

การศึกษาประสิทธิภาพแท่งเชื้อเพลิงจากกระบวนการคาร์บอนเซชัน

ยุทธชัย จารุจิตร* มงคล ครุพันธ์ และ ตั้งเฮง ยนต์สถิตย์กุล

สาขาวิชาวิศวกรรมยานยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเทคโนโลยีพนมวันท์

198 ถ.มิตรภาพ-หนองคาย ต.บ้านโพธิ์ อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30310

รับบทความ 11 กันยายน 2567 แก้ไขบทความ 5 กรกฎาคม 2568 ตอรับบทความ 31 กรกฎาคม 2568

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของวิจัยนี้จะศึกษากระบวนการคาร์บอนเซชัน เพื่อที่จะเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนให้กับแท่งเชื้อเพลิง ของซีเลื่อยด้วยเทคนิคเกลียวอัดเย็น ครั้งนี้ได้ใช้เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงขนาดมอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส 3 HP ที่ความเร็วรอบเกลียวอัด 210 RPM โดยใช้โม่ลาสเป็นตัวประสานมีอัตราส่วนต่อน้ำอยู่ 2 ชนิด คือ 60:40, 70:30 และอัตราส่วนระหว่างซีมวลกับตัวประสานคือ 100:0, 95:5, 90:10, 85:15, 80:20 ซึ่งสมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงแท่งที่ทดสอบ ได้แก่ ปริมาณความร้อน ค่าความร้อน และประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อนผลการทดลองพบว่าเมื่อนำอัตราส่วนที่ดีที่สุดของแท่งเชื้อเพลิงที่ผ่านกระบวนการคาร์บอนเซชัน และแท่งเชื้อเพลิงที่ไม่ผ่านกระบวนการคาร์บอนเซชัน จะมีค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นเพราะในกระบวนการคาร์บอนเซชัน จะทำให้ปริมาณคาร์บอนสูงขึ้น แต่แลกกับจำนวนที่ลดลงแท่งเชื้อเพลิงทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานที่เหมาะสม ซึ่งในอัตราส่วน 80:20 ที่ผ่านกระบวนการคาร์บอนเซชัน สามารถให้ค่า ปริมาณความร้อน ค่าความร้อน และประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อน 22.46 kJ, 19.80 MJ/kg, 72.44% ตามลำดับ จึงทำให้ประสิทธิภาพทางความร้อนเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

คำสำคัญ : คาร์บอนเซชัน; แท่งเชื้อเพลิง; เกลียวอัด; ประสิทธิภาพเชิงความร้อน

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร: +666 3313 4344, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: yuttachai52@gmail.com

A Study of the Efficiency of Fuel Rods Using the Carbonization Process

Yuttachai Jarujitr* Mongkon Khathapan and Thanghang Yonsatidkun

Department of Automotive Engineering, Faculty of Engineering, Phanomwan College of Technology
198 Mitraphap-Nong Khai Road, Ban Pho, Mueang, Nakhon Ratchasima, 30310

Received 11 September 2024; Revised 5 July 2025; Accepted 31 July 2025

Abstract

This study aims to investigate the carbonization process to improve the thermal efficiency of sawdust fuel briquettes using a cold screw compaction technique. The briquettes were produced using a single-phase electric motor (3 HP) operating at a screw speed of 210 RPM. Molasses was used as a binder, mixed with water in two proportions (60:40 and 70:30), and combined with biomass at various ratios: 100:0, 95:5, 90:10, 85:15, and 80:20. The physical properties evaluated included heating value, amount of heat, and thermal efficiency. The experimental results revealed that the carbonization process significantly increased the calorific value of the briquettes due to the higher carbon content, albeit with a reduction in overall yield. Among the tested conditions, the briquettes produced with an 80:20 biomass-to-binder ratio and subjected to carbonization exhibited the highest performance, yielding an energy content of 22.46 kJ, a calorific value of 19.80 MJ/kg, and a thermal efficiency of 72.44%. These findings suggest that carbonization can effectively enhance the fuel properties of sawdust briquettes, with the 80:20 ratio offering an optimal balance between energy performance and material utilization.

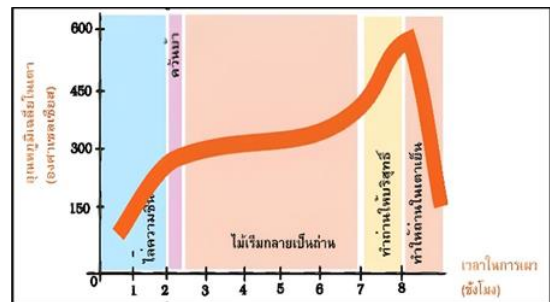
Keywords : Carbonization, Biomass, Screw, Thermal efficiency

