

การผลิตเชื้อเพลิงแท่งแข็งจากถ่านไม้สนโดยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชัน

Production of fuel briquettes from Sano charcoal by using extrusion technique

ศดับพร จันทราษฏร์ เจริญพร เลิศสถิตธนกร และทรงชัย วิริยอำไพวงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 44150

ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150

โทร 043-754363 Ext. 3012 Fax 043-754316

E-mail: freeconvect@hotmail.com,

Sdabporn Chantarassatitthanakorn Songchai Wiriyampaiwong

Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Mahasarakham 44150, Thailand

Tel: 043-754363 Ext. 3012 Fax 043-754316

E-mail: freeconvect@hotmail.com,

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะผลิตเชื้อเพลิงแท่งแข็งจากถ่านไม้สนซึ่งเป็นวัชพืช แทนการใช้ไม้ซึ่งไม่เป็นผลดีต่อสภาวะแวดล้อม ถ่านไม้สนจะผ่านกระบวนการเผาให้เป็นถ่านที่อุณหภูมิประมาณ 400°C ตัวประสานที่ใช้ในการศึกษามี 3 ชนิดได้แก่ โมลาส มันสำปะหลังดิบ และแป้งมันสำปะหลังหยาบ ส่วนผสมระหว่างถ่านไม้สนกับตัวประสานจะถูกอัดให้เป็นแท่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 40 และ 45 mm โดยใช้เครื่องอัดแท่งแบบสกรู สมบัติทางกลที่ทดสอบได้แก่ความหนาแน่น ความต้านแรงกด และดัชนีค่าต้านการตกกระแทก จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเชื้อเพลิงแท่งที่มีความแข็งแรงและมีค่าความร้อนสูงสุดได้จากเชื้อเพลิงที่ใช้มันสำปะหลังดิบเป็นตัวประสาน

Abstract

The aim of this study is to prepare a solid fuel from Sano (weed) plant and in particular by the rural ones, instead of the wood of forest, which is less available and its exploitation is negative for the environment. The sano was partially pyrolyzed at temperature about 400°C. Three types of binder are used in this study namely: molasses, cassava and cassava starch. The mixture of sano charcoal and binders is densified into briquettes of diameter 35, 40 and 45 mm by using screw extruder. The mechanical properties of the briquettes were tested to evaluate the density, compressive strength and impact resistance index. This study showed that strong briquettes can be obtained with a higher calorific value when the cassava is used as binder.

