การศึกษาเชื้อเพลิงอัดแท่งจากใบสนประดิพัทธ์ผสมถ่านหินลิกไนต์

A STUDY OF FUEL BRIQUETTES FROM CASUARINA JUNGHUHNIANA MIQ. LEAF - LIGNITE BLENDS

อนุวัตร ศรีนวล[1] และ อัมพวัลย์ ชัยนาวา[2]
[1]อาจารย์, สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 128 ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300, Srinoun2006@gmail.com
[2]นักวิจัย, สาขาวิชาวิศวกรรมเหมืองแร่, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 128 ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300, Yam.ampawan@gmail.com

Anuwat Srinoun[1] and Ampawan Chainawa[2]
[1]Lecturer, Department of Mechanical Technology., Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna 128 Huaykaew Rd, Tambon Chang Phueak, Amphoe Mueang Chiang Mai, Chiang Mai 50300, Thailand, Srinoun2006@gmail.com.
[2]Researcher, Department of Mining Engineering., Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna 128 Huaykaew Rd, Tambon Chang Phueak, Amphoe Mueang Chiang Mai, Chiang Mai 50300, Thailand, Yam.ampawan@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของสัดส่วนผสมระหว่างถ่านหินลิกไนต์และใบสนประดิพัทธ์ สำหรับการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งรูปทรงกระบอกกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 3.5 ซม ภายใน 10 ซม. และยาว 10 ซม. โดยการใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่มีความเข้มข้น 0%, 1%, 3%, 5% และ 7% w/v เป็นตัวประสานระหว่างถ่านหินลิกไนต์และใบสนที่มีอัตราส่วน 100:0, 90:10, 70:30 และ 50:50 w/w โดยการศึกษานี้คำนึงถึงสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความทนแรงอัด ค่าความหนาแน่น ค่าอัตราการแตกตัว ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง และประสิทธิภาพการใช้งานเชิงความร้อน ผลการศึกษาพบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งตามสัดส่วน 70:30 และตัวประสานความเข้มข้น 1% มีคุณสมบัติตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ที่ให้ค่าความร้อน 5,322.25 แคลอรีต่อกรัม ค่าความหนาแน่น 0.78 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าอัตราการแตกตัว 0.46 และค่าความทนแรงอัด 0.83 เมกะปาสคาล นอกจากนั้นยังพบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งในสัดส่วนดังกล่าวมีความสามารถในการติดไฟง่ายกว่าส่วนผสมที่สัดส่วน 90:10 และ 50:50 และให้เปลวไฟสูงปานกลางสีส้มที่ลุกไหม้เร็ว โดยใช้เวลาในการเผาไหม้ทั้งหมด 74 นาที ให้ค่าความร้อนจากการ

เผาไหม้หรือจากการใช้งาน 643.01 แคลอรีต่อกรัม มีปริมาณเถ้า 31.44 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าประสิทธิภาพการใช้งานเชิงความร้อน 34.62 เปอร์เซ็นต์
คำสำคัญ : เชื้อเพลิงอัดแท่ง, โซเดียมไฮดรอกไซด์

ABSTRACT

This research aims to study the optimistic ratio between lignite powder and dried casuarina junghuhniana miq. leaf to make compound briquettes. The briquettes were made to have 3.5 cm outside diameter, 10 cm inside diameter and 10 cm long. Lignite powder and dried casuarinas leaf were blended using sodium hydroxide solvent with concentration of 0%, 1%, 3%, 5% and 7% w/v respectively. The ratios between lignite power and dried casuarina junghuhniana miq. leaf implemented in this study were 100:0, 90:10, 70:30 and 50:50 w/w. The physical properties of the briquettes focused in this study are compressive strength, density, shatter index, calorific value and thermal efficiency. The results showed that the ratio of 70:30 with 1% concentrate solvent was found to produce output corresponding to the Thai Community Product Standard. It gives 5,322.25 cal/gram calorific value, density of 0.78 gram/cm^3, 0.46 shatter index and compressive strength of 0.83 Mpa. In addition, it was found that the briquettes obtained from this ratio were set on fire easier than those with the ratios of 90:10 and 50:50. It was found to produce the medium high orange flame with burning period of 74 minutes and burning calorific value of 643.01 cal/gram. After burning, ash content was found to be 31.44% and thermal efficiency of 34.62 %
KEYWORDS: Fuel Briquettes, Sodium Hydroxide

1. บทนำ

การไฟฟ้าฝ่ายผลิต อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง ที่เป็นหน่วยงานผลิตไฟฟ้าให้กับเขตภาคเหนือของประเทศ ซึ่งโรงไฟฟ้าได้มีขั้นตอนการผลิตไฟฟ้า โดยนำถ่านหินผ่านขบวนการต่างๆ จนกระทั่งนำไปเป็นเชื้อเพลิงสำหรับให้ความร้อนกับหม้อไอน้ำ [1] สำหรับกระบวนการเตรียมผงถ่านนั้นโดยเฉพาะในขั้นตอนการบดถ่านให้เป็นผงก่อนเข้าสู่กระบวนการเผาไหม้ถ่านหินลิกไนต์ เพื่อนำความร้อนไปต้มน้ำให้กลายไอนั้น แต่มีถ่านหินลิกไนต์บางส่วนที่ไม่สามารถบดย่อยได้ หรือที่เรียกว่า Coal Reject และเป็นถ่านหินลิกไนต์ที่ไม่สามารถใช้ผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าได้

สำหรับต้นสนที่มีอยู่ใน อ.แม่เมาะและในพื้นที่ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ซึ่งการไฟฟ้าฝ่ายผลิตที่เหมืองแม่เมาะได้ปลูกทดแทนจากการทำเหมือง เพื่อช่วยเพิ่มพื้นที่สีเขียวให้มากยิ่งขึ้น ประกอบกับ

ใบสนประดิพัทธ์ที่มีจำนวนมากขึ้นและเริ่มเป็นปัญหาให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตที่เหมืองแม่เมาะ เพราะใบสนที่ร่วงหล่นทุกวันที่มีจำนวนมาก ทำให้การไฟฟ้าต้องนำไปทำลายโดยเปล่าประโยชน์

ด้วยเหตุนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำ Coal Reject หรือถ่านลิกไนต์ที่ไม่สามารถใช้ผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า และใบสนประดิพัทธ์ที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก นำมาศึกษาและผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากใบสนประดิพัทธ์ผสมถ่านหินลิกไนต์ในอัตราส่วนต่างๆ ซึ่งจะใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ในการย่อยใบสนประดิพัทธ์ เพื่อให้องค์ประกอบในชีวมวลของใบสนประดิพัทธ์ ทำหน้าที่เป็นตัวประสานให้ส่วนผสมจับตัวกัน [2-5] ซึ่งใช้แคลเซียมออกไซด์ (CaO) เป็นตัวจับซัลเฟอร์ในถ่านหินลิกไนต์ [6] และใช้โซเดียมไนเตรท ($NaNO_3$) ในการช่วยทำให้ติดไฟง่ายขึ้น เนื่องจากถ่านหินลิกไนต์ติดไฟยาก [7] จากนั้นนำเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้ทำการทดสอบคุณสมบัติต่างๆ เพื่อที่จะทราบถึงผลของความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ใช้ในการเตรียมตัวประสานใบสนประดิพัทธ์ต่อสมบัติทางกายภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่ง อัตราส่วนของถ่านหินลิกไนต์ต่อตัวประสานใบสนประดิพัทธ์ที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงอัดแท่ง ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 238/2557) ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัย เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของสัดส่วนผสมระหว่าง ถ่านหินลิกไนต์และใบสนประดิพัทธ์ สำหรับการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งรูป ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.238/2557) อีกทั้งในอนาคตอาจจะนำใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งในครัวเรือนอาจขยายผลไปในเชิงพาณิชย์ อีกทั้งเป็นการนำใบสนและถ่านหินมาใช้ให้เกิดประโยชน์ รวมไปถึงการลดปริมาณในการใช้ถ่านหินจากการใช้ใบสนร่วมเป็นเชื้อเพลิงทดแทนการใช้เชื้อเพลิงจากถ่านไม้ ต่อไป

