

A Study on Heat Utilization Efficiency of Fuel Briquettes from Burnt Sawdust

Yuttachai Jarujitr^{1*} Thanghang Yonsatidkun² Ratipat Shangchot³

^{1,2,3} Department of Automotive Engineering, Faculty of Engineering, Phanomwan College of Technology

Abstract

This study aims to the heat utilization efficiency of fuel briquettes from combustible sawdust using 3 types of binders: cassava starch, molasses, and gurjun oil. To determine the best ratio of the mixture between the binder and the burnt sawdust to the heat efficiency of the fuel briquettes from the burnt sawdust. The fuel extrusion process uses the cold-pressed screw compression technique with a 3 hp motor fuel briquette machine, extruded at a spiral speed of 270 rpm screw speed. The fuel briquettes' density, compressive strength, and heating value.

The results of the experiment showed that density, compressive strength, heating value, and thermal efficiency obtained from the solid fuel rods made of burnt sawdust/gurjun oil mixture were the highest at the ratio of the binder's mass to the burnt sawdust of 0.5:7 giving the highest density, compressive strength, heating value, and heat utilization efficiency of 589.46 kg/m³, 226.69 MPa, 16.88 MJ/kg, and 20.25%, respectively.

Keywords: Fuel briquettes, Burnt sawdust, Heat utilization efficiency, Extrusion process

How to Cite

Jarujitr, Y., Yonsatidkun, Y., & Shangchot, R. (2024). A Study on Heat Utilization Efficiency of Fuel Briquettes from Burnt Sawdust. *Research and Development Journal Suan Sunandha Rajabhat University*, 16(2), 1-13. Retrieved from <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/irdssru/article/view/272970> (In Thai)

การศึกษาประสิทธิภาพการใช้ความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขี้เลื่อยเผา

ยุทธชัย จารุจิตร^{1*} ตั้งเฮง ยนต์สถิตย์กุล² รติภัทร แสงโชติ³

^{1,2,3} สาขาวิชาวิศวกรรมยานยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเทคโนโลยีพนมวันท์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้ความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขี้เลื่อยเผา ด้วยการใช้ตัวประสาน 3 ชนิด ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง กากน้ำตาล และน้ำมันยางนา เพื่อหาอัตราส่วนผสมระหว่างตัวประสานกับขี้เลื่อยเผาที่ดีที่สุดต่อประสิทธิภาพการใช้ความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขี้เลื่อยเผา นี้ กระบวนการอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิงใช้เทคนิคการอัดแบบสกรูอัดเย็น โดยใช้เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงขนาดมอเตอร์ 3 แรงม้า อัดขึ้นรูปที่ความเร็วรอบเกียร์อัด 270 รอบต่อนาที โดยการหา ความหนาแน่น ความแข็งแรงทางแรงกด และค่าความร้อน

ผลการทดลองพบว่า ความหนาแน่น ความแข็งแรงทางแรงกด ค่าความร้อน และประสิทธิภาพการใช้ความร้อนที่ได้จากเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้ น้ำมันยางนาเป็นตัวประสานมีค่าสูงที่สุดที่อัตราส่วนผสมมวลตัวประสานกับขี้เลื่อยเผาเท่ากับ 0.5:7 โดยให้ค่าความหนาแน่น ความแข็งแรงทางแรงกด ค่าความร้อน และประสิทธิภาพการใช้ความร้อนสูงสุดอยู่ที่ 589.46 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร 226.69 เมกะปาสคาล 16.88 เมกะจูลต่อกิโลกรัม และ 20.25% ตามลำดับ

คำสำคัญ: เชื้อเพลิงอัดแท่ง, ขี้เลื่อยเผา, ประสิทธิภาพการใช้งานความร้อน, กระบวนการอัดขึ้นรูป

บทนำ

ในปัจจุบันเชื้อเพลิงประเภท “ถ่าน” เป็นที่นิยมใช้ในครัวเรือนของชุมชนชนบทมาตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน แม้แต่ในชุมชนเมืองก็ยังพบการใช้อยู่ทั่วไป ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะใช้กับธุรกิจอาหารประเภทปิ้ง หรือย่าง **ทิปกร คุณาพรวิวัฒน์, อภิรักษ์ สวัสดิ์กิจ, จักรพันธ์ กัณหา, พิสุทธิ รัตนแสนวงษ์ และวรพจน์ พันธุ์คง** (Counaphonviwat, Sawadkit, Gunha, Ratanasangwong, & Phankong, 2007) ในอดีตถ่านที่นำมาใช้เป็นถ่านที่ผลิตด้วยการเผาฟ่อนไม้หรือเศษไม้ จากสถานการณ์การบุกรุกทำลายป่าในปัจจุบัน (Amarasekara, Tanzim, & Asmatulu, 2017) จึงทำให้เกิดงานวิจัยที่พยายามหาแนวทางผลิตถ่านจากเศษวัสดุเหลือใช้อื่น ๆ เช่น แกลบ หรือขี้เลื่อย ด้วยกระบวนการอัดขึ้นรูปให้เป็นแท่งถ่าน ที่ถูกเรียกว่า แท่งเชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงอัดแท่ง หรือถ่านอัดแท่ง พัฒนาการของการอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง เริ่มจากวิธีการตอกหรือตำ จนกระทั่งในปัจจุบันถูกพัฒนาเป็นเครื่องที่สามารถอัดขึ้นรูปออกมาเป็นแท่งถ่าน (Nomura, 2016) เชื้อเพลิงอัดแท่งเหมาะสำหรับอาหารปิ้งย่าง คุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งคือให้ความร้อนสูงและสม่ำเสมอ ติดไฟทนนานกว่าถ่านธรรมดาทั่วไป เนื่องจากเชื้อเพลิงอัดแท่งผ่านกระบวนการอัดและผ่านการอบเป็นระยะเวลานานจึงช่วยให้มีความหนาแน่น ความแข็งแรงและความทนทานมากกว่าถ่านธรรมดา (Faizal, 2017) นอกจากนี้ เชื้อเพลิงอัดแท่งยังสามารถจุดติดไฟได้ง่าย ไม่มีประกายไฟปะทุ และที่สำคัญขี้เถ้าและควันที่เกิดหลังการเผาไหม้จะเกิดขึ้นค่อนข้างน้อย ช่วยให้เกิดผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภค และภาชนะที่ใช้ในการหุงต้มเพราะจะไม่เกิดรอยดำทำให้ยากต่อการทำความสะอาด **กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน** (Department of Alternative Energy Development and Efficiency, 2017; Tippayawong, Santiteerakul, Ramingwong, & Tippayawong, 2019) ทั้งนี้ วัตถุประสงค์ในการผลิตแท่งชีวมวลในแต่ละพื้นที่ที่มีความแตกต่าง