1. บทนำ

ในปัจจุบันการใช้ชีวมวลบนโลกมีสัดส่วนสูงถึง 35-40% และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในประเทศไทยที่เป็นประเทศเกษตรกรรม ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพด้านการเกษตร ส่งผลให้มีผลผลิตและเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร (Biomass) จำนวนมากที่ไม่ถูกนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เช่น ชีวเลื่อย ซึ่งมักถูกกองทิ้งโดยเปล่าประโยชน์ ทั้งที่วัสดุเหล่านี้มีศักยภาพเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลที่ดี โดยชีวลื้อมีค่าความร้อนสูงประมาณ 4,500 kcal/kg และมีปริมาณขี้เถ้าต่ำเพียง 2.0% โดยน้ำหนัก ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานเชื้อเพลิงที่กำหนดไว้ว่าค่าความร้อนไม่ควรต่ำกว่า 3,000 kcal/kg และเถ้าไม่ควรเกิน 20% (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555) นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาในเชิงเศรษฐศาสตร์ หากนำชีวลื้อมาแปรรูปเป็นถ่านอัดแท่ง เชื้อเพลิงจะสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มได้มาก โดยราคาขายถ่านอัดแท่งอยู่ที่ประมาณ 30 บาทต่อกิโลกรัม ในขณะที่ชีวลื้อดิบขายได้เพียง 10-14 บาทต่อกิโลกรัม [1], [2]

เพื่อให้ได้เชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น กระบวนการ "คาร์บอนไนเซชัน" (Carbonization Process) จึงถูกนำมาประยุกต์ใช้ ซึ่งเป็นกระบวนการแปลงสภาพทางเคมีความร้อน (Thermochemical Conversion) โดยการให้ความร้อนแก่ชีวมวลในสภาวะที่จำกัดหรือปราศจากออกซิเจน ที่อุณหภูมิระหว่าง 300–800°C เพื่อไล่ความชื้นและสารระเหย จนได้ผลิตภัณฑ์เป็นถ่านที่มีความบริสุทธิ์สูง (Char) พร้อมผลพลอยได้ เช่น น้ำมันดิน (Tars), กรดน้ำส้ม (Acetic acid) และแก๊สเชื้อเพลิง กระบวนการนี้แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนสำคัญ ได้แก่ 1) ขั้นตอนการอบแห้ง (Drying stage) ที่อุณหภูมิ 150–300°C เพื่อไล่ความชื้น 2) ขั้นเริ่มสลายตัว (Initial Decomposition) ที่อุณหภูมิ 150–300°C ซึ่งโครงสร้างเซลลูโลสเริ่มสลายตัว 3) ขั้นสลายตัวอย่างรวดเร็ว (Active Decomposition) ที่อุณหภูมิ 300–500°C ซึ่งเป็นช่วงที่สารอินทรีย์สลายตัวกลายเป็นถ่าน และ 4) ขั้นทำให้

เสถียร (Cooling and Stabilization) โดยลดอุณหภูมิลงจนถึงอุณหภูมิห้อง ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 กระบวนการคาร์บอนไนเซชัน [3]

ประสิทธิภาพของถ่านที่ได้จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก คือ อุณหภูมิ อัตราการให้ความร้อน และระยะเวลา โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้ได้ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) สูงขึ้น ส่งผลให้ค่าความร้อนสูงตามไปด้วย แต่อาจทำให้ปริมาณผลผลิตถ่านลดลง ในขณะที่อัตราการให้ความร้อนที่เหมาะสมจะช่วยควบคุมรูพรุนและความว่องไวต่อปฏิกิริยาของถ่าน [3], [4] จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตถ่านอัดแท่งคืออุณหภูมิสูงสุด 500°C ด้วยอัตราการให้ความร้อน 10°C/min [3]

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญในการนำกระบวนการคาร์บอนไนเซชันมาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับแท่งเชื้อเพลิงจากชีวลื้อ โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ปริมาณความร้อน ค่าความร้อน และประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อน ระหว่างเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการคาร์บอนไนเซชัน ด้วยวิธีการทดสอบต้มน้ำเดือด (Water Boiling Test) [5]–[7] ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะนำไปสู่การปรับปรุงคุณภาพแท่งเชื้อเพลิงให้มีความเหมาะสมสำหรับการผลิตพลังงานความร้อน เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนตามยุทธศาสตร์ทางพลังงานของประเทศต่อไป [8]–[10]

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 เงื่อนไขการทดลอง

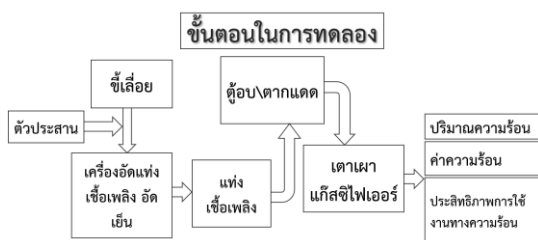
เงื่อนไขการทดลองการผลิตแท่งเชื้อเพลิงจะกำหนดให้ใช้ซีลี้อยเป็นวัตถุดิบ และ โมลาส เป็นตัวประสานใช้ความเร็วรอบของสกรูอัดแท่งเชื้อเพลิงที่ 210 รอบต่อนาที แล้วทำการปรับเปลี่ยนสัดส่วนการผสมโมลาสต่อน้ำหนักของวัตถุดิบ เพื่อศึกษาผลกระทบต่อการผลิตแท่งเชื้อเพลิง และสมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงโดยเงื่อนไขการทดลองทั้งหมด 10 อัตราส่วนมีดังนี้