2. วิธีการดำเนินการ

2.1 การเตรียมตัวอย่าง

นำถ่านหินและใบสนมาตากแดดไล่ความชื้นประมาณ 1 สัปดาห์ จากนั้นนำถ่านหินมาบดด้วยเครื่องบดหยาบแบบ Jaw Crusher ยี่ห้อ FRITSCH รุ่น: 01.703 ปรับได้ 5 ระดับ (รูปที่ 1) เครื่องบดละเอียดแบบจาน (Disc Pulverizer) ยี่ห้อ BICO UA Pulverizer 3 HP รุ่น UA 53 (รูปที่ 2) ส่วนใบสนนำมาบดด้วยเครื่องบดแบบ Powder Crusher Machine ยี่ห้อ Saint Donkey รุ่น F-19ZS III ขนาด 100 kg/h (รูปที่ 3) จากนั้น คัดขนาดด้วยตะแกรงร่อนขนาด -18 เมช เพื่อนำไปอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิง และคัดขนาดด้วยตะแกรงร่อนขนาด - 60 เมช เพื่อนำไปวิเคราะห์แบบ Proximate Analysis และหาค่าความร้อนของถ่านหินและใบสน

ในการเลือกใช้ถ่านหินลิกไนต์และใบสนประดิพัทธ์ ที่มีขนาด -18 เมช เนื่องจากถ้าใช้ถ่านหินและใบสนที่มีขนาดเล็กกว่านี้ จะทำให้เกิดการฟุ้งกระจายเป็นผงฝุ่นง่าย แต่ถ้าขนาดใหญ่เกินไปก็จะทำให้การผสมกันของถ่านหินและใบสนได้ไม่ดี ซึ่งจะมีผลต่อการอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิง

รูปที่ 1 Jaw Crusher

รูปที่ 2 Disc Pulverizer

รูปที่ 3 Powder Crusher Machine

2.2 การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีแบบประมาณ (Proximate Analysis) [8, 9]

ความชื้น (ASTM D 3173) นำถ้วยครูซิเบิลไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบลมร้อน ยี่ห้อ BLUE M รุ่น OV-484A ความสามารถของตู้ 250 องศาเซลเซียส (รูปที่ 4) ใช้อบถ้วย

เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำไปทำให้เย็นโดยใส่ในโถดูดความชื้น 15 นาที ใส่ตัวอย่าง 1 กรัม บันทึกค่าเป็น W ลงในถ้วยครูซิเบิลแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกค่าเป็น W_1 นำไปอบในที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น 20 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกค่าเป็น W_2นำค่าที่ได้ไปหาร้อยละปริมาณความชื้น ได้จากสมการที่ 1

$$M = \frac{(W_1 - W_2) * 100}{W} \quad (1)$$

เถ้า (ASTM D 3174) นำถ้วยครูซิเบิลไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำไปทำให้เย็นโดยใส่ในโถดูดความชื้น 15 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกค่าเป็น W_4 ใส่ตัวอย่าง 1 กรัม บันทึกค่าเป็น W ลงในถ้วยครูซิเบิล จากนั้นนำไปเผาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ด้วยเตาเผาไฟฟ้า ขนาด 1500 องศาเซลเซียส (รูปที่ 6) แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น 20 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนักพร้อมถ้วยครูซิเบิล บันทึกค่าเป็น W_3 นำค่าที่ได้ไปหาร้อยละปริมาณเถ้า ได้จากสมการที่ 2

$$A = \frac{(W_3 - W_4) * 100}{W} \quad (2)$$

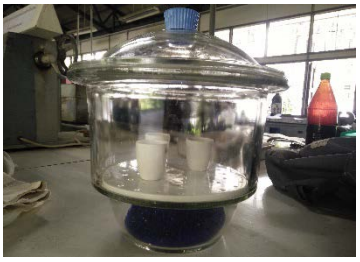
สารระเหย (ASTM D 3175) นำถ้วยครูซิเบิลพร้อมฝาปิดไปเผาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปทำให้เย็นโดยใส่ในโถดูดความชื้น 15 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกค่าเป็น W_5 ใส่ตัวอย่าง 1 กรัม บันทึกค่าเป็น W ลงในถ้วยครูซิเบิลแล้วนำไปเผาที่ตู้เผาไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วปล่อยไว้ในเตาเผาต่ออีก 7 นาที นำออกจากเตาเผา ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น 30 นาที แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกค่าเป็น W_6 นำค่าที่ได้ไปหาร้อยละปริมาณสารระเหย ได้จากสมการที่ 3

$$V = \frac{(W_5 - W_6) * 100}{W} \quad (3)$$

คาร์บอนคงตัว (ASTM D 3172) นำค่าร้อยละปริมาณความชื้น ร้อยละปริมาณเถ้า และร้อยละปริมาณสารระเหยที่ได้ ไปหาร้อยละหาปริมาณคาร์บอนคงตัว ได้จากสมการที่ 4

$$C = 100 - (M + V + A) \quad (4)$$

รูปที่ 4 ตู้อบลมร้อน



รูปที่ 5 โถดูดความชื้นและถ้วยครูซิเบิล

รูปที่ 6 เตาเผาไฟฟ้า

2.3 การเตรียมเชื้อเพลิงแข็งกับตัวประสาน

ทำการเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ให้มีความเข้มข้น 1%, 3%, 5% และ 7% โดยมวลต่อปริมาตร เตรียมโดยการนำโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 กรัม, 30 กรัม, 50 กรัม และ 70 กรัม มาละลายกับน้ำกลั่น 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วใช้แท่งแก้วคนจนโซเดียมไฮดรอกไซด์ละลาย [10] จากนั้นนำสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์แต่ละความเข้มข้น มาผสมกับใบสนขนาด -18 เมช

ในอัตราส่วนสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อใบสน 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต่อ 250 กรัม และนำมาให้ความร้อนหรือต้มกับของผสมที่อุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที แล้วนำมาตากแดดประมาณ 3 วัน (รูปที่ 7)