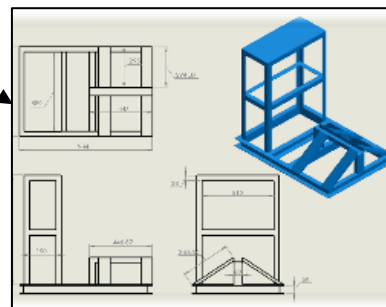
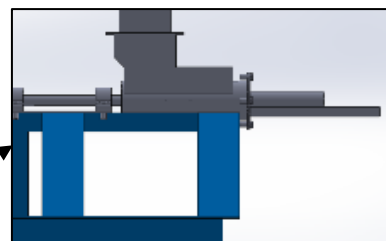
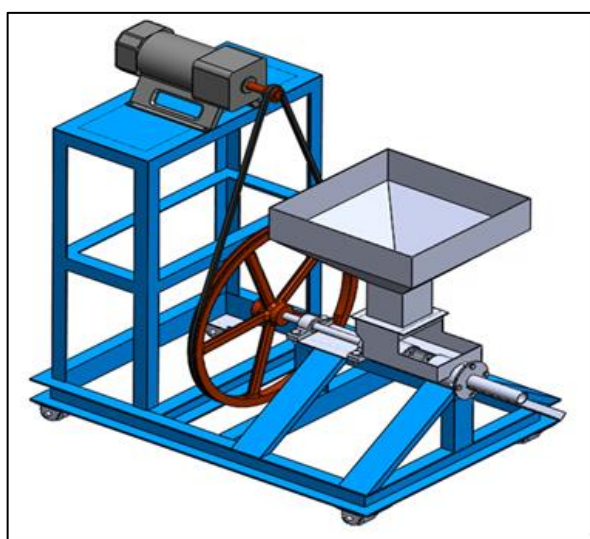
วารสารจะระบุชื่อผู้แต่งในการอ้างอิงครั้งแรก (เฉพาะภาษาไทย)*

กันส่งผลให้เกิดความแตกต่างของประสิทธิภาพของแท่งชีวมวลด้วยเช่นกัน จากการศึกษางานวิจัยในอดีตพบว่า ชีวมวลที่ถูกนำมาใช้เป็นส่วนผสมของเชื้อเพลิงอัดแท่งมีทั้งจากกะลามะพร้าว (Ranaivoson, Rakouth, Buerkert, & Brinkmann, 2017) เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้จำพวกกะลามะพร้าวผสมกับไม้ไผ่ นฤ ภัทร ตั้งมันคงวรกุล (Tangmankongworakoon, 2014) เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเล็ดมะม่วงหิมพานต์ กฤษฎา นามวงษ์ และมงคล คราพันธ์ (Namwong & Khathaphan, 2017) อย่างไรก็ตาม พบว่าโดยส่วนใหญ่ ตัวประสานที่ใช้คือ แป้งมัน และกากน้ำตาล (Sangsuk, Buathong, & Suebsiri, 2020) ทั้งนี้จากการศึกษา ยังพบว่าน้ำมันยางนาถูกนำมาใช้เป็นน้ำมันไบโอดีเซล เนื่องจากให้ค่าความร้อนสูงเทียบเท่ากับน้ำมันดีเซล นอกจากนี้ยังมีความเหนียว โดยพบว่าคุณสมบัติของน้ำมันยางนาก่อนสกัดนั้นจะมีทั้งคุณสมบัติการยึดเกาะ และให้ค่าความร้อนที่ค่อนข้างสูง

จากเหตุผลข้างต้น งานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะนำน้ำมันยางนาเป็นตัวประสาน เพราะคาดว่าด้วย คุณสมบัติทางความร้อนของน้ำมันยางนา จะสามารถช่วยเพิ่มค่าความร้อน ตลอดจนส่งผลที่ดีต่อประสิทธิภาพ การใช้ความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งได้ โดยเชื้อเพลิงอัดแท่งในงานวิจัยนี้จะทำมาจากขี้เลื่อยเผา ใช้ตัว ประสาน 3 ชนิด ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง กากน้ำตาล และ น้ำมันยางนา ตามลำดับ พร้อมทั้งทำการ เปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขี้เลื่อยเผาได้แก่ ความหนาแน่น ความแข็งแรงทางแรงกด ค่าความร้อน ตลอดจนประสิทธิภาพการใช้ความร้อน ตามลำดับ

เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแข็งชนิดสกรูอัดเย็น

เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแข็งชนิดสกรูอัดเย็นที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้ มีขนาดโดยรวม กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 65 เซนติเมตร x 95 เซนติเมตร x 105 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 1 และ รูปที่ 2 ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับ 1 เฟส ขนาด 3 แรงม้า รอบการทำงานสูงสุด 1,475 รอบต่อนาที มีขนาดรัศมีเพลากลาง 20 มิลลิเมตร ขนาดรัศมีเกลียวป้อน 25 มิลลิเมตร และขนาดระยะพิตช์เกลียวป้อน 50 มิลลิเมตร กระบวนการอัด ขี้เลื่อยให้เป็นแท่งที่มีความยาวเฉลี่ยประมาณ 10 เซนติเมตร จะใช้เวลาประมาณหนึ่งนาที (Tippayawong, Santiteerakul, Ramingwong, & Tippayawong, 2019)



รูปที่ 1 ผังแสดงองค์ประกอบของเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงชนิดสกรูอัดเย็น



รูปที่ 2 เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงชนิดสกรูอัดเย็น

วัตถุดิบ

ชีวมวลที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้คือ ขี้เลื่อย (sawdust) เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลที่ได้จากโรงงานแปรรูปไม้เหมาะสำหรับการใช้ในเตาเผา ในโรงงานอุตสาหกรรม และเป็นวัตถุดิบที่ใช้ผลิตชีวมวลอัดแท่ง โดยคุณสมบัติเบื้องต้น ของขี้เลื่อย จะนำไปใช้ทำความสะอาดคราบน้ำมัน คลุมแทนหญ้า ใช้ทำความสะอาดที่อยู่ของสัตว์เลี้ยง เป็นเชื้อไฟ และเหมาะสำหรับปลูกต้นไม้ อุดโพรงไม้ ข่าวซพีซ เป็นต้น คุณสมบัติโดยทั่วไปของขี้เลื่อยเป็นดังนี้ (Srinoun & Chainawa, 2018)

1. ค่าความร้อน (heating value) ไม่ต่ำกว่า 2,600 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม
2. ความชื้น (moisture) ประมาณ 42 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
3. ขี้เถ้า (ash) น้อยกว่า 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

จากคุณลักษณะของขี้เลื่อยเมื่อนำมาอัดขึ้นรูปโดยตรงต้องใช้แรงอัดสูง และมีต้นทุนที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นการแปรรูปขี้เลื่อยจึงมักใช้ตัวประสานเข้ามาช่วยในการยึดเกาะเพื่อช่วยลดขนาดของแรงอัดที่จำเป็นต้องใช้ นอกจากนี้ตัวประสานยังช่วยให้แท่งเชื้อเพลิงแข็งที่ได้ไม่เกิดการแตกหักได้ง่ายอีกด้วย