1. บทนำ

อัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรส่งผลให้มีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น ในขณะที่พลังงานจากแหล่งทรัพยากรต่างๆภายในประเทศนั้นน้อยอย่างจำกัด เช่น การใช้พลังงานความร้อนจากถ่านไม้ โดยปกติใช้ในชีวิตประจำวันในการปรุงอาหาร ในภาคอุตสาหกรรมการผลิตต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร อาหารรมควัน อาหารอบแห้งที่ใช้ความร้อนจากถ่าน อุตสาหกรรมหล่อโลหะ ถ่านไม้ให้ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหลายรูปแบบ เช่น ฝุ่น ควัน ควัน เป็นวัชพืชมารวมการใช้ถ่านไม้ดิบแต่บรรพบุรุษสืบมา ถ่านไม้เป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปจากทรัพยากรป่าไม้ที่ไม่นิยมใช้ในการผลิตถ่านนั้นได้แก่ ไม้ตะเคียนทอง ไม้โกงกาง ไม้ยูคาลิปตัส ไม้ที่สามารถผลิตถ่านได้นั้นจะต้องมีอายุในช่วง 2-3 ปีจึงสามารถตัด มาขายใช้ทำฟืน หรือเผาถ่านขายได้ [1] แม้ว่าประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมีการปลูกป่าไม้ยูคาลิปตัสที่สามารถนำมาใช้แปรรูปเป็นถ่านได้ แต่ก็ยังมีการนำไปใช้งานในลักษณะอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมก่อสร้าง ทำให้ความต้องการถ่านไม้จึงยังคงมีอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นวัตถุดิบที่จะนำมาใช้แปรรูปเป็นถ่านจึงจะต้องให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก และต้องทำการค้นคว้าวิจัยอยู่ตลอดเวลา เพื่อทดแทนวัสดุที่มีปริมาณอยู่อย่างจำกัดในปัจจุบัน เพื่อนำมาใช้แปรรูปเป็นถ่านได้ ให้มีปริมาณเพียงพอกับความต้องการของประชากรภายในประเทศที่เพิ่มขึ้น และเป็นแนวทางในแก้ปัญหาการขาดแคลนถ่านไม้ ตลอดจนถ่านหินในอนาคต ถ่านไม้เป็นวัชพืชที่เกิดขึ้นโดยทั่วไปในนาข้าว ก่อนที่เกษตรกรจะทำการจำเป็นต้องกำจัดต้นไม้นี้ เนื่องจากต้นไม้นี้สามารถนำมาแปรรูปเป็นถ่านที่ให้พลังงานความร้อนได้ ความเด่นชัดของต้นไม้นี้ คือไม่มีความจำเป็นต้องรอระยะเวลาให้พืชโตนานมากกว่า 2-3 ปี ต้นไม้เป็นพืชล้มลุกที่โตเร็ว เป็นวัชพืชที่เกิดขึ้นได้ง่าย การเก็บเกี่ยวต้นไม้นี้สามารถทำได้ง่าย เช่น การใช้วิธีถอนทั้งราก ตัด หรือเกี่ยวก็ได้ เพราะมีรากอยู่ตื้นสามารถถอนได้ง่าย ไม่ต้องทำการบำรุงรักษา ส่วนประกอบของไม้สนที่เป็น

ราก ลำต้น ก้าน กิ่ง และใบสามารถนำมาใช้แปรรูปเป็นถ่านได้ทั้งหมด ไม่มีส่วนใดต้องสูญเสียโดยเปล่าประโยชน์การนำไปใช้ประโยชน์ของ ถ่านไม้ไผ่นั้นโดยตรงนั้นยังไม่ได้ เนื่องจากถ่านไม้ไผ่เป็นถ่านที่ได้ จากพืชที่มีมวลเบา ไม้ไผ่มีลำต้นขนาดเล็กลำต้นโตสุดมีเส้นผ่าน ศูนย์กลางประมาณ 15-20 mm มีน้ำหนักถ่านต่อปริมาตรมีน้อยยังไม่มี การนำมาใช้ประโยชน์ จึงจำเป็นต้องนำถ่านไม้ไผ่เข้าสู่กรรมวิธีและ กระบวนการเพิ่มความหนาแน่น เพื่อให้ได้ถ่านอัดแท่งไม้ไผ่ที่มี น้ำหนักถ่านต่อปริมาตรเพิ่มมากขึ้น ลักษณะของถ่านอัดแท่งที่จะ ทำการศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกกลมกลวงภายใน เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกมี 3 ขนาด กำหนดให้ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางภายในของถ่านอัดแท่งมีขนาดคงที่ การศึกษาจะเพิ่มขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของถ่าน เพื่อให้ถ่านอัดแท่งที่ได้มีความ หนาเพิ่มขึ้น เพื่อศึกษาถึงผลของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่เพิ่มขึ้น โดย การศึกษาสมบัติทางกายภาพ (Physical Properties) สมบัติทางเคมี ความร้อน (Thermal Chemical Properties) การนำไปใช้งาน (Utilizability) ของถ่านอัดแท่งจากไม้ไผ่ ผลการศึกษาในครั้งนี้เพื่อที่จะ นำมาเป็นข้อมูลประกอบช่วยในการตัดสินใจที่จะผลิตเชื้อเพลิงแท่งแข็ง เพื่อใช้งาน ตลอดจนผลิตเป็นสินค้าถ่านอัดแท่งที่ได้คุณภาพ มี คุณลักษณะกำหนดที่สามารถชี้วัดได้ การศึกษาวิจัยมีเป้าหมายเพื่อ พัฒนาประสิทธิภาพของถ่านอัดแท่งจากไม้ไผ่ ให้มีความทนทาน (Durable) ต่อการกดทับ การตกกระแทกไม่แตกหัก ในระหว่างการ เคลื่อนย้าย มีความสามารถในการขนส่ง (Transportation) คง ความสามารถในด้านการจัดเก็บ (Storage) ไม่เกิดปัญหาการการล่อน และแตกหักเมื่อเก็บไว้เป็นเวลานาน เป็นถ่านอัดแท่งที่มีคุณภาพดี เหมาะสมที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เหมือนกับถ่านไม้ที่ซื้อขายทั่วไป (Lump charcoal)

2. การดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ใช้กระบวนการผลิตแบบ C-B (Charcoal to Briquetting) [2] คือ นำไม้ไผ่มาผ่านกระบวนการ คาร์บอนไนเซชัน (Carbonisation) เพื่อให้เป็นถ่าน การดำเนินงานวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนได้แก่ ขั้นตอนการลดขนาด ขั้นตอนการผสม ขั้นตอนการอัด แท่ง ขั้นตอนการวิเคราะห์สมบัติถ่านอัดแท่ง

2.1 ขั้นตอนการลดขนาดโดยการบด

การวิจัยได้ใช้เครื่องบดแบบหัวฆ้อน (Hammer mill) เพื่อให้ได้ผง ถ่านละเอียด ขนาดที่ทำการศึกษาค้นหาขนาดของผงถ่าน (Particle size) ขนาดเดียว โดยการใส่ตะแกรงเบอร์ 12 (Sieve number) เพื่อให้ ถ่านที่บดผ่านตะแกรงในเครื่อง จะได้ผงถ่านมีขนาดระหว่าง 0 - 1.7 mm อัตราการบดเฉลี่ย 1.39 kg min^{-1}

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมถ่านอัดแท่ง

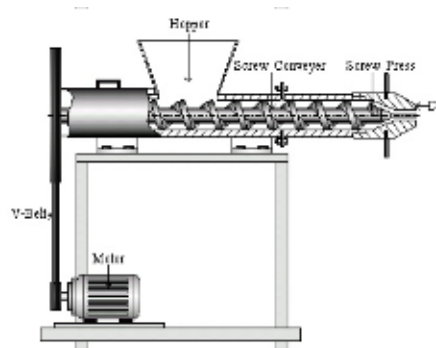
อัตราส่วนผสม โดยน้ำหนักถ่านอัดแท่ง					
สูตรถ่าน อัดแท่ง	ตัวประสาน (kg)			วัตถุดิบ (kg)	
	แป้งมันขย	มันขยดิบบด	โมลาส	ผงถ่าน	น้ำ
6:100	6	6	6	70	24
8:100	8	8	8	70	22
10:100	10	10	10	70	20

2.2 ขั้นตอนการผสมกับตัวประสาน (Binder)

วัสดุที่นำมาเป็นตัวประสานในการทดลองมี 3 ชนิด ได้แก่ มัน ส่ำปะหลังดิบบด แป้งมันส่ำปะหลังหยาบ และโมลาส อัตราส่วนระหว่าง ตัวประสาน ผงถ่าน นำมาผสมให้เข้ากันจากนั้นจึงนำไปอัดแท่ง เพื่อให้ เป็นเชื้อเพลิงแท่งแข็งต่อไป ดังตารางที่ 1

2.3 ขั้นตอนการอัดแท่ง

การอัดแท่งด้วยเครื่องอัดแบบสกรู (Screw extrusion machine) ที่ ส่งกำลังด้วยสายพาน สกรูอัดเป็นสกรูปากเตี้ยขนาด 68 mm มุมเอียง ของสกรู (Helix angle) 21° ดังรูปที่ 1 ความเร็วรอบ 273 rpm อัตรา การไหลกวาดของสกรู 0.34 kg/min



