจากการ
สูญเสียน้ำหนักของตัวอย่างแล้วนำมาคำนวณหาสาร
ระเหยโดยใช้สมการ

$$V (\%) = (W5 - W6)/W \times 100 - M \quad (4)$$

เมื่อ V = ปริมาณสารระเหย (ร้อยละ)

M = ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)

W5 = น้ำหนักถ้วย พร้อมฝาและ
ตัวอย่างก่อนเผา (กรัม)

W6 = น้ำหนักถ้วย พร้อมฝาและ
ตัวอย่างหลังเผา (กรัม)
W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

2.3.4 การหาปริมาณคาร์บอนคงตัว (FC) ตาม
มาตรฐาน ASTM D3172 (ASTM INTERNATIONAL,
2559) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$FC=100 -M-V-AC \quad (5)$$

เมื่อ M คือ ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)
V คือ ปริมาณสารระเหย (ร้อยละ)
AC คือ ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)

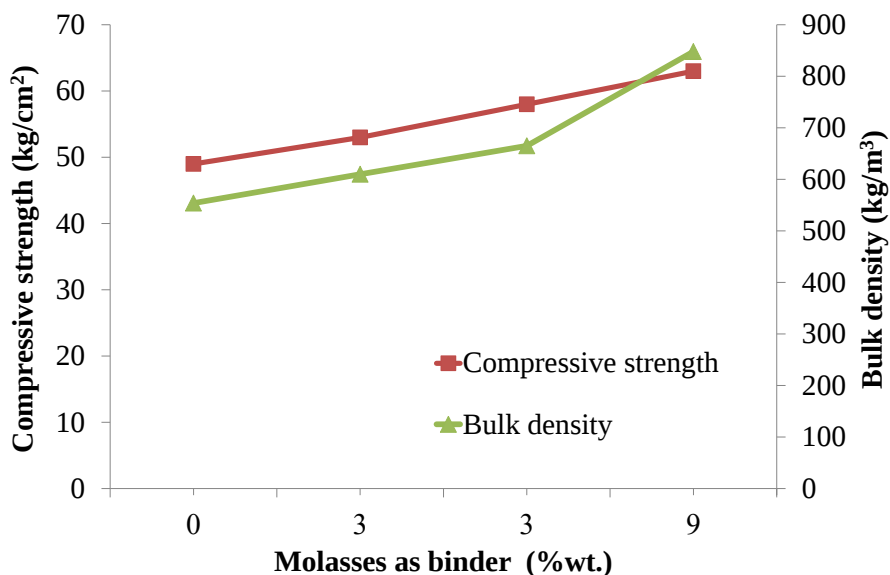
2.3 การวิเคราะห์แบบแยกธาตุ

เป็นการวิเคราะห์ส่วนประกอบของแท่งเชื้อเพลิง
เพื่อใช้ในการหาค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ โดยจะ
รายงานเป็นปริมาณร้อยละของธาตุต่างๆ คือ คาร์บอน
(C), ไฮโดรเจน (H), ออกซิเจน (O), ไนโตรเจน (N),
กำมะถัน (sulphur) ทดสอบโดยใช้เครื่อง Analyzer
PerkinElmer 2400 Series II CHNS/O Analyzer