รูปที่ 7 ใบสนที่ผ่านการต้มนาน 1 ชั่วโมง 30 นาที

2.4 การอัดแท่งเชื้อเพลิง

นำถ่านหินขนาด -18 เมช ผสมกับตัวประสานใบสน ในอัตราส่วนถ่านหินต่อใบสน 100:0, 90:10,70:30 และ50:50 เติมน้ำเปล่า 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร โซเดียมไนเตรทร้อยละ 3 ของน้ำหนักถ่านหิน และแคลเซียมออกไซด์ 2.5 เท่าของจำนวนซัลเฟอร์ในถ่านหิน ผสมให้เข้ากัน (รูปที่ 8) นำเชื้อเพลิงผสม 100 กรัม มาอัดเป็นรูปทรงกระบอกกลวงด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก ขนาด 1500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โดยถ่านมีขนาดความสูง 10.5 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1 เซนติเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 3.5 เซนติเมตร โดยใช้แรงอัดจากเครื่องอัดไฮดรอลิกอัดแท่งเชื้อเพลิงที่ 1,500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (รูปที่ 9) ตากแดดประมาณ 1 สัปดาห์

รูปที่ 8 เชื้อเพลิงผสมก่อนทำการอัดแท่ง

รูปที่ 9 เครื่องอัดถ่านแบบไฮดรอลิก

2.5 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่ง [11, 12]

การหาค่าความทนแรงอัด (Compressive Strength) [13] นำตัวอย่างเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้มาทดสอบด้วยเครื่อง Universal Testing Machine ยี่ห้อ Compact รุ่น 1500 (รูปที่ 10) บันทึกค่าแรงกดที่ได้ นำมาหาค่าความทนแรงอัดได้จากสมการที่ 5

$$\sigma_c = \frac{F}{A} \tag{5}$$

เมื่อ σ_c คือ ความทนแรงอัดของถ่านอัดแท่ง (ปาสคาล)

F คือ แรงกดที่กระทำตัวอย่างจนกระทั่งตัวอย่างเกิดการแตก (นิวตัน)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของถ่านอัดแท่ง (ตารางเมตร)

รูปที่ 10 เครื่องทดสอบ Universal Testing Machine

การหาค่าอัตราการแตกตัว (Shatter Index) นำตัวอย่างเชื้อเพลิงอัดแท่ง 1 ก้อน ไปชั่งน้ำหนักบันทึกค่าเป็น W_b ใส่ลงไปในถุงพลาสติก ปล่อยลงสู่พื้นคอนกรีตที่ความสูง 1.8 เมตร นำไปร่อนด้วยตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว นำส่วนที่ค้างตะแกรงและลอดตะแกรงไปชั่งน้ำหนัก โดยที่บันทึกค่าน้ำหนักของส่วนที่ลอดตะแกรงเป็น W_a จากนั้นหาค่าอัตราการแตกตัวได้จากสมการที่ 6

$$R = \frac{W_a}{W_b} \tag{6}$$

เมื่อ R คือ อัตราการแตกตัว
W_a คือ น้ำหนักของเชื้อเพลิงในส่วนที่ลอดผ่านตะแกรง
W_b คือ น้ำหนักของเชื้อเพลิงอัดแท่งก่อนการทดลอง

การหาค่าความหนาแน่น (Density) นำตัวอย่างเชื้อเพลิงมาชั่งน้ำหนักและวัดปริมาตร นำมาหาค่าความหนาแน่นได้จากสมการที่ 7

$$\rho = \frac{m}{v} \tag{7}$$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของถ่านอัดแท่ง (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)
m คือ มวลของถ่านอัดแท่ง (กรัม)
V คือ ปริมาตรของถ่านอัดแท่ง (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

2.6 การทดสอบสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

การหาค่าความร้อน (Heating Value) [14] นำตัวอย่างเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้มาหาค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter (รูปที่ 11) คำนวณหาค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงได้จากสมการที่ 8

$$Q = \frac{TW - C_1 - C_2 - C_3}{m} \tag{8}$$

เมื่อ Q คือ ค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงรวม (แคลอรีต่อกรัม)
W คือ ค่าสมมูลย์ทางพลังงานของแคลอรีมิเตอร์ (2,426 แคลอรีต่อองศาเซลเซียส)
m คือ มวลของเชื้อเพลิงตัวอย่าง (กรัม)

T คือ ค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (องศาเซลเซียส)
C_1 คือ ค่าความร้อนที่เกิดจากกรดไนตริก (แคลอรีต่อเซนติเมตร)
C_2 คือ ค่าความร้อนที่เกิดจากกรดซัลฟูริก (แคลอรีต่อเซนติเมตร)
C_3 คือ ค่าความร้อนที่เกิดจากขดลวดไฟฟ้า (แคลอรีต่อเซนติเมตร)

รูปที่ 11 บอมบ์แคลอรีมิเตอร์

การหาประสิทธิภาพการใช้งานเชิงความร้อน (หุงต้ม) [15] นำตัวอย่างเชื้อเพลิงอัดแท่งมา 4 ก้อน ไปชั่งน้ำหนัก เติมน้ำเปล่า 750 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงไปในหม้ออะลูมิเนียม แล้ววัดอุณหภูมิของน้ำที่อุณหภูมิเริ่มต้น ทำการเผาเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยใช้ไม้เกี๊ยะจุดนำ เริ่มจับเวลาเมื่อติดไฟ จากนั้นให้ทำการต้มน้ำอ่านอุณหภูมิจนอุณหภูมิสูงสุด พร้อมกับบันทึกเวลาที่น้ำมีอุณหภูมิสูงสุด และเวลาที่เชื้อเพลิงเผาไหม้จนกลายเป็นเถ้า ยกหม้อน้ำลงจากเตาอั้งโล่ทิ้งไว้ในเย็น แล้วชั่งน้ำหนักน้ำที่เหลือและชั่งน้ำหนักเถ้า นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาประสิทธิภาพการใช้งาน ได้จากสมการที่ 9

$$HU = \frac{\left[m_1\, c(T_2 - T_1)\right] + (m_1 - m_2)L}{MH} * 100 \qquad (9)$$

เมื่อ HU คือ ร้อยละประสิทธิภาพการใช้งาน
m_1 คือ น้ำหนักเริ่มต้นของน้ำ (กรัม)
m_2 คือ น้ำหนักน้ำที่เหลือ (กรัม)
C คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (1 แคลอรีต่อกรัมองศาเซลเซียส)
L คือ ค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (540 แคลอรีต่อกรัม)
M คือ มวลของเชื้อเพลิงอัดแท่งเริ่มต้น (กรัม)
T_1 คือ อุณหภูมิของน้ำเริ่มต้น (องศาเซลเซียส)
T_2 คือ อุณหภูมิของน้ำสุดท้าย (องศาเซลเซียส)
H คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง (แคลอรีต่อกรัม)

3. ผลการทดลอง

ผลของการทดลอง ได้แบ่งออกเป็น 4 หัวข้อ ได้แก่

1. ผลการวิเคราะห์สมบัติสารตัวอย่าง

2. ผลของอัตราส่วนของถ่านหินต่อใบสนที่เหมาะสมกับการอัดแท่งเชื้อเพลิง และการหาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมในการเตรียมตัวประสานใบสนต่อการขึ้นรูปของแท่งเชื้อเพลิง

3. ผลการศึกษาอัตราส่วนของถ่านหินต่อตัวประสานใบสน และความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้เตรียมตัวประสานใบสนต่อสมบัติทางกายภาพ

4. ผลการศึกษาอัตราส่วนของถ่านหินต่อตัวประสานใบสน และความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้เตรียมตัวประสานใบสนต่อสมบัติทางด้านเชื้อเพลิง