ตัวประสาน

ตัวประสานที่ใช้สำหรับการเตรียมแท่งเชื้อเพลิงจากขี้เลื่อยเผาในงานวิจัยนี้มี 3 ชนิด ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง กากน้ำตาล และน้ำมันยางนา โดยตัวประสานชนิดแป้งมันสำปะหลัง และกากน้ำตาล นั้นมีคุณสมบัติในการยึดเกาะเป็นอย่างดี และมีการใช้อย่างแพร่หลาย แต่ตัวประสานชนิด น้ำมันยางนานั้นจากการศึกษาพบว่ายังไม่มีมีการนำมาทดลองใช้เป็นตัวประสานของเชื้อเพลิงอัดแท่งมาก่อน ซึ่งคุณสมบัติของน้ำมันยางนา มีความสามารถในการยึดเกาะได้ดีเหมือนกับตัวประสานทั้งสองที่กล่าวมาข้างต้น แต่มีค่าความร้อนที่สูงกว่า ซึ่งคาดว่าจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ความร้อนให้กับเชื้อเพลิงอัดแท่งได้

คุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

คุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย ความหนาแน่น ความแข็งแรงทางแรงกด และค่าความร้อน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขี้เลื่อยเผาแนะนำเสนอในหน่วยกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรสามารถคำนวณได้จากสมการ (1) เมื่อ m คือ มวลรวมของเชื้อเพลิงมีหน่วยเป็นกิโลกรัม และ v คือปริมาตร

รวมของแท่งเชื้อเพลิงหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร กฤษฎา นามวงศ์ และมงคล คราพันธ์ (Namwong & Khathaphan, 2017)

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

ความแข็งแรงทางแรงกดของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

เป็นการทดสอบการตอบสนองของวัสดุเมื่อมีแรงกด (compressive force) โดยเครื่อง (ESSOM educational universal testing machine.20kN model tm 112) มาทดสอบการกระทำกับวัตถุ โดยการนำวัตถุที่จะทดสอบมาวางไว้ในแท่นแรงกดเพื่อวัดความแข็งแรงทางแรงกดของวัตถุนั้นในที่นี่จะใช้ในการทดสอบเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตได้โดยจะเป็นวิธีที่ใช้การที่ใช้วิเคราะห์เนื้อสัมผัส (texture analysis) วัตถุโดยใช้แรงกดหรือแรงอัดในแนวตรง ทำให้วัสดุเปลี่ยนรูปร่าง (deformation) มีความสูงหรือ ความยาวหดสั้นเข้าตามทิศทางของแรงที่กระทำได้ นำค่าที่ได้ไปใช้ในสมการ โดยในสมการนี้จะให้ F คือแรงต้านภายในมีหน่วยเป็น ปาสคาล และ A คือพื้นที่หน้าตัดของเชื้อเพลิงอัดแท่ง มีหน่วยเป็นตารางเมตร วรรณญา เทพสาสนกุล, วรรณญา ธรรมชาติ และอักรินทร์ อินทนิเวศน์ (Thepsaskul, Thammachat, & Intaniwet, 2016)

$$\sigma_C = \frac{F}{A} \quad (2)$$

ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง เป็นสมบัติทางความร้อน หาได้โดยการนำเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้มาหาค่าความร้อนทางเชื้อเพลิง โดยใช้เครื่องวิเคราะห์พลังงานความร้อน (ESSOM oxygen bomb calorimeter) ตามมาตรฐาน ASTM ART.2060/2070 โดยเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผ่านตะแกรงร่อนจำนวนประมาณ 1 กรัม ใส่ในแคปซูลนำแคปซูลใส่ลงในบอมบ์ ร้อยลวด (fuse wire) ยาวประมาณ 10 เซนติเมตร ทำการปิดบอมบ์แล้วเติมออกซิเจน 25-35 ความดันบรรยากาศ จากนั้นไล่แก๊สออก เติมออกซิเจนเข้าไปในใหม่อีกครั้งเพื่อไล่อากาศในบอมบ์ออก ใส่บอมบ์ลงในแคลอรีมิเตอร์บัคเก็ต (calorimeter bucket) ซึ่งอยู่ในแจ็กเก็ต (jacket) ต่อวงจรสำหรับการฟิวส์ (fuse) และใบกววน เติมน้ำกลั่นประมาณ 2 ลิตร ลงในบัคเก็ต ปิดฝาแคลอรีมิเตอร์ แล้วหย่อนเทอร์โมมิเตอร์ลงไป เริ่มกววนใบกววนให้อุณหภูมิคงที่รอประมาณ 5 นาที เมื่อถึงที่สมดุล ให้เริ่มอ่านอุณหภูมิทุก ๆ 1 นาที นาน 5 นาที กดปุ่มอิกลิชัน (Ignition) เริ่มเกิดการเผาไหม้ในนาทีที่ 6 บันทึกอุณหภูมิและเวลาที่อ่านค่า (อ่านทุก 15 วินาที หรือทุก 30 วินาที) ในช่วงที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จากนั้นอ่านทุกๆ 1 นาที อ่านต่อไปใช้เวลาทั้งหมดประมาณ 18-20 นาที อุณหภูมิจะเริ่มคงที่ ให้บันทึกอุณหภูมิที่คงที่ติดต่อกัน 5 นาที หยุดใบกววนแล้วปิดฝาแคลอรีมิเตอร์ ยกบอมบ์ออก ค่อยๆ ปล่อยความดันในบอมบ์ให้ลดลงจนไม่มีเสียงอากาศออกข้างภายในบอมบ์ด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด เก็บน้ำที่ล้างทั้งหมดไว้ในบีกเกอร์ แล้วนำไปไทเทรตกับ 0.0725 นอร์มอล (N) โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ใช้ เมทิลเรด (methylred) หรือเมทิล ออเรนจ์ (methyl orange) เป็นอินดิเคเตอร์นำสารละลายที่ไทเทรตแล้วไปหาปริมาณ (Ranaivoson, Rakouth, Buerkert, & Brinkmann, 2017)

ประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อน

เป็นการทดสอบการให้ความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลที่เผาไหม้ในเตาประสิทธิภาพสูง ในการศึกษาครั้งนี้ หลังจากที่ได้ตากแห้งแท่งเชื้อเพลิงจนแห้งดีแล้ว จึงนำมาทดสอบโดยนำตัวอย่างในแต่ละอัตราส่วนที่ได้กำหนดไว้แล้วมาอย่างละ 250 กรัม และน้ำ 1,000 กรัม เผาแท่งเชื้อเพลิงในเตาประสิทธิภาพสูง