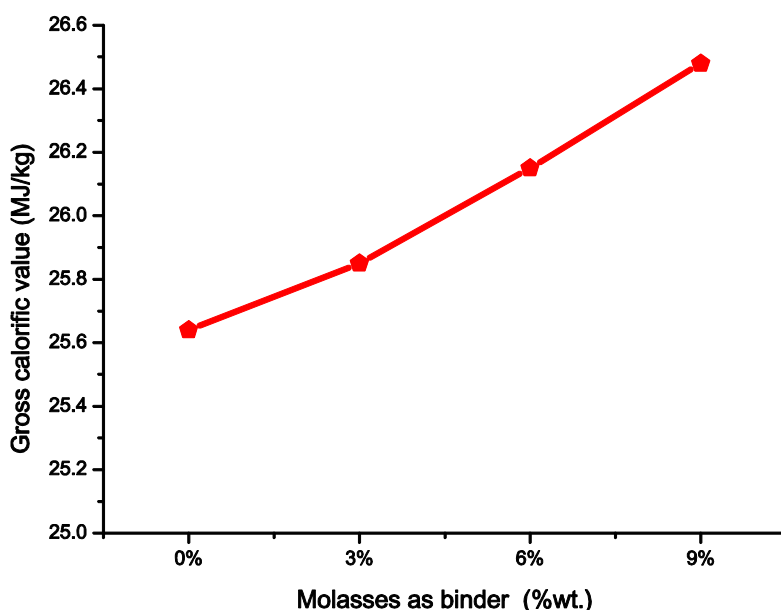
ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาการทำแท่งเชื้อเพลิงแข็งจาก
ขยะมูลฝอยในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา โดยใช้
กากน้ำตาลเป็นตัวประสานในอัตราส่วนร้อยละ 0, 3, 6
และ 9 โดยน้ำหนัก ขยะมูลฝอยที่ใช้ในงานวิจัยได้แก่ เศษ
กระดาษเศษใบไม้ ขวดพลาสติก และถุงพลาสติกซึ่งสิ่งที่
ศึกษามีดังนี้การทดสอบสมบัติเชิงกล ค่าความร้อนการ
วิเคราะห์ค่าโดยประมาณและการวิเคราะห์แบบแยกธาตุ
ของแท่งเชื้อเพลิง ซึ่งผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล
การทดลองสามารถแสดงและอธิบายได้ดังนี้

จากการนำแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆของ
ตัวประสาน ไปทดสอบสมบัติเชิงกล พบว่า อัตราส่วนตัว
ประสานร้อยละ 9 มีค่าความแน่นสูงสุด 873.08 กิโลกรัม
ต่อลูกบาศก์เมตร และค่ากำลังแรงอัด 61.35 กิโลกรัมต่อ
ลูกบาศก์เมตรแสดงดังรูปที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าความ
ร้อนในแท่งเชื้อเพลิง พบว่า อัตราส่วนของตัวประสานร้อย
ละ 9 ให้ค่าความร้อนสูงสุด 26.48 เมกะจูลต่อกิโลกรัม
แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 2 แสดงค่าของการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของแท่งเชื้อเพลิง



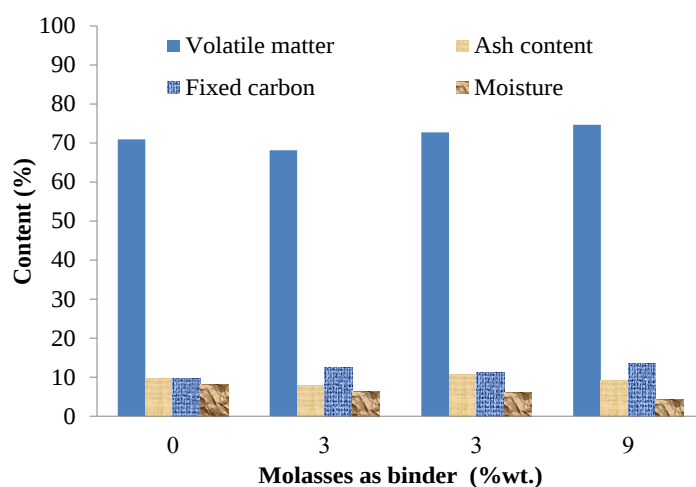
รูปที่ 3 แสดงค่าของการทดสอบค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง

การวิเคราะห์โดยประมาณของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนตัวประสานต่างๆ มีผลการวิเคราะห์ ดังนี้ ปริมาณความชื้นมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 3.99 – 6.85 ปริมาณเถ้ามีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 4.20 – 9.50 ปริมาณสารระเหยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 72.56 – 74.13 และปริมาณคาร์บอนคงตัวมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 40.31 – 41.18 ตามลำดับ ซึ่งการวิเคราะห์โดยประมาณมีค่าความสัมพันธ์กับค่าความร้อน แสดงดังรูปที่ 4

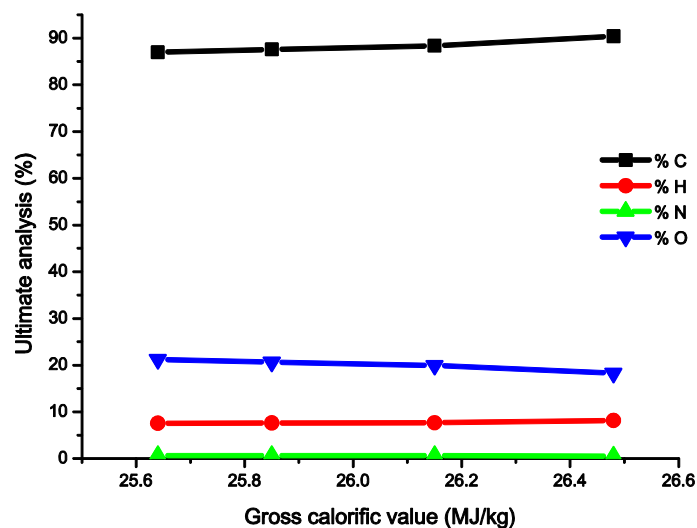
อภิปรายผลการวิจัย

การวิเคราะห์แบบแยกธาตุของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนของตัวประสานต่างๆ มีผลการวิเคราะห์ ดังนี้

คาร์บอนมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 86.99 – 90.41 ไฮโดรเจนมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 7.55 – 8.17 ไนโตรเจนมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.52 – 0.65 และออกซิเจนมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 18.28 – 21.21 ตามลำดับ ซึ่งการวิเคราะห์แบบแยกธาตุมีค่าความสัมพันธ์กับค่าความร้อน แสดงดังภาพที่ 5 และการเปรียบเทียบคุณสมบัติกับแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตจากตัวประสานชนิดอื่นๆ ดังตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าการกากน้ำตาลเป็นตัวประสานจะทำให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับตัวประสานประเภทแป้งและปูนขาว ดังนั้นการใส่กากน้ำตาลเป็นตัวประสานสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้



รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการวิเคราะห์ค่าโดยประมาณ



รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการวิเคราะห์แบบแยกธาตุกับค่าความร้อนสูงของแท่งเชื้อเพลิง

ตารางที่ 2 คุณสมบัติกับแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตจากตัวประสานชนิดอื่นๆ

ชนิดของตัวประสาน	ค่าความร้อน (เมกะจูลต่อกิโลกรัม)	ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	ความชื้น (ร้อยละ)	เถ้า (ร้อยละ)
งานวิจัย (กากน้ำตาล)	25.64 - 26.48	550.60 - 873.08	3.99 - 6.85	4.20 - 9.50
(ทองเกียรติ และคณะ, 2553) (ปูนขาว)	24.25 - 27.02	1,334.71 - 1,362.79	2.25 - 3.93	14.75 - 16.73
(ทองเกียรติ และคณะ, 2553) (แป้งมัน)	25.73 - 25.88	1,370.47 - 1,416.52	3.50 - 5.30	12.13 - 16.92
(อรรถกร, 2549) (ไม่มีตัวประสาน)	22.93 - 28.98	110.00 - 170.10	3.88 - 8.94	9.23 - 11.08