โดยให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.238/ 2557) [16] ซึ่งมาตรฐานมีคุณสมบัติต่างๆ ดังนี้ คือ ค่าความทนแรงอัดต้องอยู่ในเกณฑ์ที่เชิงพาณิชย์ยอมรับตั้งแต่ 0.375 เมกะปาสคาลขึ้นไป ค่าความหนาแน่นต้องอยู่ในช่วง 0.5 ถึง 1.0 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าอัตราการแตกต้องอยู่ในช่วง 0.2 ถึง 1 และ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งต้องไม่น้อยกว่า 5,000 แคลอรีต่อกรัม

3.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติสารตัวอย่าง

ผลการวิเคราะห์สมบัติสารตัวอย่างของถ่านหินและใบสนประดิพัทธ์ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์แบบ Proximate Analysis และผลการวิเคราะห์ค่าความร้อน

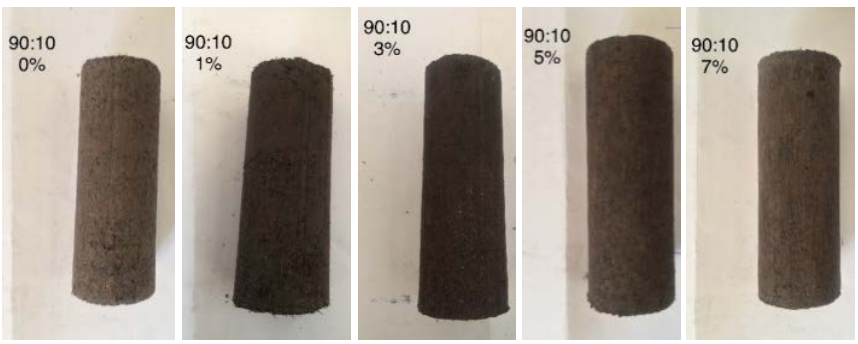
รายการ		ถ่านหินลิกไนต์	ใบสนประดิพัทธ์
Proximate Analysis (เปอร์เซ็นต์, %)	ความชื้น (Moisture)	31.98	4.6
	สารระเหย (Volatile Matter)	27.44	69.55
	ขี้เถ้า (Ash)	16.46	6.55
	ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon)	24.12	19.30
ค่าความร้อน	กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม (kcal/ kg)	3,226	3,485
	กิโลจูลต่อกิโลกรัม (kJ/ kg)	13,507	14,591
ปริมาณกำมะถัน (เปอร์เซ็นต์, %)		4.69	0.8615

จากผลการทดลองตารางที่ 1 จะเห็นปริมาณความชื้นและสารระเหยได้ของถ่านหินที่นำมาใช้นั้นมีค่ามาก เนื่องจากตัวอย่างถ่านหินที่มีศักดิ์ค่อนข้างต่ำ จึงทำให้มีปริมาณคาร์บอนในถ่านหินมีค่าน้อยไปด้วย ส่วนการทดลองหาค่าความร้อน โดยใช้เครื่อง Bomb Calorimeter และหาร้อยละกำมะถันโดยใช้เครื่องวิเคราะห์หาองค์ประกอบธาตุ จะเห็นว่าค่าความร้อนของถ่านหินและใบสนมีความร้อนใกล้เคียงกัน ซึ่งใบสนมีค่าความร้อนมากกว่าถ่านหินเล็กน้อย จากข้อมูลดังกล่าวสามารถที่จะใช้ใบสนแทนถ่านหินได้ ซึ่งเป็นการลดปริมาณการใช้ถ่านหินลงได้ สำหรับร้อยละกำมะถันในถ่านหินมีปริมาณร้อยละ 4.69 ส่วนใบสนพบปริมาณกำมะถันเล็กน้อย ในการศึกษาทดลองนี้ได้กำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) ซึ่งเกิดจากสารประกอบกำมะถันในถ่านหินโดยเติมแคลเซียมออกไซด์ จากการสังเกตการใช้งานพบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งมีกลิ่นฉุนของก๊าซซัลเฟอร์น้อยมากถึงไม่มี

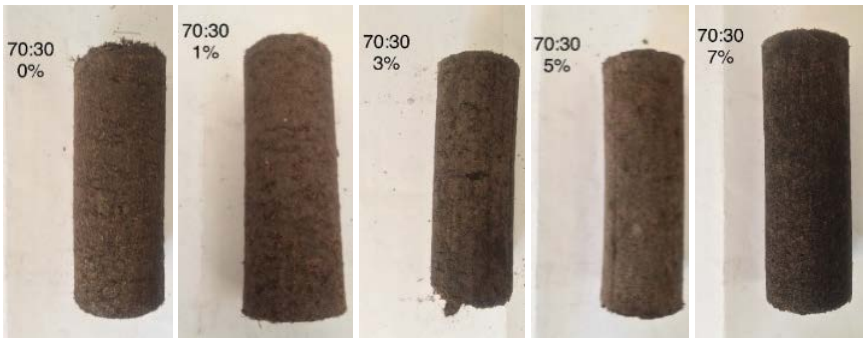
3.2 ผลของอัตราส่วนของถ่านหินต่อใบสนที่เหมาะสมกับการอัดแท่งเชื้อเพลิง และการหาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสม

การขึ้นรูปของการอัดแท่งเชื้อเพลิงนั้น เพื่อหาผลของอัตราส่วนของถ่านหินต่อใบสนที่เหมาะสมกับการอัดแท่งเชื้อเพลิง และการหาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสม สำหรับใช้ในการเตรียมตัวประสานใบสนต่อการขึ้นรูปของแท่งเชื้อเพลิง โดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ 0, 1, 3, 5 และ 7% อัตราส่วนถ่านหินต่อใบสน 90:10, 70:30, 50:50

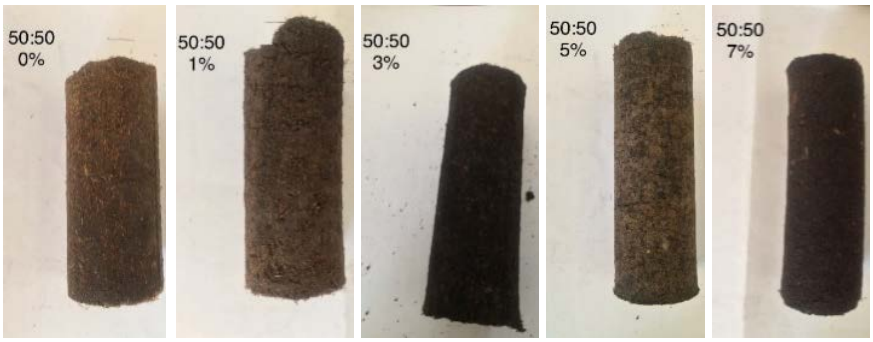
จากผลการขึ้นรูปของการอัดแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนถ่านหินต่อใบสน ทั้ง 3 อัตราส่วน พบว่า เมื่อปริมาณถ่านหินเพิ่มขึ้นจะทำให้แท่งเชื้อเพลิงมีความแข็ง มีลักษณะคงรูปดีขึ้น ลักษณะการบวมและแตกบริเวณขอบลดลง ดังแสดงในรูปที่ 12 ถึง 14