เพื่อต้มน้ำให้เดือด จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณในสมการโดยในสมการนี้จะให้ m_1 คือ น้ำหนักเริ่มต้นของน้ำมีหน่วยเป็นกรัม m_2 คือน้ำหนักที่เหลือของน้ำหน่วยเป็นกรัม c คือค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ L คือค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ M คือมวลของเชื้อเพลิงอัดแท่งเริ่มต้น T_1 คืออุณหภูมิของน้ำเริ่มต้น T_2 คืออุณหภูมิของน้ำสุดท้าย และ H คือ ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงแข็ง **อนุวัตร ศรีนวล และอัมพัลย์ ชัยนาวา** (Srinoun & Chainawa, 2018)

$$HU = \left[\frac{[m_1 c (T_2 - T_1)] + (m_1 - m_2) L}{MH} \right] \times 100 \quad (3)$$

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง ได้แก่ ความหนาแน่น ความแข็งแรงทางแรงอัด ค่าความร้อน และประสิทธิภาพการใช้ความร้อนเมื่อใช้ตัวประสานเป็น กากน้ำตาล แป้งมันสำปะหลัง และน้ำมันยางนา

ระเบียบวิธีวิจัย

กระบวนการในการดำเนินงานวิจัยขั้นตอนการศึกษาเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวลจากชี้เลี้ยงเหา ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงทดลอง

1. ขั้นตอนการศึกษาและรวบรวมข้อมูล

1.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลจาก หนังสือ ตำรา และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการการเพิ่มประสิทธิภาพของแท่งเชื้อเพลิงแข็ง วิธีการอัดแท่งเชื้อเพลิงแข็ง และผลการศึกษาการอัดแท่งเชื้อเพลิงชีวมวล

1.2 สรุปและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ค้นคว้ามา เพื่อใช้เป็นแหล่งข้อมูลอ้างอิงและแนวทางในการศึกษาทดลองอัดแท่งเชื้อเพลิงชีวมวล

1.3 วางโครงเรื่องและกำหนดรูปแบบการศึกษาเกี่ยวกับการทดลอง วัตถุประสงค์ที่ใช้และการวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ของพลังงานความร้อนที่ได้รับ เพื่อความสะดวกในการศึกษาและการเก็บตัวอย่างมาใช้ทดลองผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวล

2. ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

2.1 เตรียมวัสดุที่ใช้ทดลองคือ ชี้เลี้ยงจากนั้นนำชี้เลี้ยง โดยผ่านตะแกรงกรองแล้วนำไปใส่กระสอบเก็บไว้

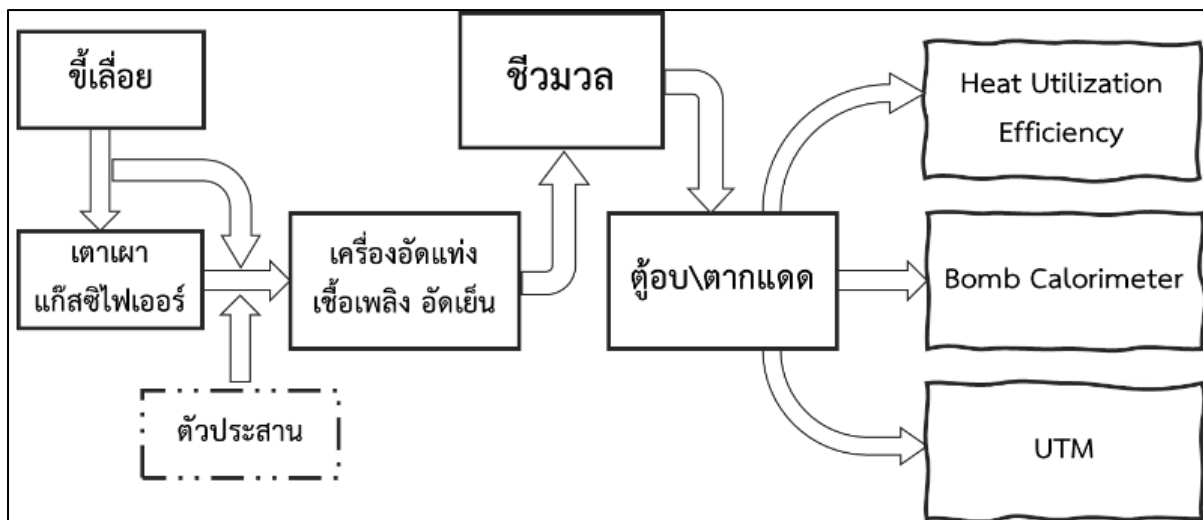
2.2 การทดลองครั้งนี้เป็นการอัดเชื้อเพลิงชีวมวลจากชี้เลี้ยงเหาที่ได้เตรียมไว้ โดยการอัดแบบใช้เครื่องอัดแบบอัดเย็น

2.3 การตากแดดและอบแท่งเชื้อเพลิง โดยวิธีคือ ตากแห้งและอบในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ให้แท่งเชื้อเพลิงได้รับความร้อนโดยตรงเพื่อเป็นการลดความชื้นในแท่งเชื้อเพลิง

2.4 วิเคราะห์คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของแท่งเชื้อเพลิง ได้แก่ ปริมาณความชื้น และค่าความร้อน และการทดสอบคุณภาพของเชื้อเพลิง ได้แก่ การหาประสิทธิภาพการใช้งานความร้อน

2.5 วิเคราะห์หาข้อมูลที่ได้จากการทดลอง โดยเป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบถึงความแตกต่างของเชื้อเพลิงที่อัดได้ พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับชีวมวลที่ใช้แป้งมันและกากน้ำตาลเป็นตัวประสาน

2.6 สรุปและเขียนรายงานการศึกษา



รูปที่ 3 ขั้นตอนการทดลอง

ในการทดลองอัดแท่งเชื้อเพลิงครั้งนี้ ได้มีการจัดรูปแบบการอัดแท่งเชื้อเพลิงแบบใช้ตัวประสาน โดยมีอัตราส่วนที่ใช้ผสมวัตถุดิบเป็นอัตราส่วนโดยมวล คือ ใช้เครื่องชั่งดิจิตอลและตราชั่ง เป็นเครื่องวัดตามอัตราส่วนที่กำหนด การใช้ตัวประสาน โดยการอัดแท่งเชื้อเพลิงที่ใช้วัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นเชื้อเพลิง โดยการนำชีเลื่อยเผา และตัวประสาน คือ น้ำแป้งมันสำปะหลัง กากน้ำตาล และน้ำมันยางนา ที่เตรียมไว้มาทำการชั่งมวลแล้วเทลงไปในกระบะผสมวัตถุดิบ จะได้วัตถุดิบเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งที่มีส่วนผสม ชีเลื่อยเผากับตัวประสานโดยมวลจำนวน 3 อัตราส่วน โดยมีอัตราส่วนผสมระหว่างตัวประสานกับน้ำเปล่าก่อนนำมาผสมกับชีเลื่อยเผาอยู่ที่ 60:40 อัดขึ้นรูปด้วยเทคนิคสกรูอัดแท่ง ด้วยความเร็วรอบของสกรูอัด 270 รอบต่อนาที โดยใช้อัตราส่วนผสมโดยมวลระหว่างตัวประสานกับชีเลื่อย 0.5:3, 0.5:5 และ 0.5:7 ตามลำดับ แท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากการอัด มีลักษณะเป็นแท่งทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 4 เซนติเมตร มีความยาวประมาณ 10 เซนติเมตร จากนั้นจึงนำแท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากการอัดขึ้นรูปไปอบในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ก่อนที่จะนำมาทดสอบเพื่อหาค่าคุณสมบัติต่างๆ ตลอดจนหาประสิทธิภาพการใช้ความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากชีเลื่อยเผาที่ได้ต่อไป