รูป 1 เครื่องอัดแบบสกรู

ขนาดของแม่พิมพ์ (Die) ที่ทำการศึกษามี 3 ขนาดคือ 35 40 และ 45 mm อัดโดยการสายพานรับทอร์คจามอเตอร์ส่งกำลังขนาด 5 HP ให้ สกรูหมุน เมื่อป้อนวัตถุดิบเข้าปากกรับ (Hopper) สกรูจะหมุนส่ำเร็จยง เคลื่อนตัวส่ำแม่พิมพ์ และเกิดการอัดที่หัวแม่พิมพ์ (Die) ทำให้ผงถ่าน เกิดการอัดตัวแน่นขึ้น หลังจากอัดเป็นแท่งแล้วจึงนำไปตากแห้งด้วย พลังแสงอาทิตย์ ตั้งแต่เวลา 8.00-17.00 น. เป็นเวลา 4 วัน เพื่อให้ เชื้อเพลิงแท่งแข็ง และแข็งตัว

2.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์สมบัติ

การวิเคราะห์สมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบ่งเป็น 3 ชนิด ได้แก่ การวิเคราะห์ทางกายภาพ (Physic property) การวิเคราะห์การใช้งาน (Utilizability) และการวิเคราะห์ทางเคมีความร้อน ได้แก่ การวิเคราะห์พรอกซิเมท (Proximate analysis) และค่าความร้อน (Heating value)

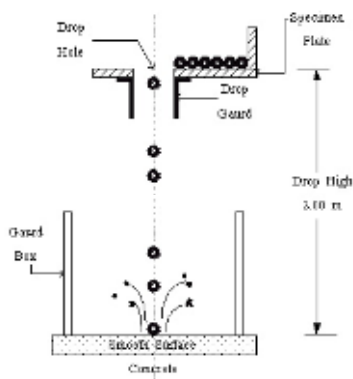
2.4.1 การวิเคราะห์ทางกายภาพ (Physic property)

การวิเคราะห์ทางกายภาพได้แก่ การทดสอบหาความหนาแน่น การทดสอบค่าต้านแรงกด (Compressive strength) การทดสอบดัชนีค่าต้านการตกกระแทก (Impact resistance index)

1.การหาความหนาแน่น โดยการนำเชื้อเพลิงอัดแท่งที่แห้งแล้ว ตัดให้มีขนาดสามารถใส่ลงในถ้วยยูเรก้าได้ ชั่งน้ำหนัก และหาความหนาแน่นในถ้วยยูเรก้าโดยใช้สารโทลูอีน (Toluene) ความหนาแน่น 0.87 g cm⁻¹ แทนน้ำ เพื่อป้องกันไม่ให้อัดแท่งเกิดการละลาย

2.การทดสอบแรงกด [3] โดยตัดขนาดให้ยาวประมาณ 20 mm ใช้เครื่องทดสอบแรงกดแบบ UTM (Universal testing machine) รุ่น WF14120 Ring No 15774

3.การทดสอบค่าต้านการตกกระแทก [4] โดยตัดขนาดให้ยาวประมาณ 20 mm ทดสอบโดยการปล่อยให้ตกลงกระทบพื้นซีเมนต์แข็งสูงจากพื้น 2 m ดังรูปที่ 2



รูป 2 ชุดทดสอบค่าต้านการตกกระแทก

การทดสอบได้แบ่งการทดสอบ ตามอิทธิพลของเชื้อเพลิงอัดแท่ง อิทธิพลของสัดส่วนผสมกับตัวประสาน และอิทธิพลของชนิดของตัวประสาน

2.4.2 การวิเคราะห์การนำไปใช้งาน (Utilizability)

นำถ่านไปตัดขนาดมีความยาวประมาณ 65 mm ใช้ชั่งน้ำหนักในการทดสอบ 500 g เชื้อไฟ 30 g ก่อไฟ ทำการจับเวลาถ่านติดไฟ (Ignitability) เวลาที่เกิดควัน (Smoke emission) เวลาแตกปะทุ (Crackling and Spitting) เวลาที่ถ่านเผาไหม้หมด (Burning time) เมื่อถ่านมอดดับสนิทแล้ว ทำการชั่งน้ำหนักของถ่านที่ได้จากการเผาไหม้