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมในการทดลองระหว่างตัวประสานกับซีลีวมวล (อัตราส่วนโดยมวล)

ซีลีวมวล:ตัวประสาน	ซีลีวมวล:ตัวประสาน
อัตราส่วนตัวประสาน 70:30	อัตราส่วนตัวประสาน 60:40
100:0	100:0
95:5	95:5
90:10	90:10
85:15	85:15
80:20	80:20

จากตารางที่ 1 จะแสดงอัตราส่วนผสมในการทดลองระหว่างตัวประสานกับซีลีวมวลเป็นอัตราส่วนโดยมวล โดยจะศึกษาเกี่ยวกับ ปริมาณความร้อน ค่าความร้อน ตลอดจนประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง

2.2 ขั้นตอนในการทดลอง



รูปที่ 2 ขั้นตอนในการทดลอง

ในการทดลองอัดแท่งเชื้อเพลิงครั้งนี้ ได้มีการจัดรูปแบบการอัดแท่งเชื้อเพลิงแบบใช้ตัวประสาน โดยมีอัตราส่วนที่ใช้ผสมวัตถุดิบเป็นอัตราส่วนโดยมวล คือ ใช้เครื่องชั่งดิจิตอลและตราชั่ง เป็นเครื่องวัดตามอัตราส่วนที่กำหนด การใช้ตัวประสาน โดยการอัดแท่งเชื้อเพลิงที่ใช้วัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นเชื้อเพลิง โดยการนำซีลี้อยเผา และตัวประสาน คือ โมลาส ที่เตรียมไว้มาทำการชั่งมวลแล้วเทลงไปในกระบะผสมวัตถุดิบ จะได้วัตถุดิบเชื้อเพลิงซีลี้อยอัดแท่งที่มีส่วนผสม ซีลี้อยกับตัวประสานโดยมวล โดยมีอัตราส่วนผสมระหว่างตัวประสานกับน้ำเปล่าก่อนนำมาผสมกับซีลี้อยเผาอยู่ที่ 60:40 และ 70:30 อัดขึ้นรูปด้วยเทคนิคสกรูอัดเย็นด้วยความเร็วรอบของสกรูอัด 210 รอบต่อนาที โดยใช้อัตราส่วนผสมโดยมวลระหว่างซีลี้อยเผากับตัวประสาน 100:0, 95:5, 90:10, 85:15, 80:20 ตามลำดับ แท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากการอัด มีลักษณะเป็นแท่งทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 4 เซนติเมตร มีความยาวประมาณ 10 เซนติเมตร จากนั้นจึงนำแท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากการอัดขึ้นรูปไปอบในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ก่อนที่จะนำมาทดสอบเพื่อหาค่าคุณสมบัติต่างๆ ตลอดจนหาประสิทธิภาพการใช้ความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงต่อไป

2.3 เครื่องอัดที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องอัดแท่งแบบเกลียวไม่มีขดลวดความร้อน (อัดเย็น) เครื่องอัดแท่งชนิดนี้ใช้สำหรับอัดเศษวัสดุทางการเกษตรหรือผงถ่าน ให้เป็นแท่งเชื้อเพลิง โดยไม่มีการนำความร้อนเข้ามาช่วยในการทำให้วัสดุจับตัวกัน แต่จะใช้แรงอัดจากเกลียวที่บรรจุอยู่ในตัวเครื่องอัดและตัวประสาน ซึ่งจะลำเลียงวัตถุดิบไปตามร่องเกลียวสู่กระบอกอัดแล้วดันออกมาเป็นแท่งเชื้อเพลิง เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงชนิดนี้มีคุณลักษณะดังนี้

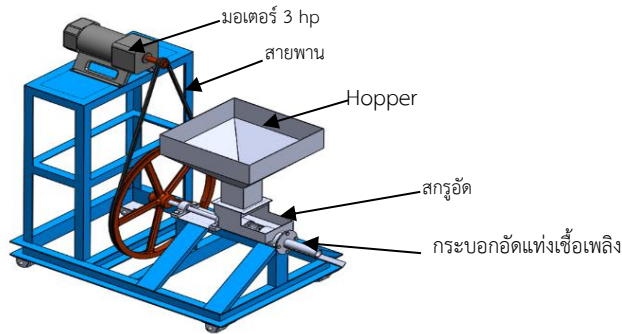
1. มอเตอร์ขับ 1 Phase กำลัง 3 แรงม้า
2. ความเร็วรอบ 210 รอบ/นาที

3. แรงดันไฟฟ้า ไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 380 Volt, 50 Hz, 27 Ampere