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงกล ค่าความร้อน และค่าโดยประมาณของแท่งเชื้อเพลิง พบว่าการเพิ่มอัตราส่วนของตัวประสานส่งผลทำให้แท่งเชื้อเพลิงมีความหนาแน่นสูงขึ้น กำลังแรงอัดสูงขึ้น ซึ่งในอัตราส่วนร้อยละ 9 โดยน้ำหนักให้ค่าความร้อนสูงสุดคือ 26.48 เมกะจูลต่อกิโลกรัม มีปริมาณสารระเหยสูงขึ้น คาร์บอนคงตัวสูงขึ้น แต่มีปริมาณเถ้าต่ำลง และการวิเคราะห์แบบแยกธาตุของแท่งเชื้อเพลิงพบว่าอัตราส่วนร้อยละ 9 โดยน้ำหนัก ให้ค่าคาร์บอนกับไฮโดรเจนสูงสุด ส่วนค่าไนโตรเจนกับออกซิเจนต่ำสุด ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสม

สำหรับการพัฒนาเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตไฟฟ้า และพลังงานความร้อน

การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนสูงกับค่าการวิเคราะห์โดยประมาณ พบว่า ค่าความร้อนสูงมีความสัมพันธ์กับปริมาณความชื้น ปริมาณสารเเหย ปริมาณคาร์บอนคงตัว ซึ่งมีความสัมพันธ์กันแบบสมการเชิงเส้นตรง โดยมีค่าความเชื่อมั่นอยู่ระหว่างร้อยละ 88.14-97.15 ส่วนการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนสูงกับค่าการวิเคราะห์แบบแยกธาตุ พบว่า ค่าความร้อนสูงมีความสัมพันธ์กับปริมาณคาร์บอนและไฮโดรเจน ซึ่งมีความสัมพันธ์กันแบบสมการเชิง

เส้นตรง โดยมีค่าความเชื่อมั่นอยู่ระหว่างร้อยละ 84.80–96.30 ดังนั้นปัจจัยที่มีผลต่อค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงคือ ความชื้น ชี้นำ สารระเหย คาร์บอนคงตัว คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน และออกซิเจน เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ

จากการที่ผู้วิจัยได้ทำการผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากขยะมูลฝอยโดยใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสาน ในอัตราส่วนร้อยละ 0, 3, 6 และ 9 โดยน้ำหนัก มีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ในการใช้อัตราส่วนของตัวประสานคือ กากน้ำตาล ที่ใช้ผสมกับแท่งเชื้อควรศึกษากรณีที่ตัวประสานกากน้ำตาลมากกว่าร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของการขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิงให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

2. ในการอัดแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากขยะมูลฝอยโดยใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสานหลายประเภทนั้นเหมาะสมสำหรับนำไปกระบวนการอัดด้วยวิธีการอัดแบบร้อนมากกว่าวิธีการอัดแบบเย็น เพื่อให้แท่งเชื้อเพลิงหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกัน สามารถขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิงได้ง่ายกว่าวิธีแบบอัดเย็น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในด้านการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด และศูนย์วิทยาศาสตร์ อาคาร 24 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในด้านการนำเอาแท่งเชื้อเพลิงไปเผา เพื่อหาค่าความร้อน

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2558) *ข้อมูลการสำรวจขยะมูลฝอย* 2557. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 มีนาคม 2564, จาก URL: <http://www.pcd.go.th>.
ทะนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์และคณะ.(2553). *การสาธิตการเปลี่ยนขยะในมหาวิทยาลัยเป็นพลังงาน*

ในรูปความร้อน. (รายงานวิจัย, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่) สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2559) *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน*. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 มีนาคม 2564, จาก URL: <http://www.app.tisi.go.th>.
อรรถกร ฤกษ์วีรี. (2549). *เชื้อเพลิงแข็งจากขยะมูลฝอยชุมชนอัดแท่ง*. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)
ASTM INTERNATIONAL. (2559) *มาตรฐาน ASTM*, สืบค้น เมื่อวันที่ 15 มีนาคม 2564, จาก URL: <https://www.astm.org/>