ผลการวิจัย

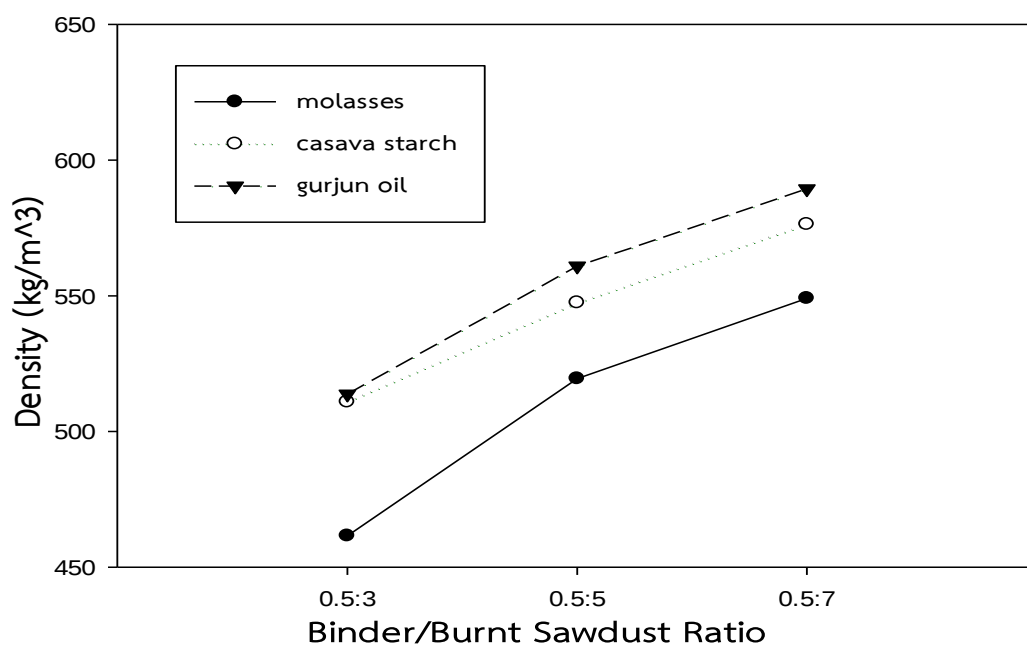
ผลจากการทดลองเพื่อศึกษาคุณสมบัติและประสิทธิภาพการใช้ความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากชีเลื่อยเผาเมื่อใช้ แป้งมันสำปะหลัง กากน้ำตาล น้ำมันยางนา เป็นตัวประสาน เป็นดังนี้

1. ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ผลจากการทดลองและการคำนวณหาค่าความหนาแน่นที่ได้จากเชื้อเพลิงอัดแท่งเมื่อใช้ตัวประสานเป็น กากน้ำตาล แป้งมันสำปะหลัง และน้ำมันยางนา ตามลำดับ พิจารณาอัตราส่วนโดยมวล (m/m) ตัวประสานต่อชีเลื่อยเผา 3 ค่า ได้แก่ 0.5:3 0.5:5 และ 0.5:7 ตามลำดับ ค่าความหนาแน่นที่ได้เป็นดังแสดงในตารางที่ 1 และรูปที่ 4

ตารางที่ 1 ค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

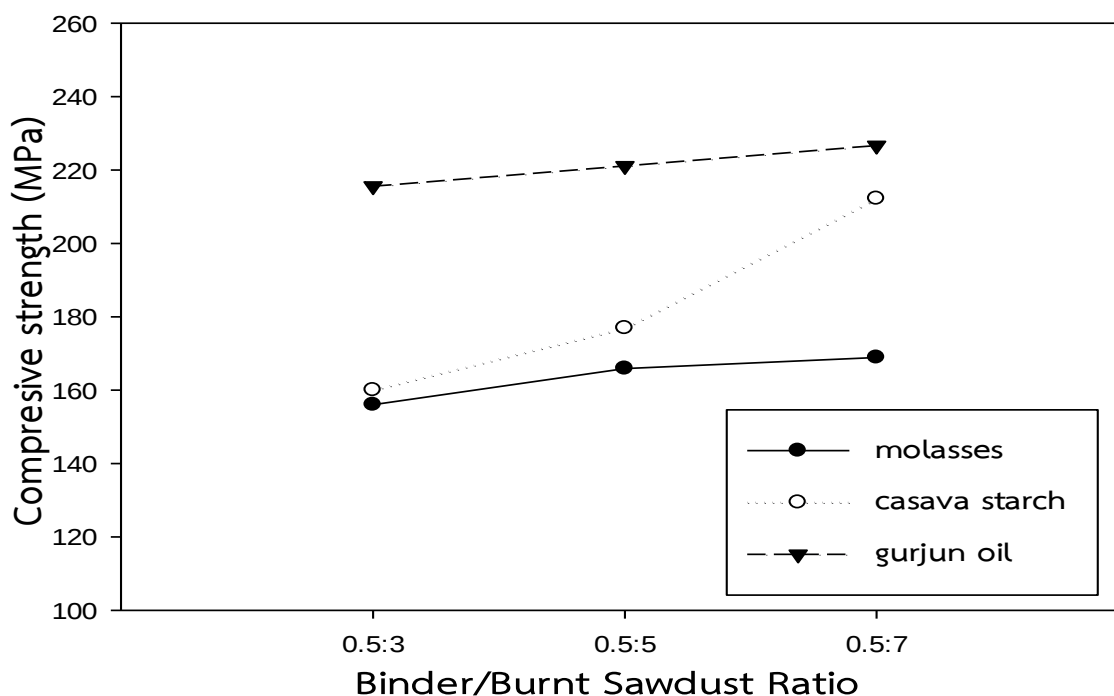
อัตราส่วนตัวประสาน: ซีลี้อยเผา (m/m)	ตัวประสาน	ความหนาแน่น (kg/m ³)	ความแข็งแรงทาง แรงอัด (MPa)	ค่าความร้อน (MJ/kg)	ประสิทธิภาพการ ใช้ความร้อน (%)
0.5:3	กากน้ำตาล	461.53	156.00	14.18	16.57
	แป้งมัน	510.86	160.00	14.40	16.69
	น้ำมันยางนา	513.75	215.63	14.93	19.73
0.5:5	กากน้ำตาล	519.48	165.87	15.23	17.02
	แป้งมัน	547.49	176.93	15.36	16.77
	น้ำมันยางนา	561.01	221.16	16.27	19.94
0.5:7	กากน้ำตาล	549.11	168.87	15.68	17.17
	แป้งมัน	576.39	212.22	16.42	17.61
	น้ำมันยางนา	589.46	226.69	16.88	20.25