4. ขนาดกระบอกอัด ความยาว 14.5 เซนติเมตร จำนวนร่อง 6 ร่อง

5. เส้นผ่าศูนย์กลางด้านเข้า (Inlet diameter) 8 เซนติเมตร

6. เส้นผ่าศูนย์กลางด้านนอก (Outlet diameter) 6 เซนติเมตร

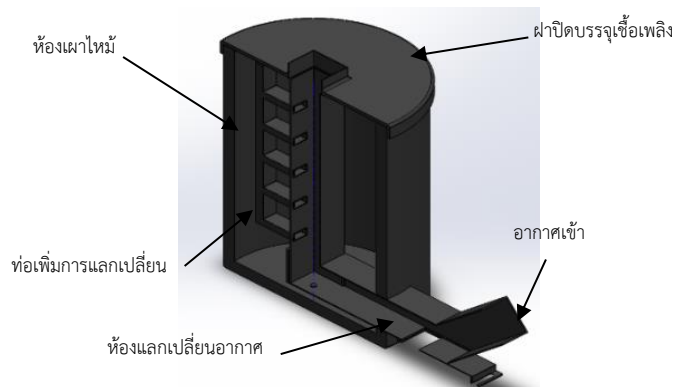


รูปที่ 2 เครื่องอัดแท่งชีวมวลชนิดเกลียวอัด

2.4 เตาเผาแก๊สซิฟิเคชัน

เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันสำหรับเตาแก๊สชีวมวลเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการหุงต้มและการประกอบอาหารในชีวิตประจำวันทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายทางด้านเชื้อเพลิงแอลพีจี (LPG) ในครัวเรือนจะใช้หลักการของกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันเป็นเทคโนโลยีสำหรับการเปลี่ยนรูปเชื้อเพลิงแข็งให้กลายเป็นแก๊สเชื้อเพลิงหรือจำกัดอากาศให้เหมาะสมกับเชื้อเพลิง โดยกระบวนการนี้จะเป็นกระบวนการที่เปลี่ยน

เชื้อเพลิงแข็งที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เช่น ไม้ ถ่าน ไม้ ถ่านหิน แกลบ ชี้อเลื่อย และวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตรที่สามารถติดไฟได้ให้กลายเป็นแก๊สที่สามารถเผาไหม้ได้เตาเผาแก๊สซิฟิเคชัน เป็นเตาเผาขนาด 200 ลิตร โดยใช้กระบวนการคาร์บอนในเซชันที่อุณหภูมิสูงสุด 500 °C ที่อัตราการให้ความร้อน 10 °C/min และคงอุณหภูมิสูงสุดไว้เป็นเวลา 10 นาที ซึ่งเป็นกระบวนการที่เหมาะสมที่สุด เมื่ออ้างอิงจากผลวิจัยในอดีต [3] แล้วนำมาเปรียบเทียบกับเตาเผาถ่านแบบธรรมดา



รูปที่ 3 เตาเผาแก๊สซิฟิเคชัน

2.5 การทดลองการหาประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง

การทดสอบการเดือดของน้ำ (Water Boiling Test หรือ WBT) เป็นวิธีการที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของเตาและเชื้อเพลิง โดยการจำลองการปรุงอาหารด้วยการต้มน้ำให้เดือด การทดสอบนี้จะวัดอัตราการระเหยของน้ำเมื่อน้ำเดือดภายใต้สภาวะที่ไม่มีฝาปิดภาชนะ การทดสอบนี้ช่วยในการเปรียบเทียบคุณลักษณะของเตาและเชื้อเพลิงต่างๆ เป็นวิธีการที่สามารถทำการทดลองได้ครบทุกอัตราส่วนของการทดลอง และอุปกรณ์ไม่ซับซ้อน

2.5.1 อุปกรณ์ในการทดลอง

1. แท่งเชื้อเพลิง ขนาด 250 กรัม โดยมีความชื้นไม่เกิน 15 %
2. หม้ออลูมิเนียมเบอร์ 16 ความจุ 1.5 ลิตร อาจจะใช้เบอร์อื่นได้ที่สามารถบรรจุได้ 1,000
3. เตาประสิทธิภาพสูง (เตาซูเปอร์อั้งโล่)
4. เทอร์โมมิเตอร์ (แบบวัดเฉพาะจุด)
5. นาฬิกาจับเวลา (Jadever JKH-500)
6. เครื่องชั่งดิจิตอล 10 กก.

2.5.2 วิธีการ

1. ชั่งแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลอย่างละ 250 กรัม
2. ชั่งน้ำ 1,000 กรัม ใส่ลงในหม้ออลูมิเนียมสำหรับต้มน้ำและวัดอุณหภูมิของน้ำก่อนต้ม
3. เสียบแท่งเทอร์โมมิเตอร์ไว้ที่ตัวหนีบเทอร์โมมิเตอร์ โดยระวังไม่ให้เทอร์โมมิเตอร์สัมผัสกับส่วนใดส่วนหนึ่งของหม้อ
4. ใช้แท่งเชื้อเพลิงชีวมวลชุบน้ำมันก๊าดประมาณ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร วางไว้ในเตาเพื่อให้เป็นเชื้อเพลิงติดไฟ (Starter)
5. วางแท่งเชื้อเพลิงที่เหลือลงในเตาอย่างโปร่งๆ ให้อากาศถ่ายเทได้สะดวกประมาณ 3 ใน 4 ของเตา แล้วจุดไฟ รอจนไฟติด