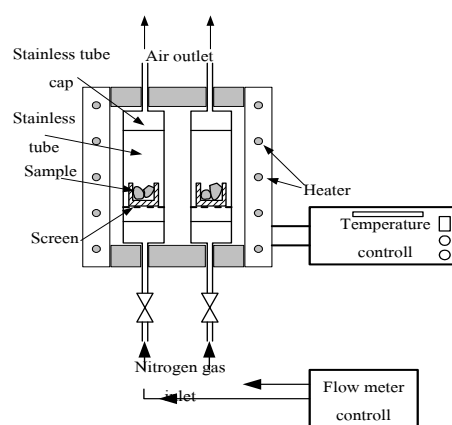
2.4.3 การวิเคราะห์พรอกซิเมท (Proximate analysis)

ขั้นตอนการทำงานแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ก่อนทำการวิเคราะห์มีการเตรียมตัวอย่าง โดยการนำถ่านไปบดให้เป็นผง จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักประมาณ 4-5 g นำตัวอย่างที่ทำการทดสอบใส่ลงในถ้วยทดสอบ ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 นำตัวอย่างทดสอบไปเข้าอบในตู้อบวิเคราะห์พรอกซิเมท ดังรูป 5 หาความชื้น (Moisture content) โดยตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 105°C ปิดวาล์วไนโตรเจน ใช้เวลา 24 h จึงนำตัวอย่างออกมาบันทึกน้ำหนัก

ขั้นที่ 2 นำตัวอย่างทดสอบไปเข้าอบในตู้อบวิเคราะห์พรอกซิเมท ตั้งอุณหภูมิที่ 750°C ปิดวาล์วไนโตรเจนปรับอัตราการไหล 0.0035 m³ min⁻¹ ใช้เวลา 24 h หาปริมาณสารระเหย (Volatime mater) จึงนำตัวอย่างออกมาบันทึกน้ำหนัก

ขั้นที่ 3 นำตัวอย่างทดสอบไปเข้าอบในตู้อบวิเคราะห์พรอกซิเมท ตั้งอุณหภูมิ 950°C ใช้เวลา 24 h หาปริมาณคาร์บอนเสถียร (Fixed carbon) จึงนำตัวอย่างออกมาบันทึกน้ำหนักถ่าน (Ash) ชั่งน้ำหนักปริมาณถ่านที่ได้จากการเผาไหม้ ภาพตัดของอุปกรณ์การวิเคราะห์พรอกซิเมท แสดงไว้ดังรูปที่ 3



รูป 3 ตู้วิเคราะห์พรอกซิเมท

2.3.4 การวิเคราะห์ค่าความร้อน (Heating value)

เป็นการวิเคราะห์หาค่าความร้อน โดยใช้เครื่องบอมบ์ Gallenkamp automatic adiabatic bomb calorimeter ตามมาตรฐานของ ASTM D 240 [5]

3. ผลการศึกษา

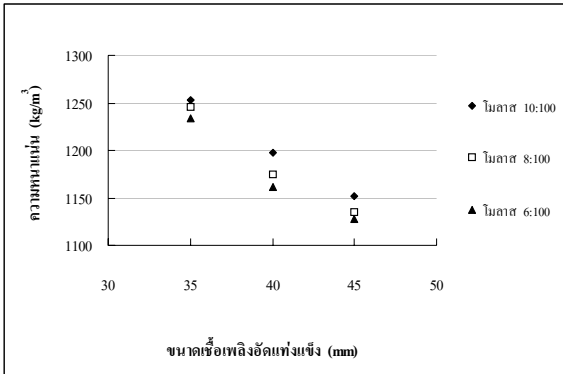
3.1 ผลจากการศึกษาถ่านอัดแท่งทางกายภาพ

3.1.1 อิทธิพลของขนาดเชื้อเพลิงอัดแท่งแข็งกับกับอัตราส่วนผสมมีต่อความหนาแน่น

จากรูปที่ 4 พบว่า ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงแท่งแข็งเปลี่ยนแปลงไป เมื่อขนาดของเชื้อเพลิงแท่งมีการเปลี่ยนแปลง ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงแท่งเพิ่มมากขึ้น เมื่อขนาดของเชื้อเพลิงมีขนาดลดลง ขนาดเชื้อเพลิงแท่งแข็งที่เล็กลงส่งอิทธิพลต่อถ่านอัดแท่งมีค่าความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น [4] เมื่อเทียบกับขนาดของเชื้อเพลิงแท่งแข็งที่ทำการศึกษาทั้ง 3 ขนาด คือ 35 40 และ 45 mm เพราะใน