รูปที่ 4 ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ผลลัพธ์จากตารางที่ 1 และรูปที่ 4 แสดงให้เห็นว่า เมื่อเพิ่มปริมาณของซีลี้อยเผาจาก 3 กิโลกรัม เป็น 5 กิโลกรัม ส่งผลให้ค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงอัดแท่งสูงขึ้นอย่างชัดเจน และเมื่อเพิ่มปริมาณซีลี้อยเผาเป็น 7 กิโลกรัม พบว่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงอัดแท่งยังมีแนวโน้มสูงขึ้น แต่อัตราการเพิ่มขึ้นมีค่าต่ำลงเล็กน้อย นอกจากนี้ ยังพบว่าเมื่อพิจารณาที่อัตราส่วนผสมเดียวกัน ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้ตัวประสานเป็นน้ำมันยางนา มีค่าสูงกว่าความหนาแน่นเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน (SS187178) ทุกอัตราส่วน และเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้ตัวประสานเป็น แป้งมันสำปะหลัง และกากน้ำตาล ตามลำดับ โดยความหนาแน่นของเชื้อเพลิงอัดแท่งสูงสุดมีค่าเท่ากับ 589.46 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เป็นค่าที่ได้จากเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้ น้ำมันยางนาเป็นตัวประสาน ด้วยอัตราส่วนโดยมวลตัวประสานต่อซีลี้อยเผา 0.5:7 และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 461.53 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เป็นค่าที่ได้จากเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสานที่อัตราส่วนตัวประสานต่อซีลี้อยเผา 0.5:3 ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้นี้พบว่ามีค่าสอดคล้องกับงานวิจัยในอดีต

2. ความแข็งแรงทางแรงอัดของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

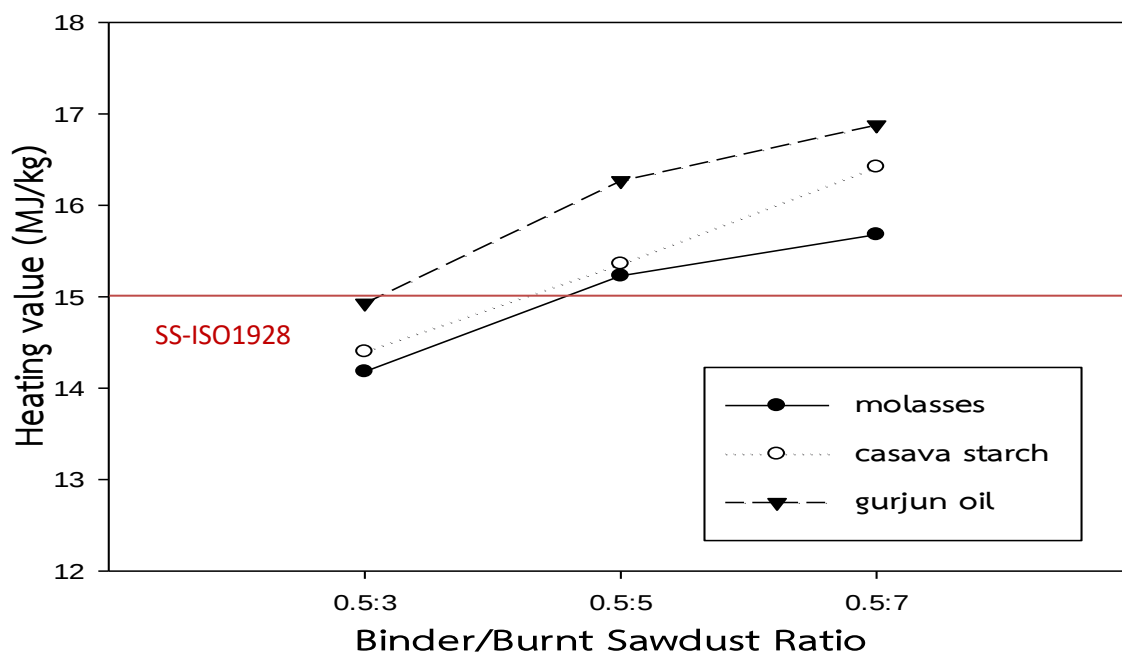


รูปที่ 5 ความแข็งแรงทางแรงอัดของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

พิจารณารูปที่ 5 จะเห็นว่า ปริมาณซีเมนต์ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความแข็งแรงทางแรงอัดของเชื้อเพลิงอัดแท่งสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย ยกเว้นกรณีทดสอบเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวยึด โดยเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมันสำปะหลังจาก 5 กิโลกรัม เป็น 7 กิโลกรัม พบว่าส่งผลให้ความแข็งแรงของเชื้อเพลิงอัดแท่งสูงขึ้นค่อนข้างมาก โดยจะสังเกตได้จากเส้นกราฟที่มีความชันมากกว่ากรณีอื่นๆ ซึ่งคาดว่าอาจจะเป็นเพราะคุณสมบัติของแป้งมันที่มีความเหนียวหนืด กว่าตัวยึดสองชนิดทำให้เกิดการเกาะยึดที่ดี ส่งผลต่อความแข็งแรงที่มากขึ้นตามไปด้วย อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาค่าตัวเลขดังตารางที่ 1 จะเห็นว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งจากซีเมนต์ที่ใช้น้ำมันยางนาเป็นตัวยึดยังคงส่งผลให้ความแข็งแรงทางแรงอัดสูงกว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งจากซีเมนต์ที่ใช้ตัวยึดเป็นแป้งมันสำปะหลังและกากน้ำตาลในทุก ๆ กรณีทดสอบ โดยมีค่าสูงสุดที่ 226.69 เมกะปาสกาล ที่อัตราส่วนโดยมวลตัวยึดต่อซีเมนต์ 0.5:7 และมีค่าความแข็งแรงทางแรงอัดต่ำสุดในกรณีเชื้อเพลิงอัดแท่งใช้ตัวยึดเป็นกากน้ำตาล ในอัตราส่วนตัวยึดต่อซีเมนต์ 0.5:3 โดยมีค่าเท่ากับ 156 เมกะปาสกาล

3. ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ผลการทดสอบหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากซีเมนต์ด้วยเครื่องวิเคราะห์พลังงานความร้อน (ESSOM oxygen bomb calorimeter) ตามมาตรฐาน ASTM ART.2060/2070 แสดงไว้ในตารางที่ 1 และรูปที่ 6 ตามลำดับ