6. นำหม้อน้ำที่เตรียมไว้ขึ้นตั้งบนเตา บันทึกอุณหภูมิของน้ำทุก 3 นาที จนน้ำเดือดสูงสุด จากนั้นจับเวลาต่อไปอีก 30 นาทีแล้ววัดอุณหภูมิ

7. คำนวณหาประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวล

2.6 สมการในการคำนวณ

2.6.1 การคำนวณหาค่าปริมาณความร้อน

การคำนวณปริมาณ ความร้อนที่เกิดจากกระบวนการต่างๆ ช่วยให้เราเข้าใจผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสามารถนำไปสู่การพัฒนากระบวนการผลิตที่ยั่งยืนมากขึ้น และเป็นพื้นฐานในการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ เช่น การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อน, การพัฒนาวัสดุที่มีคุณสมบัติทางความร้อนในการทำ (standardized Calorimeter) เพื่อหา energy equivalent of calorimeter โดยใช้กรดเบนโซอิก (benzoic acid) ทำการทดลองเหมือนการหาค่าความร้อนทุกประการ

$$\Delta Q = mc_p \Delta t \quad (1)$$

โดยที่

ΔQ = ปริมาณความร้อนที่ได้รับหรือสูญเสียไป (cal)

m = มวลของวัตถุ (g)

c_p = ความจุความร้อนจำเพาะของวัตถุ (cal/g °C)

Δt = อุณหภูมิที่เปลี่ยนไป (°C)

2.6.2 การหาประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง

การหาประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อน (Heat Utilization Efficiency) ของแท่งเชื้อเพลิงชีวมวล เป็นการทดสอบการให้ความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลที่เผาไหม้ในเตาประสิทธิภาพสูง ในการศึกษาครั้งนี้ หลังจากที่ได้ตากแห้งแท่งเชื้อเพลิงจนแห้งดีแล้ว จึง

นำมาทดสอบโดยนำตัวอย่างในแต่ละอัตราส่วนที่ได้กำหนดไว้แล้วมาอย่างละ 250 กรัม และน้ำ 1000 กรัม เผาแท่งเชื้อเพลิงในเตาประสิทธิภาพสูงเพื่อต้มน้ำให้เดือด [11]

$$HU = \left[\frac{[m_1 c (T_2 - T_1)] + (m_1 - m_2) L}{MH} \right] \times 100 \quad (2)$$

โดยที่

HU = ประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของเชื้อเพลิง (เปอร์เซ็นต์)

m_1 = น้ำหนักเริ่มต้นของน้ำ (กรัม)

m_2 = น้ำหนักที่เหลือของน้ำ (กรัม)

c = ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (1 แคลอรีต่อกรัม องศาเซลเซียส)

L = ค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (540 แคลอรีต่อกรัม)

M = มวลของเชื้อเพลิงอัดแท่งเริ่มต้น

T_1 = อุณหภูมิของน้ำเริ่มต้น (องศาเซลเซียส)

T_2 = อุณหภูมิของน้ำสุดท้าย (องศาเซลเซียส)

H = ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงแข็ง (แคลอรีต่อกรัม)

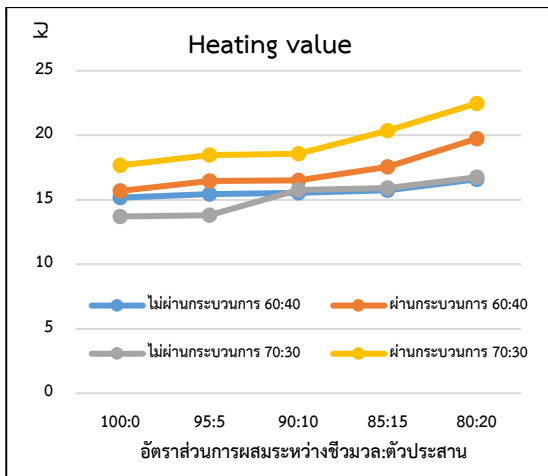
2.6.3 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ค่าความร้อน (Heating value) ของเชื้อเพลิงอัดแท่ง เป็นสมบัติทางความร้อน หาได้โดยการนำเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้มาหาค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงโดยใช้เครื่องวิเคราะห์พลังงานความร้อน (ESSOM oxygen bomb calorimeter) ตามมาตรฐาน ASTM ART.2060/2070 โดยเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผ่านตะแกรงร่อนจำนวนประมาณ 1 กรัม ใส่ในแคปซูลนำแคปซูลใส่ลงในบอมบ์ ร้อยลวด (fuse wire) ยาวประมาณ 10 เซนติเมตร ทำการปิดบอมบ์แล้วเติมออกซิเจน 25-35 ความดันบรรยากาศ จากนั้นไล่แก๊สออก เติมออกซิเจนเข้าไปในใหม่อีกครั้ง เพื่อไล่อากาศในบอมบ์ออก ใส่