เชื้อเพลิงแห้งแข็ง ขนาด 35 mm ใช้แรงอัดที่สูงกว่า เนื่องจากขนาดของแห้งเชื้อเพลิงมีขนาดเล็กกว่าเชื้อเพลิงแห้งแข็ง ขนาด 40 และ 45 mm ส่วนอิทธิพลของสัดส่วนผสมของตัวประสานที่ใช้ โมลาส ตัวประสาน ที่อัตราส่วน

ผสมต่างๆ เมื่ออัตราส่วนตัวประสานลดลง 10:100 8:100 และ 6:100 ที่ขนาดของเชื้อเพลิงอัดแห้งแข็ง 35 40 และ 45 mm พบว่าความหนาไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ



รูป 4 เปรียบเทียบความหนาแน่นตามขนาดของเชื้อเพลิงอัดแห้งแข็งที่ใช้โมลาสเป็นตัวประสานผสมที่อัตราส่วนต่างๆ

3.1.2 อิทธิพลของชนิดของตัวประสานกับความหนาแน่น

ในการศึกษาพบว่าความหนาแน่นของถ่านอัดแห้งที่ได้จากตัวประสานที่ต่างกัน 3 ชนิด พบว่าถ่านอัดแห้งที่ใช้โมลาสเป็นตัวประสานมีค่าความหนาแน่นสูงสุดประมาณ 1360 kgm^{-3} ขณะที่ถ่านอัดแห้งที่ใช้มันสำปะหลังดิบสด และแป้งมันสำปะหลังหยาบเป็นตัวประสานมีค่าความหนาแน่น 680 และ 674 kg m^{-3} ตามลำดับ จากความหนาแน่นที่ต่างกันนี้เกิดขึ้นเนื่องจากโมลาสเป็นวัสดุชีวมวล [6] ที่มีความไวในการดูดซับ (Hygroscopic) ความชื้นในบรรยากาศได้ดีกว่า ส่งผลให้โมลาสมีค่าความหนาแน่นที่สูงกว่าเชื้อเพลิงอัดแห้งแข็งที่ใช้ มันสำปะหลังดิบสด และแป้งมันสำปะหลังหยาบเป็นตัวประสาน

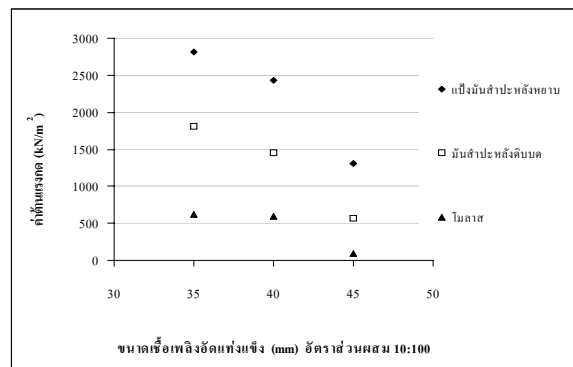
3.1.3 อิทธิพลของขนาดเชื้อเพลิงอัดแห้งกับค่าต้านแรงกด