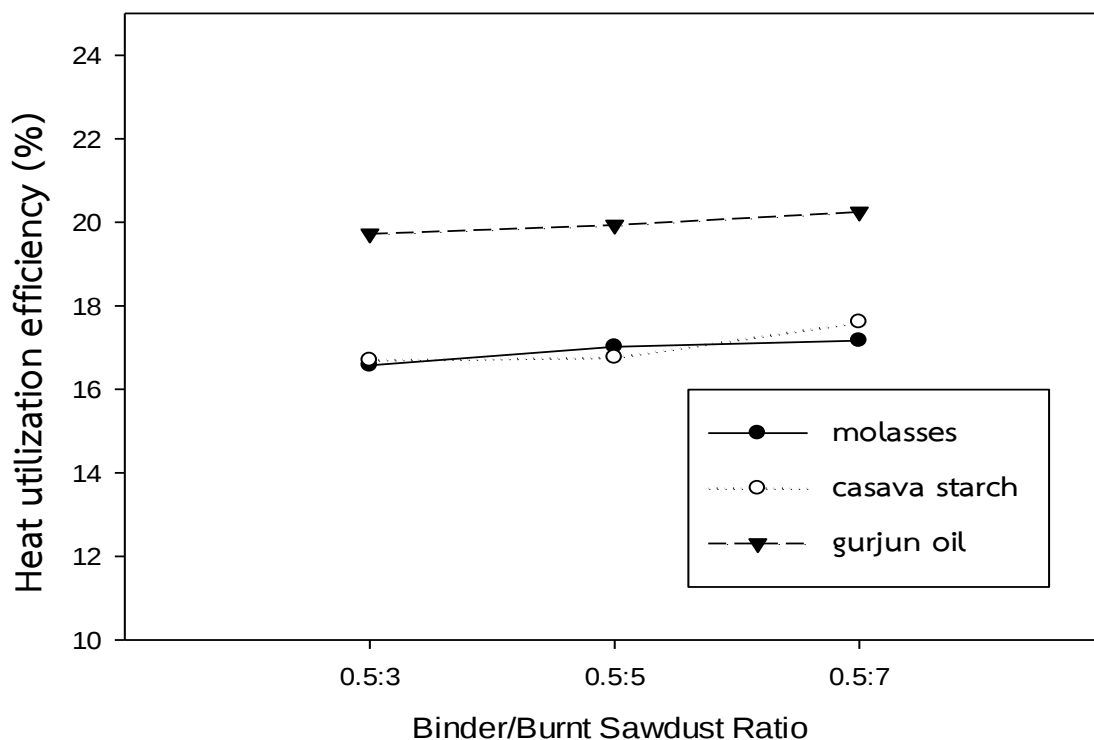


รูปที่ 6 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

จากรูปที่ 6 จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มปริมาณชีเลื่อยเผาจาก 3 กิโลกรัม เป็น 5 และ 7 กิโลกรัม ส่งผลให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากชีเลื่อยเผามีค่าสูงขึ้น โดยเฉพาะในกรณีที่ใช้ตัวประสานเป็นแป้งมันสำปะหลังนั้นมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นเกือบจะเป็นเชิงเส้น ส่วนในกรณีเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้ตัวประสานเป็นกากน้ำตาลและน้ำมันยางนั้นมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่าความร้อนลดลงเล็กน้อยเพื่อเพิ่มปริมาณชีเลื่อยเผาจาก 5 กิโลกรัม เป็น 7 กิโลกรัม และพบผลลัพธ์ในทำนองเดียวกันกับผลลัพธ์ก่อนหน้านี้คือเชื้อเพลิงอัดแท่งจากชีเลื่อยเผาที่ใช้ตัวประสานเป็นน้ำมันยางจะมีค่าความร้อนสูงกว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้ตัวประสานอีกสองชนิดที่เหลือในทุก ๆ กรณี และเมื่อเทียบกับมาตรฐาน (SS-ISO1928) พบว่าที่อัตราส่วนโดยมวล ตัวประสาน:ชีวมวล ที่ 0.5:5 และ 0.5:7 มีค่าสูงกว่าทุกตัวประสาน โดยค่าสูงสุดของความร้อนจะเกิดขึ้นที่อัตราส่วนของตัวประสานต่อชีเลื่อยเผาเป็น 0.5:7 จากผลลัพธ์ในครั้งนี้ ค่าความร้อนสูงสุดได้จากเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้น้ำมันยางเป็นตัวประสานมีค่าเท่ากับ 16.88 เมกะจูลต่อกิโลกรัม และค่าความร้อนต่ำสุดได้จากเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสานมีค่าเท่ากับ 14.18 เมกะจูลต่อกิโลกรัม

4. ประสิทธิภาพการใช้ความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ประสิทธิภาพการใช้ความร้อนเป็นตัวแปรที่สำคัญในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยสามารถทำได้ด้วยการนำเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้ไปต้มน้ำเดือดซึ่งมีขั้นตอนพร้อมทั้งสมการในการคำนวณแสดงไว้ในหัวข้อ 2.4 ผลลัพธ์ที่ได้ถูกนำเสนอแสดงในตารางที่ 1 และรูปที่ 7 ตามลำดับ



รูปที่ 7 ประสิทธิภาพการใช้ความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

จากรูป 7 จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า ประสิทธิภาพการใช้ความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขี้เลื่อยเผาที่ใช้ไขมันยางนาเป็นตัวประสานมีค่าสูงที่สุด และสูงกว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้ตัวประสานอีกสองชนิดอย่างชัดเจน และแนวโน้มของค่าประสิทธิภาพการใช้ความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้ตัวประสานทั้ง 3 ชนิด มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อเพิ่มปริมาณขี้เลื่อยเผา และที่ตัวประสานไขมันยางนามีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับงานวิจัยที่สอดคล้องกัน (Srinoun & Chainawa, 2018) แต่ตัวประสานอีกสองชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน โดยประสิทธิภาพการใช้ความร้อนสูงสุดมีค่าเท่ากับ 20.25 เปอร์เซ็นต์ ที่อัตราส่วนตัวประสานต่อขี้เลื่อยเผาเท่ากับ 0.5:7 และต่ำสุดเท่ากับ 16.57 เปอร์เซ็นต์ ที่เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีอัตราส่วนตัวประสานต่อขี้เลื่อยเผา 0.5:3 จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของประสิทธิภาพการใช้ความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขี้เลื่อยเผาเมื่อใช้ไขมันยางนามีค่าสูงกว่าถึง 2.64 ถึง 3.08 เปอร์เซ็นต์ เทียบกับกรณีใช้กากน้ำตาลและแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วนตัวประสานต่อขี้เลื่อยเผาที่เท่ากัน

อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของการใช้ความร้อนนั้นจะมีปัจจัยหลายอย่างร่วมกัน เช่น ความหนาแน่นส่งผลให้ประสิทธิภาพการใช้ความร้อนต่อหน่วยเพิ่มขึ้น ค่าความร้อนที่มากไปจะทำให้เชื้อเพลิงไวไฟทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนลดลง ดังนั้นหากต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งควรหาแนวทางเพิ่มคุณสมบัติทั้งทางด้านกายภาพและความร้อนที่เหมาะสม

สรุปและอภิปรายผล

จากการทดสอบหาค่าคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง ได้แก่ ความหนาแน่น ความแข็งแรงทางแรงอัด และค่าความร้อน ตลอดจนหาค่าประสิทธิภาพการใช้ความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขี้เลื่อยเผาที่อัตราส่วนโดย

มวลของตัวประสานต่อเชื้อเพลิง 3 ค่า ได้แก่ 0.5:3, 0.5:5 และ 0.5:7 ตามลำดับ โดยใช้ตัวประสาน 3 ชนิด ได้แก่ กากน้ำตาล แป้งมันสำปะหลัง และน้ำมันยางนา สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. เมื่อพิจารณาในทุก ๆ คุณสมบัติตลอดจนประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเชื้อเพลิงเผาพบว่าน้ำมันยางนาเป็นตัวประสานที่ดีที่สุด โดยสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเชื้อเพลิงเผาได้เฉลี่ย 2.64 ถึง 3.08 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับแป้งมัน และกากน้ำตาลเป็นตัวประสานในอัตราส่วนที่เท่ากัน

2. อัตราส่วนโดยมวลตัวประสานต่อเชื้อเพลิงที่ดีที่สุดต่อทุก ๆ คุณสมบัติตลอดจนประสิทธิภาพการใช้ความร้อนคือ 0.5:7

3. ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงอัดแท่งเมื่อใช้ตัวประสานกากน้ำตาล แป้งมันสำปะหลัง และน้ำมันยางนาสูงสุดเกิดขึ้นที่อัตราส่วนตัวประสานต่อเชื้อเพลิงเผา 0.5:7 และมีค่าเท่ากับ 549.11, 576.39 และ 589.46 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

4. ความแข็งแรงทางแรงอัดของเชื้อเพลิงอัดแท่งเมื่อใช้ตัวประสานกากน้ำตาล แป้งมันสำปะหลัง และน้ำมันยางนามีค่าสูงสุดอยู่ที่ 168.87, 212.22 และ 226.69 เมกะปาสคาล ตามลำดับ

5. ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งเมื่อใช้ตัวประสานเป็นกากน้ำตาล แป้งมันสำปะหลัง และน้ำมันยางนาสูงสุดอยู่ที่ 15.68, 16.42 และ 16.88 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

6. ประสิทธิภาพการใช้ความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งเมื่อใช้ตัวประสานเป็นกากน้ำตาล แป้งมันสำปะหลัง และน้ำมันยางนาสูงสุดอยู่ที่ 17.17, 17.61 และ 20.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

1. ในการทดลองยังไม่สามารถควบคุมการอัดของสกรูอัดได้ทำให้ใช้เวลาอัดที่ไม่คงที่ ถ้าสามารถควบคุมได้ผลการทดลองมีความสมบูรณ์มากกว่านี้
2. ควรจะมีการเพิ่มเติมระบบกวนวัตถุดิบบริเวณฮอปเปอร์เข้าไปในตัวเครื่องด้วยเพื่อให้่ายต่อการผสม
3. ควรมีการปรับปรุงชุดอุปกรณ์ปากกระบอกอัดเพื่อ่ายต่อการอัดมากยิ่งขึ้น

References

- Amarasekara, A., Tanzim, F. S., & Asmatulu, E. (2017). Briquetting and carbonization of naturally grown algae biomass for low-cost fuel and activated carbon production. *Fuel*, 206, 612-617. doi:10.1016/j.fuel.2017.07.034
- Counaphonviwat, T., Sawadkit, A., Gunha, J., Ratanasangwong, P., & Phankong, W. (2007). A study of the Possibility in Producing Biodiesel from Rubber Tree Oil. *Proceedings of the 21 National Mechanical Engineering Conference*. Chonburi. Retrieved from <https://dspace.spu.ac.th/handle/123456789/162> (In Thai)
- Department of Alternative Energy Development and Efficiency. (2017). *Energy situation, Thailand*. Retrieved March 26, 2020, from http://www.dede.go.th/download/state_61/frontpagejan_nov60.pdf
- Faizal, M. (2017). Utilization of biomass and coal mixture to produce alternative solid fuel for reducing emission of greenhouse gas. *International Journal of Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 3(2), 950-956. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/317853122>

- Namwong, K., & Khathaphan, M. (2017). Design and development of a briquette machine for briquettes production from dried neem leaves and burned sawdust. *Proceedings of the 31st National Mechanical Engineering Conference*, (pp. 65–73). Nakhonnayok. Retrieved from <https://www.tsme.org/index/phocadownload/MENETT31/AEC/aec06.pdf> (In Thai)
- Nomura, S. (2016). Coal briquette carbonization in a slot-type coke oven. *Fuel*, 185, 649–655. doi:10.1016/j.fuel.2016.08.031
- Ranaivoson, T., Rakouth, B., Buerkert, A., & Brinkmann, K. (2017). Wood biomass availability for smallholder charcoal production in dry forest and savannah ecosystems of south-western Madagascar. *Fuel*, 146, 86–94. doi:10.1016/j.fuel.2017.03.026
- Sangsuk, S., Buathong, C., & Suebsiri, S. (2020). High-energy conversion efficiency of drum kiln with heat distribution pipe for charcoal and biochar production. *Energy for Sustainable Development*, 59, 1–7. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0973082620302891>
- Srinoun, A., & Chainawa, A. (2018). A study of fuel briquettes from Casuarina junghuhniana Miq. leaf-lignite blends. *Kasem Bundit Engineering Journal*, 8(1), 128–151. Retrieved from <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/kbej/article/view/133128> (In Thai)
- Tangmankongworakoon, N. (2014). The Production of Fuel Briquettes from Bio-agricultural Wastes and Household Wastes. *Srinakharinwirot University Journal of Sciences and Technology*, 6(11), 66–77. Retrieved from <https://ejournals.swu.ac.th/index.php/SWUJournal/article/view/4488> (In Thai)
- Thepsaskul, W., Thammachat, W., & Intaniwet, A. (2016). Investigation of coconut shell carbonization fuel briquettes fabrication. *12th Conference on Energy*, pp. 610–618 (In Thai).
- Tippayawong, K. Y., Santiteerakul, S., Ramingwong, S., & Tippayawong, N. (2019). Cost analysis of community scale smokeless charcoal briquette production from agricultural and forest residues. *Energy Procedia*, 160, 310–316. doi:10.1016/j.egypro.2019.02.162