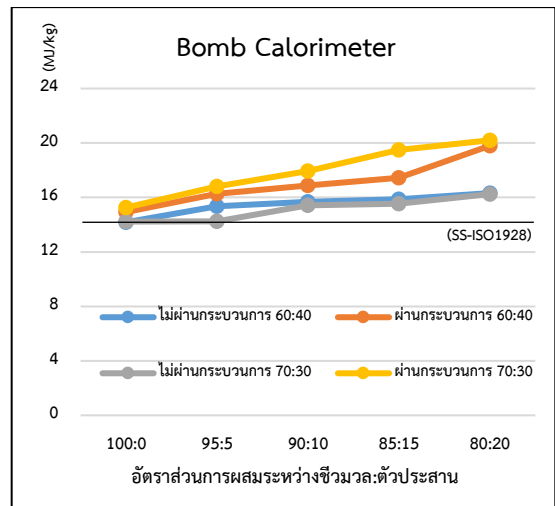
บอมบ์ลงในแคลอริมิเตอร์บัคเก็ต (calorimeter bucket) ซึ่งอยู่ในแจ็กเก็ต(jacket) ต่อวงจรสำหรับการฟิวส์ (fuse) และไบกวน เติมน้ำกลั่นประมาณ 2 ลิตรลงในบัคเก็ต ปิดฝาแคลอริมิเตอร์ แล้วหย่อนเทอร์โมมิเตอร์ลงไป เริ่มกววนไบกวนให้อุณหภูมิคงที่รอประมาณ 5 min เมื่อถึงที่สมดุล (อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงลงเล็กน้อย) ให้เริ่มอ่านอุณหภูมิทุก ๆ 1 นาที นาน 5 นาที กดปุ่มอิกนิชัน (Ignition) เริ่มเกิดการเผาไหม้ในนาทีที่ 6 บันทึกอุณหภูมิและเวลาที่อ่านค่า (อ่านทุก 15 วินาที หรือทุก 30 วินาที) ในช่วงที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จากนั้นอ่านทุกๆ 1 นาที อ่านต่อไปใช้เวลาทั้งหมดประมาณ 18-20 นาที อุณหภูมิจะเริ่มคงที่ ให้บันทึกอุณหภูมิที่คงที่ติดต่อกัน 5 นาที หยุดไบกวนแล้วปิดฝาแคลอริมิเตอร์ ยกบอมบ์ออกค่อยๆ ปลดความดันในบอมบ์ให้ลดลงจนไม่มีเสียงอากาศออกกลางภายในบอมบ์ด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด เก็บน้ำที่ล้างทั้งหมดไว้ในบีกเกอร์ แล้วนำไปไทเทรตกับ 0.0725 นอร์มอล (N) โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ใช้เมทิลเรด (Methylred) หรือเมทิล ออเรนจ์ (Methyl orange) เป็นอินดิเคเตอร์นำสารละลายที่ไทเทรตแล้วไปหาปริมาณ

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

จากการศึกษาศึกษากระบวนการคาร์บอนในเซชันเพื่อที่จะเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนให้กับแท่งเชื้อเพลิง ของซีลี้อยด้วยเทคนิคเกลียวอัดเย็น ครั้งนี้ได้ใช้เครื่องอัดถ่านขนาดมอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส 3 HP ที่ความเร็วรอบเกลียวอัด 210 RPM โดยใช้โมลาสเป็นตัวประสานมีอัตราส่วนต่อน้ำ คือ 60:40 , 70:30 และอัตราส่วนระหว่างซีลีอวกับตัวประสานคือ 100:0, 95:5, 90:10, 85:15, 80:20 ซึ่งสมบัติทางพลังงานแท่งเชื้อเพลิงทดสอบ ได้แก่ ปริมาณความ ค่าความร้อน และประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อน ของแท่งเชื้อเพลิง



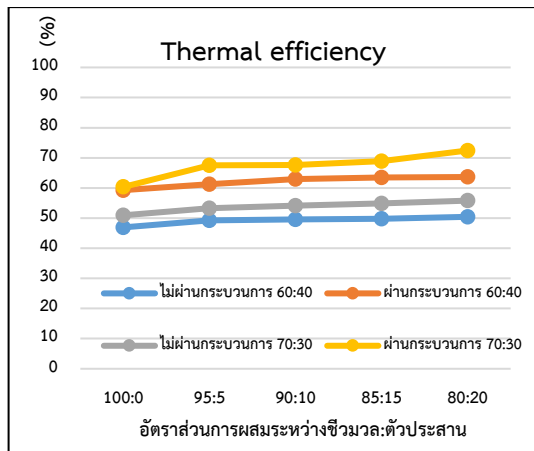
รูปที่ 4 ปริมาณความร้อน (Heating value)



รูปที่ 5 ค่าความร้อน (Bomb calorimeter)