รูปที่ 12 เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีส่วนผสมของตัวประสานใบสนที่ย่อยหรือต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในอัตราส่วนถ่านหินต่อใบสน 90:10



รูปที่ 13 **เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีส่วนผสมของตัวประสานใบสนที่ย่อยหรือต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในอัตราส่วนถ่านหินต่อใบสน 70:30**



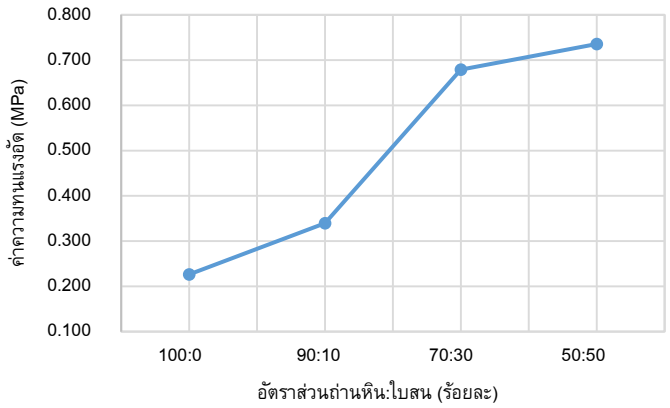
รูปที่ 14 **เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีส่วนผสมของตัวประสานใบสนที่ย่อยหรือต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในอัตราส่วนถ่านหินต่อใบสน 50:50**

จากรูปที่ 12 ถึง รูปที่ 14 จะเห็นได้ว่าทุกอัตราส่วนสามารถขึ้นรูปได้แท่งอัดที่แข็งแรง แต่ที่อัตราส่วน 90:10 สามารถขึ้นรูปได้แท่งอัดที่แข็งแรงกว่า เมื่อสังเกตพบว่าตัวถ่านขอบถ่านไม่แตกไม่บวม ส่วนความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เมื่อพิจารณาลักษณะการคงตัวและรูปร่างเชื้อเพลิงอัดแท่ง พบว่าที่อัตราส่วนของถ่านหินต่อตัวประสานใบสนเดียวกัน เมื่อความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น จะทำให้เชื้อเพลิงอัดแท่งมีลักษณะคงตัวดีขึ้น แต่ถ้าหากความเข้มข้นน้อยเกินไป จะทำให้ใบสนไม่สามารถแสดงคุณสมบัติการเป็นตัวประสานออกมาได้ แต่ถ้าหากความเข้มข้นมากเกินไป จะทำให้เกิดการทำลายคุณสมบัติของสารประกอบในชีวมวลที่ถูกย่อยออกมาเป็นตัวประสานได้ ดังนั้นจึงดังเลือกใช้ความเข้มข้นที่เหมาะสมในการย่อยชีวมวล เพื่อจะช่วยให้แท่งเชื้อเพลิงมีความแข็งแรงมากขึ้น จากการสังเกตลักษณะของเชื้อเพลิงอัดแท่งผสมตัวประสานชีวมวลที่เปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของด่างที่ใช้ย่อยต่าง ๆ ไม่สามารถระบุการเปรียบเทียบได้แน่ชัด ดังนั้นจึงต้องทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

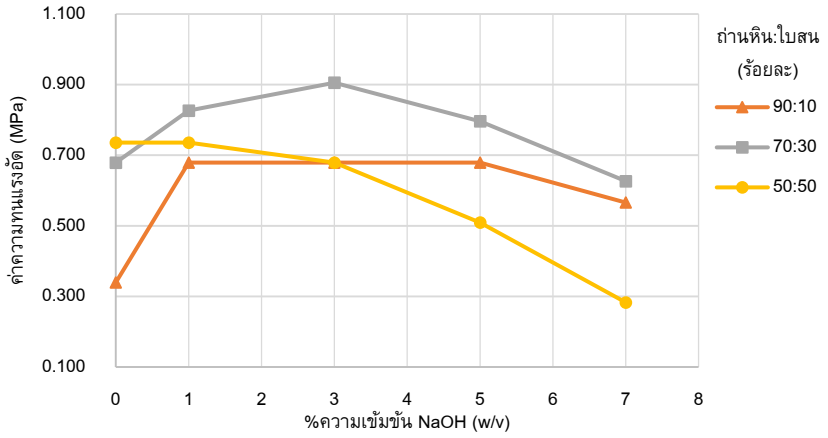
3.3 ผลการศึกษาอัตราส่วนของถ่านหินต่อตัวประสานใบสน และความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้เตรียมตัวประสานใบสนต่อสมบัติทางกายภาพ

3.3.1 ผลการทดลองค่าความทนแรงอัด (Compressive Strength)

ผลการทดลองค่าความทนแรงอัด (Compressive Strength) ดังแสดงในกราฟรูปที่ 15 และ 16



รูปที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีส่วนผสมของใบสนที่ ไม่ได้ย่อยหรือต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์กับค่าความทนแรงอัด



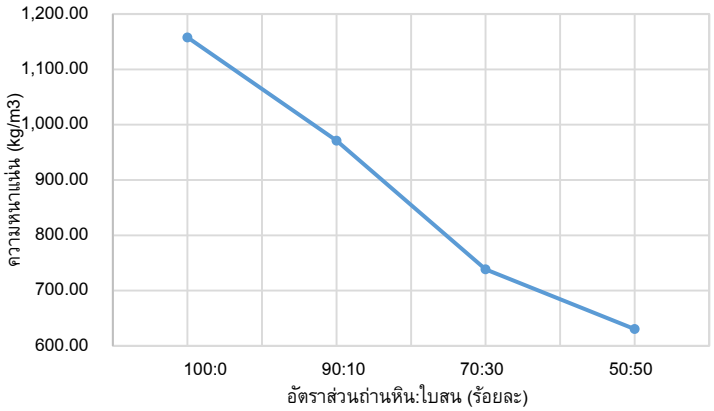
รูปที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ย่อยหรือต้มใบสนกับค่าความทนแรงอัด

จากกราฟรูปที่ 15 พบว่าเมื่อปริมาณของตัวประสานใบสนเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าความทนแรงอัดของเชื้อเพลิงอัดแท่งดีขึ้น จากกราฟรูปที่ 16 พบว่าความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3% โดยมวลต่อปริมาตร ของอัตราส่วน 70:30 ให้ค่าความทนแรงอัดสูงสุด สรุปได้ว่า

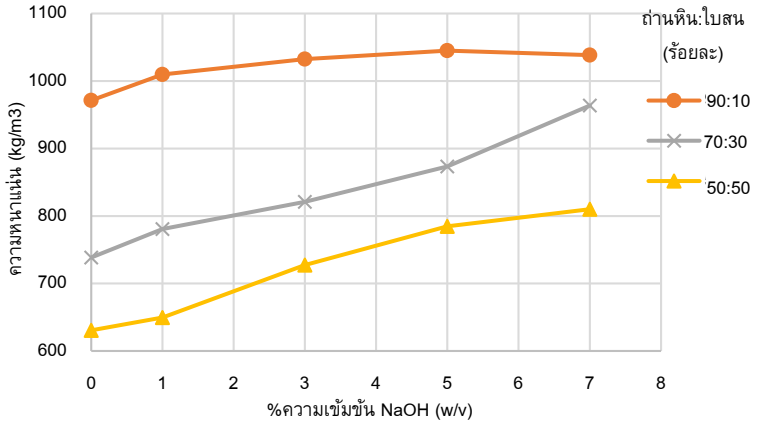
ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ที่ใช้ย่อยมีผลต่อความแข็งแรงของเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยเมื่อเพิ่มความเข้มข้นก็จะทำให้เพิ่มความแข็งแรง แต่เมื่อความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์สูงเกินไปจะทำให้ค่าความทนแรงอัดของเชื้อเพลิงอัดแท่งลดลง ดังนั้นต้องเลือกใช้ความเข้มข้นที่เหมาะสม