จากรูปที่ 4 จากสูตรการคำนวณ (Heating value) แท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วน 80:20 ที่ผ่านกระบวนการคาร์บอนเซชัน จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มปริมาณตัวประสานจาก 0 เปอร์เซ็นต์ เป็น 5, 10, 15, 20 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ปริมาณความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งมีค่าสูงขึ้น การเพิ่มขึ้นเกือบจะเป็นเชิงเส้นเพราะมีปริมาณความร้อนเพิ่มขึ้นทุกอัตราส่วนทุกครั้งเพิ่มตัวประสานโดยค่าความร้อนของโมลาสอยู่ที่ 9,000 กิโลแคลอรีต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งก๊าซชีวภาพที่ได้ส่วนใหญ่เป็นก๊าซมีเทน (65%) ซึ่งเป็นก๊าซที่ติดไฟได้ ในกรณีเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ไม่ผ่านกระบวนการนั้นแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณความร้อนเล็กน้อยเมื่อเพิ่มปริมาณตัวประสาน จาก 0 เปอร์เซ็นต์ เป็น 5, 10, 15, 20 เปอร์เซ็นต์ และพบผลลัพธ์ในทำนองเดียวกันกับผลลัพธ์ก่อนหน้านี้ อัตราส่วน 80:20 ที่ผ่านกระบวนการคาร์บอนเซชันมีค่าที่สูงกว่า โดยให้ปริมาณความร้อนสูงสุดอยู่ที่ 22.46 kJ

จากรูปที่ 5 ค่าความร้อนที่ได้จากเครื่อง (Bomb calorimeter) แท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วน 80:20 ที่ผ่านกระบวนการคาร์บอนเซชัน ให้ค่าความร้อนสูงสุด ที่ 20.20 MJ/kg จะเห็นว่าค่าความร้อนสูงสุดมีค่าใกล้เคียงกันที่อัตราส่วน 60:40 และ 70:30 ที่ผ่านกระบวนการคาร์บอนเซชัน และเมื่อเทียบกับมาตรฐาน (SS-ISO1928) พบว่า อัตราส่วน 80:20 ที่ผ่านกระบวนการคาร์บอนเซชันมีค่าที่สูงกว่า โดยให้ปริมาณความร้อนสูงสุดอยู่ที่ 20.20 MJ/kg ส่วนที่ไม่ผ่านกระบวนการมีค่าที่ใกล้เคียงกันเป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตามยังมีความหนาแน่นที่ยังไม่ได้ศึกษา จากการศึกษางานวิจัยในอดีตค่าความหนาแน่นสามารถขยายเวลาในการติดไฟของแท่งเชื้อเพลิงได้ อัตราส่วนที่แนะนำจะขึ้นอยู่กับลักษณะของการใช้งานว่าต้องการค่าความร้อนสูงหรือต้องการระยะเวลาของการติดไฟของแท่งเชื้อเพลิง ในกรณีนี้ชีวมวลเป็นชนิดเดียวกันทำให้ค่าความร้อนที่ได้ออกมาจึงมีค่าใกล้เคียงกัน



รูปที่ 6 ประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อน
(Thermal efficiency)

จากรูปที่ 6 แสดงค่าประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อน (Thermal efficiency) ของแท่งเชื้อเพลิง ที่อัตราส่วน 80:20 ผ่านกระบวนการคาร์บอนเซชัน ได้ประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อน สูงสุดที่ 72.44% และสูงกว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้อัตราส่วนตัวประสานอื่นอย่าง เมื่อเทียบกับงานวิจัยในอดีตที่สอดคล้องกัน [12] แต่อัตราส่วนตัวประสานอีกสี่ชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน โดยประสิทธิภาพการใช้ความร้อนสูงสุดมีค่าเท่ากับ 72.44 เปอร์เซ็นต์ ที่อัตราส่วนตัวประสานต่อชีวมวลเท่ากับ 80:20 และต่ำสุดเท่ากับ 49.27 เปอร์เซ็นต์ ที่เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีอัตราส่วนตัวประสานต่อชีวมวล 100:0 จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของประสิทธิภาพการใช้ความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากชี้เลี้ยงเผาเมื่อใช้อัตราส่วนตัวประสาน 80:20 จะมีค่าสูงกว่าถึง 23.17 เปอร์เซ็นต์ ในกรณีที่ประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อน เพิ่มขึ้นจะเหมาะสมกับลักษณะการใช้งานที่ยาวนานขึ้นเมื่อเทียบกับราคา โมลาสในปัจจุบัน ราคาไม่สูงมากก็ยังคุ้มค่าอยู่แต่ถ้า ราคาโมลาสสูงขึ้น ต้องมีการเป็นตัวประสานใหม่ที่มีคุณสมบัติยืดเกาะและราคาไม่สูงต่อไป

อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของการใช้ความร้อนนั้น จะมีปัจจัยหลายอย่างร่วมกัน เช่น ความหนาแน่นส่งผล