3.3.2 ผลการทดลองความหนาแน่น (Density)

ผลการทดลองความหนาแน่น (Density) ดังแสดงในกราฟรูปที่ 17 และ 18



รูปที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีส่วนผสมของใบสนที่ไม่ได้ย่อยหรือต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์กับค่าความหนาแน่น

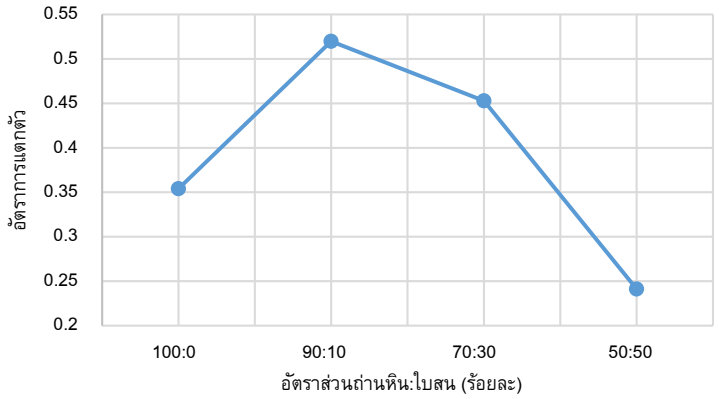


รูปที่ 18 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ย่อยหรือต้มใบสนกับค่าความหนาแน่น

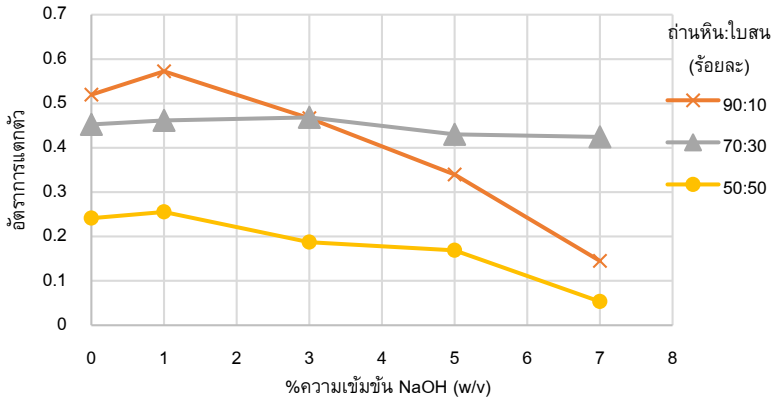
จากกราฟรูปที่ 17 พบว่าเมื่อปริมาณของถ่านหินเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงอัดแท่งดีขึ้น จากกราฟรูปที่ 18 แสดงให้เห็นว่าที่อัตราส่วนถ่านหินต่อตัวประสานใบสนเดียวกัน ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 7% โดยมวลต่อปริมาตร ให้ผลค่าความหนาแน่นสูงสุด สรุปได้ว่าความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีผลต่อความหนาแน่น โดยเมื่อเพิ่มความเข้มข้นก็จะทำให้เพิ่มความหนาแน่นไปด้วย

3.3.3 ผลการทดลองอัตราการแตกตัว (Shatter Index)

ผลการทดลองอัตราการแตกตัว (Shatter Index) ดังแสดงในกราฟรูปที่ 19 และ 20



รูปที่ 19 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีส่วนผสมของใบสนที่ไม่ได้ย่อยหรือต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์กับค่าอัตราการแตกตัว



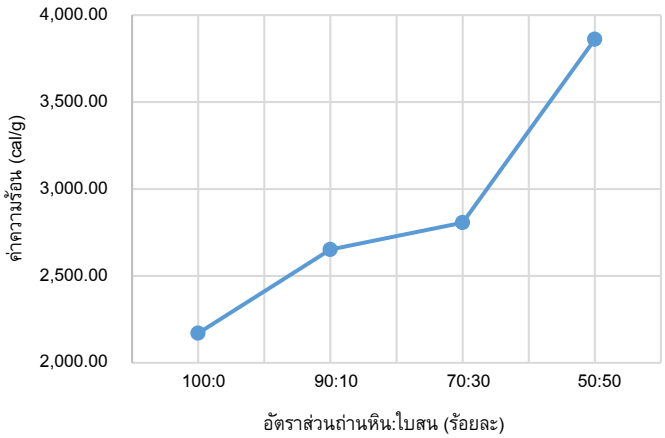
รูปที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ย่อยหรือต้มใบสนกับค่าอัตราการแตกตัว

จากกราฟรูปที่ 19 พบว่าเมื่อปริมาณของถ่านหินเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าอัตราการแตกตัวของเชื้อเพลิงอัดแท่ง ที่ 90:10 จากกราฟรูปที่ 20 พบว่าความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3% โดยมวลต่อปริมาตร ให้ค่าอัตราการแตกตัวสูงสุด ของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีส่วนผสมของใบสนที่ 70 : 30 เหมาะสมที่สุด ซึ่งทุกความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีค่าใกล้เคียงกัน และสรุปได้ว่าความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีผลต่อความสามารถของเชื้อเพลิงอัดแท่งในการนำไปใช้งาน ทำให้มีความทนทานระหว่างการขนส่งและการเก็บรักษา

3.4 ผลการศึกษาอัตราส่วนของถ่านหินต่อตัวประสานใบสน และความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้เตรียมตัวประสานใบสนต่อสมบัติทางด้านเชื้อเพลิง

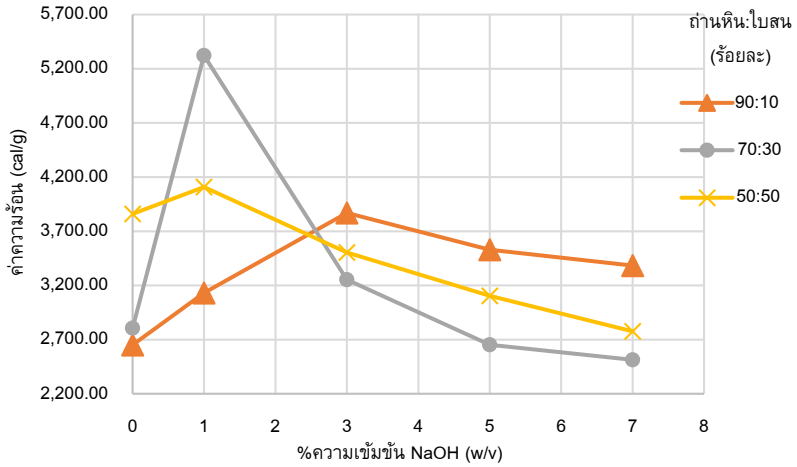
3.4.1 ผลของการค่าความร้อน (Heating Value) ด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter

ผลของการค่าความร้อนด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter ดังแสดงในกราฟรูปที่ 21 และ 22



รูปที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีส่วนผสมของใบสนที่ ไม่ได้ย่อยหรือต้ม ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์กับค่าความร้อน

จากกราฟรูปที่ 21 อัตราส่วนเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีส่วนผสมของใบสนที่ไม่ได้ย่อยหรือต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์กับค่าความร้อน จะเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณของตัวประสานใบสนเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าความร้อนเพิ่มขึ้น จากกราฟรูปที่ 22 พบว่าความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1% โดยมวลต่อปริมาตร ให้ค่าความร้อนสูงสุด ที่ 70:30 สรุปได้ว่าความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีผลต่อความร้อน แต่ถ้าความเข้มข้นมากไปจะทำให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งลดลง



รูปที่ 22 **ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ย่อยหรือต้มใบสนกับค่าความร้อน**

3.4.2 ผลของการเผาไหม้เชื้อเพลิงอัดแท่ง

ผลของการเผาไหม้เชื้อเพลิงอัดแท่ง อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและเวลาในการต้มน้ำที่ให้อุณหภูมิสูงสุด และลักษณะเชื้อเพลิงอัดแท่งขณะเผาไหม้ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 **อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิและเวลาในการต้มน้ำ และลักษณะเชื้อเพลิงอัดแท่งขณะเผาไหม้ ทำการทดลองในช่วงอุณหภูมิของน้ำเริ่มต้นจนถึงอุณหภูมิของน้ำสูงสุด**

ถ่านหิน :ใบสน (w/w)	% NaOH (w/v)	อุณหภูมิสูงสุด (°C)	เวลาในการต้มน้ำ (นาที)	อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ (°C/min)	ลักษณะเชื้อเพลิงอัดแท่งขณะเผาไหม้
100:0	0	82.5	35.13	1.90	ติดไฟยาก ลุกไหม้ช้า
90:10	0	88	28.46	1.91	ติดไฟยาก มีเปลวไฟสูงสีส้ม ลุกไหม้ช้า
	1	82	31.08	1.95	
	3	90	34.22	2.27	
	5	94	21.34	3.19	
	7	82	19.44	3.30	

ตารางที่ 2 อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิและเวลาในการต้มน้ำ และลักษณะเชื้อเพลิงอัดแท่งขณะเผาไหม้ ทำการทดลองในช่วงอุณหภูมิของน้ำเริ่มต้นจนถึงอุณหภูมิของน้ำสูงสุด (ต่อ)

ถ่านหิน :ใบสน (w/w)	% NaOH (w/v)	อุณหภูมิสูงสุด (°C)	เวลาในการต้มน้ำ (นาที)	อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ (°C/min)	ลักษณะเชื้อเพลิงอัดแท่งขณะเผาไหม้
70:30	0	86	19.58	1.55	ติดไฟง่ายกว่า 90:10 มีเปลวไฟสูงปานกลาง สีส้ม ลุกไหม้เร็วกว่า 90:10 ก้อนถ่านจะแตกและร่วงออกเล็กน้อย
	1	84	20.09	1.85	
	3	77	19.52	2.39	
	5	83	16.20	2.90	
	7	75.5	29.19	3.56	
50:50	0	83	12.30	1.50	ติดไฟง่ายกว่า 70:30 มีเปลวไฟต่ำสีส้ม ลุกไหม้เร็ว ก้อนถ่านจะแตกและร่วงออกเล็กน้อย
	1	73	13.55	2.96	
	3	74	15.58	3.23	
	5	89	20.33	3.71	
	7	86	21.33	3.63	

จากผลการทดลองตารางที่ 2 พบว่า ในทุกๆ ของส่วนผสมของถ่านหิน เมื่อปริมาณของตัวประสานใบสน (%NaOH) เพิ่มขึ้น จะทำให้เวลาในการต้มน้ำไปจนถึงอุณหภูมิสูงสุดเร็วขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะการติดไฟของเชื้อเพลิงอัดแท่ง ที่จะติดไฟจะดีขึ้นง่ายขึ้นเมื่อปริมาณของใบสนเพิ่มขึ้น ซึ่งในช่วงแรกจะติดไฟค่อนข้างยาก แต่เมื่อติดไฟแล้วจะเผาไหม้ค่อนข้างดี และจากการสังเกตการลุกไหม้ของที่อัตราส่วนของถ่านหินต่อใบสนที่ 70:30 จะเหมาะสมที่สุด คือ ลุกไหม้เร็วกว่าที่อัตราส่วน 90:10 และเปลวไฟสูงปานกลางสูงกว่าอัตราส่วนที่ 50:50 สำหรับความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ไม่มีผลต่อเวลาในการต้มน้ำให้อุณหภูมิสูงสุด จึงสรุปได้ว่าอัตราส่วนของถ่านหินต่อใบสนที่ 70:30 จะเหมาะสมที่สุด

3.4.3 ผลของเวลาในการเผาไหม้ ค่าความร้อนจากการเผาไหม้ และปริมาณเถ้า

ผลของเวลา ค่าความร้อน และปริมาณเถ้าจากการเผาไหม้ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เวลาในการเผาไหม้เชื้อเพลิงอัดแท่ง ค่าความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงอัดแท่ง และปริมาณเถ้าหลังการเผาไหม้ จากการใช้งานจริง

ถ่านหิน : ใบสน (w/w)	% NaOH (w/v)	เวลา (นาที)	ค่าความร้อน (cal/g)	ปริมาณเถ้า (%)
100:0	0	80	593.60	21.77
90:10	0	87	786.13	22.97
	1	88	680.43	18.51
	3	90	729.43	30.97
	5	94	781.39	30.78
	7	96	578.75	29.88
70:30	0	70	643.01	18.64
	1	71	696.10	31.44
	3	74	723.27	26.43
	5	76	785.04	33.99
	7	79	832.7	25.75
50:50	0	62	642.30	10.74
	1	68	621.52	29.43
	3	68	538.70	32.37
	5	75	698.50	24.22
	7	77	710.16	24.06

จากผลการทดลองตารางที่ 3 จะเห็นว่าอัตราส่วนของถ่านกับใบสนที่ให้ค่าความร้อนสูงสุดอยู่ที่อัตราส่วน 70:30 ส่วนความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ไม่มีผลต่อค่าความร้อนจากการเผาไหม้ ส่วนเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ทั้งหมด พบว่าเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้เพิ่มขึ้นตามปริมาณของถ่านหินที่เติมลงไป เพราะปกติแล้วถ่านหินจะเผาไหม้ช้ากว่าใบสน เช่นเดียวกับความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ก็จะนานขึ้นเหมือนกัน สำหรับปริมาณเถ้าพบว่า ปริมาณเถ้าขึ้นอยู่กับอัตราส่วน คือ ถ้าปริมาณใบสนเพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณเถ้าลดลง ลักษณะของเถ้าที่ได้จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอัดแท่งจะมีลักษณะคงตัว มีความแข็งแรงพอสมควร และสามารถเอามือหยิบจับออกมาได้ ดังแสดงในรูปที่ 23 จึงสรุปได้ว่าอัตราส่วนของถ่านหินต่อใบสนที่ 70:30 จะเหมาะสมที่สุด

รูปที่ 23 ลักษณะเถ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งหลังจากการเผาไหม้

3.4.4 ผลของการหาค่าประสิทธิภาพการใช้งานจริงของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ผลของการหาค่าประสิทธิภาพการใช้งานจริงของเชื้อเพลิงอัดแท่งดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าประสิทธิภาพการใช้งานเชิงความร้อน (Heat Utilization Efficiency)

ถ่านหิน : ใบสน (w/w)	% NaOH (w/v)	ประสิทธิภาพการใช้งานเชิงความร้อน (%)
100:0	0	27.36
90:10	0	17.11
	1	18.85
	3	21.73
	5	25.65
	7	30.88
70:30	0	17.08
	1	18.02
	3	20.66
	5	27.80
	7	34.62
50:50	0	15.13
	1	15.37
	3	16.64
	5	17.02
	7	25.58

จากผลการทดลองตารางที่ 4 ถ้าปริมาณของใบสนที่มากไปหรือน้อยไป จะทำให้ประสิทธิภาพในการใช้งานของเชื้อเพลิงแท่งลดลง สรุปได้ว่า พบว่าภาพรวมของประสิทธิภาพการใช้งานสูงสุดซึ่งในอัตราส่วนที่ 70:30 จะทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานเชิงความร้อน (%) สูงสุด 34.62 %

4. สรุปผลการทดลอง

จากงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของสัดส่วนผสมระหว่าง ถ่านหินลิกไนต์และใบสนประดิพัทธ์ สำหรับการทำเชื้อเพลิงอัดแท่ง จากผลการทดลองอัตราส่วนของถ่านหินและใบสน และความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีผลต่อสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงอัดแท่ง ซึ่งเห็นว่าสามารถนำเชื้อเพลิงอัดแท่งทุกสัดส่วนทั้งหมดที่ได้จากการทดลองสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ แต่เมื่อพิจารณาตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.238/2557) ซึ่งมาตรฐานมีคุณสมบัติต่างๆ ดังนี้ คือ ค่าความทนแรงอัดต้องอยู่ในเกณฑ์ที่เชิงพาณิชย์ยอมรับตั้งแต่ 0.375 เมกะปาสคาลขึ้นไป, ค่าความหนาแน่นต้องอยู่ในช่วง 0.5 ถึง 1.0 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร, ค่าอัตราการแตกต้องอยู่ในช่วง 0.2 ถึง 1 และค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งต้องไม่น้อยกว่า 5,000 แคลอรีต่อกรัม

ดังนั้นพบว่าคุณสมบัติเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผ่านมาตรฐานตามที่กำหนด คือ เชื้อเพลิงอัดแท่งที่อัตราส่วนถ่านหินต่อตัวประสานใบสน 70:30 ที่ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1% โดยมวลต่อปริมาตร ซึ่งผลการทดลองมีคุณสมบัติ คือ ค่าความทนแรงอัด 0.83 เมกะปาสคาล ค่าความหนาแน่น 0.78 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าอัตราการแตกตัว 0.46 มีค่าความร้อน 5,322.25 แคลอรีต่อกรัม

สำหรับส่วนประกอบอื่นๆ ที่นอกเหนือจากค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ตารางที่ 2 3 4 นำประกอบการพิจารณาตามความเหมาะสม คือมีอุณหภูมิน้ำสูงสุด 84 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 20.09 นาที, อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 2.39 องศาเซลเซียสต่อนาที, เวลาในการเผาไหม้ทั้งหมด 74 นาที ได้ค่าความร้อนจากการเผาไหม้ 643.01 แคลอรีต่อกรัม มีปริมาณเถ้า 31.44 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าประสิทธิภาพการใช้งานเชิงความร้อน 34.62 เปอร์เซ็นต์

References

[1] Knowledge powerplant [Internet]. Bangkok: Electricity Generating Authority of Thailand; 2016 [cited 2018 January 10]. Available from: http://maemoh.egat.com/index.php/knowledge

[2] Suwit S, Prattana K. Briquetting of coal combined with rice husk and saw dusk by

compression [Special Problems Report]. Chaingmai: Department of Industrial Chemistry, Faculty of Science, Chiang Mai University; 2004. (In Thai)

[3] Prathum P, Pimpapon T. Dietary fiber a substance that is not valuable but interesting. Department of Science Service Journal 1997;145:26-32. (In Thai)

[4] Prapasri P, Uruwan V, Ratchanee K. Dietary fiber in Thai food. Journal of Nutrition 1990;24:43-53. (In Thai)

[5] Gallaher D and Schneeman. BO. Dietary fiber In Ziegler, E.E. and Fiber. L.J. Present Knowledge in nutrition 7th ed. Ilsi Press, Wassington DC 1996;87-89.

[6] Daungporn T.Coal briquette desulfurization by lime [dissertation]. Bangkok: Chulalongkorn University; 1987. (In Thai)

[7] Nipa S. Briquetting of coal fines for household uses [dissertation]. Bangkok: Chulalongkorn University; 1985. (In Thai)

[8] Proximate Analysis [Internet]. Lampang: Mae Moh Mine; 2008 [cited 2 017 March 4]. Available from: http://maemohmine.egat.co.th/mining_technology/coal_analysis1.html

[9] Rungroj P. The prodution of charcoal briquette by coconut shell and cassava rhizome [dissertation]. Bangkok: Srinakharinwirot University; 2010. (In Thai)

[10] General Chemistry Laboratory [Internet]. Ubon Ratchathani: Department of Chemistry, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University; 2014. [cited 2017 March 4]. Available from: http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Combution_and_Cogeneration /content/content

[11] Supachai T.The study production of briquette by Pennisetum purpureum.The 6th National and International. April 28-29, 2015. Suan Sunandha Rajabhat University Bangkok: 2015; 502-12. (In Thai)

[12] Yaman S, Sahan M, Haykiri-Acma H, Sesen K. and Kucukbayrak S. Fuel briquette from biomass-lignite blends Fuel Processing Technology 2001;1-8.

[13] Fuel [Internet]. Bangkok: Department of Mechanical Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi; (cited 2017 March 4). Available from: http://mte. kmutt.ac.th/elearning/Combution_and_Cogeneration/content/

[14] Fuel Calorimetry Test. Department of Mechanical Engineering. Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Mai; 2013 (In Thai)

[15] Thanapol T. Community-Based Renewable Energy from Biomass Briquettes Fuel from Coconut Leaf. Journal of Science and Technology 2015;23(3):418-31. (In Thai)

[16] Community Product Standardsfor Fuel Briquette 238/2547 [Internet]. 2004 [cited 2017 March 4]. Available from: https://www.charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/ standard.php

ประวัติผู้เขียนบทความ

อนุวัตร ศรีนวล ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 128 ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300 หมายเลขโทรศัพท์ 0895559432 E-Mail: Srinoun2006@gmail.com จบการศึกษาปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ปริญญาโท สาขาอาชีวศึกษา และสาขาวิศวกรรมเกษตร สนใจงานวิจัยด้านเครื่องจักรกลเกษตร และพลังงานทดแทน

อัมพวัลย์ ชัยนาวา นักวิจัยสาขาวิชาวิศวกรรมเหมืองแร่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 128 ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300 หมายเลขโทรศัพท์ 0832017417 E-Mail: Yam.ampawan@gmail.com