ให้ประสิทธิภาพการใช้ความร้อนต่อหน่วยเพิ่มขึ้น ค่าความร้อนที่มากไปจะทำให้เชื้อเพลิงไวไฟทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนลดลง ดังนั้นหากต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งควรหาแนวทางเพิ่มคุณสมบัติทั้งทางด้านกายภาพและความร้อนที่เหมาะสม

4. สรุป

1. จากผลของการวิจัยที่ได้ทดลองมีความสอดคล้องและเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับงานวิจัยในอดีตที่ได้ศึกษามา ทั้งในเรื่องค่าความร้อนตลอดจนประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อน

2. การทดสอบการใช้งานเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงชนิดสกรูอัดจากชี้เลี้ยง เพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมของชี้เลี้ยง พบว่าสัดส่วนที่เหมาะสมที่สามารถขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิงแข็งได้ ในการอัดชี้เลี้ยงจะใช้เวลาในการอัดก้อนเพื่อให้ได้ความยาวเฉลี่ย 10 เซนติเมตร ในอัตราส่วน 80:20 ที่ผ่านกระบวนการคาร์บอนเซชัน สามารถให้ค่า ปริมาณความร้อน , ค่าความร้อน , และประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อน 22.46 kJ, 20.20 MJ/kg, 72.44% ตามลำดับ

3. กระบวนการคาร์บอนเซชันสามารถเพิ่ม ปริมาณความร้อน , ค่าความร้อน , และประสิทธิภาพความร้อน เฉลี่ย 34.16, 24.30, 23.17% ตามลำดับ

4. อัตราส่วนที่ผสมจะส่งผลต่อความแข็งแรง และปริมาณ ความร้อนค่าความร้อนตลอดจนประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อน เพราะตัวประสานที่ใช้มีคุณสมบัติทั้งยึดเกาะและมีค่าความร้อนโดยมีค่าอยู่ที่ 9,000 กิโลแคลอรีต่อลูกบาศก์เมตร

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำวิจัยขอขอบพระคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเทคโนโลยีพนมวันท์ ซึ่งให้การสนับสนุนในการจัดทำวิจัย ตั้งแต่ต้นจนวิจัยประสบผลสำเร็จ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] N. Tangmankongworakoon, "The production of fuel briquettes from agricultural wastes and household wastes," *Science and Technology*, vol. 6, no. 1, pp. 66–77, Jun. 2014.
- [2] T. Ranaivoson, B. Rakouth, A. Buerkert, and K. Brinkmann, "Wood biomass availability for smallholder charcoal production in dry forest and savannah ecosystems of south-western Madagascar," *Fuel*, vol. 146, pp. 86–94, Nov. 2017.
- [3] S. Nomura, "Coal briquette carbonization in a slot-type coke oven," *Fuel*, vol. 185, pp. 649–655, Dec. 2016.
- [4] M. Faizal, "Utilization of biomass and coal mixture to produce alternative solid fuel for reducing emission of greenhouse gas," *International Journal of Advanced Science*, vol. 7, no. 3, pp. 950–956, Jun. 2017.
- [5] M. Hoque, M. Ota, and S. C. Bhattacharya, "Activated charcoal from coconut shell using ZnCl_2 activation," *Biomass and Bioenergy*, vol. 22, no. 5, pp. 397–400, Nov. 2002.
- [6] Q. Wu, S. Zhang, B. Hou, et al., "Study on the preparation of wood vinegar from biomass residues by carbonization process," *Bioresource Technology*, vol. 179, pp. 98–103, Mar. 2015.
- [7] K. Namwong and M. Khathaphan, "Design and development of a briquette machine for briquettes production from dried neem leaves and burned sawdust," in *Proceedings of the 31st National Mechanical Engineering Conference*, Nakhon Nayok, Thailand, 2017, pp. 65–73.
- [8] A. Amarasekara, F. S. Tanylm, and E. Asmatulu, "The briquetting and carbonization processes of naturally grown algae biomass collected from regional lakes," *Fuel*, vol. 208, pp. 612–617, 2017.
- [9] K. Tippayawong, S. Santiteerakul, S. Ramingwong and N. Tippayawong, "Cost analysis of community scale smokeless charcoal briquette production from agricultural and forest residues," *Energy Procedia*, vol. 160, pp. 310–316, Feb. 2019.
- [10] T. Counaphonviwat, A. Sawadkit, J. Gunha, P. Ratanasangwong, and W. Phankong, "A study of the possibility in producing biodiesel from rubber tree oil," in *Proc. 21st Nat. Mech. Eng. Conf.*, Chon Buri, Thailand, 2007, pp. 1–6.
- [11] S. Sangsuk, C. Buathong, and S. Suebsiri, "High-energy conversion efficiency of drum kiln with heat distribution pipe for charcoal and biochar production," *Energy*, vol. 59, pp. 1–7, Dec. 2020.
- [12] A. Srinoun and A. Chainawa, "A study of fuel briquettes from *Casuarina junghuhniana* Miq. leaf-lignite blends," *Kasem Bundit Engineering Journal*, vol. 3, no. 3, pp. 128–151, Sep. 2018.