จากรูปที่ 5 พบว่าในขนาดขนาดเชื้อเพลิงอัดแห้งที่เล็กกว่าส่งอิทธิพลให้ ค่าต้านแรงกดมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เพราะขนาดขนาดเชื้อเพลิงอัดแห้งที่มีขนาดเล็กกว่าผลของแรงอัดจะมีค่าที่สูงกว่าจึงทำให้เมื่อเปลี่ยนขนาดของเชื้อเพลิงอัดแห้งมีขนาดที่เพิ่มขึ้น คือ 35 40 และ 45 mm ตามลำดับ มีผลให้ค่าต้านแรงกดมีค่าลดลงตามขนาดของเชื้อเพลิงอัดแห้ง ค่าต้านแรงกดจะอยู่ที่ 2811.1 kPa 2425.6 kPa และ 1314.2 kPa ตามลำดับ ซึ่งค่าต้านแรงกดของเชื้อเพลิงอัดแห้งต่ำสุด ทางพาณิชย์ที่ยอมรับคือ ค่าต้านแรงกด 375 kPa [3]

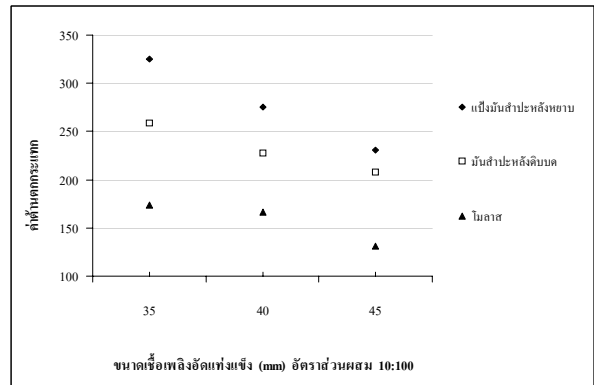
3.1.4 อิทธิพลของขนาดเชื้อเพลิงอัดแห้งกับค่าดัชนีด้านการตกกระแทก

จากรูปที่ 6 เป็นภาพแสดงค่าดัชนีด้านการตกกระแทก ค่าดัชนี ไม่มีหน่วย ค่าดัชนีจะบอกเป็นจำนวนตัวเลข จำนวนตัวเลขที่ค่า

ดัชนีน้อยๆ หมายถึง การตกกระแทกของตัวอย่างที่นำมาทดสอบจำนวนที่แตกหักเสียหายมีมาก ถ้าค่าดัชนีเพิ่มมากขึ้น หมายถึง ค่าด้านการตกกระแทกของตัวอย่างที่ทำการทดสอบ มีการแตกหักน้อย มีค่าด้านการตกกระแทกได้สูงขึ้น ส่วนค่าดัชนีที่เป็นค่าอนันต์ (Infinity) หมายถึง ไม่มีการแตกหักของตัวอย่างที่นำมาทดสอบ จากการทดสอบพบว่าในขนาดเชื้อเพลิงอัดแห้งที่เล็กกว่าส่งอิทธิพลให้ ดัชนีค่าด้านการตกกระแทกมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเปลี่ยนขนาดของเชื้อเพลิงอัดแห้งที่มีขนาดเพิ่มขึ้น คือ 35 40 และ 45 mm ตามลำดับ มีผลให้ค่าดัชนีค่าด้านการตกกระแทกมีค่าลดลง ตามขนาดของเชื้อเพลิงอัดแห้งที่เพิ่มขึ้น ค่าดัชนีด้านการตกกระแทกของเชื้อเพลิงอัดแห้ง จะอยู่ที่ 325 275 และ 231 ตามลำดับ ซึ่งดัชนีค่าด้านการตกกระแทกต่ำสุด ของเชื้อเพลิงอัดแห้งทางพาณิชย์ที่ยอมรับ คือ ดัชนีค่าด้านการตกกระแทก 50 [3]



รูป 5 ค่าต้านแรงกดของขนาดเชื้อเพลิงอัดแห้งแข็งกับชนิดของตัวประสานต่างๆ



รูป 6 ค่าดัชนีด้านการตกกระแทกของขนาดเชื้อเพลิงอัดแห้งแข็งกับชนิดของตัวประสานต่างๆ

ส่วนค่าดัชนีด้านการตกกระแทกมีค่าเพิ่มขึ้นตามแต่ละชนิดของตัวประสานเปลี่ยนไปคือ ค่าดัชนีด้านการตกกระแทก มีค่าสูงสุดคือ ตัวประสานที่เป็นแป้งมันสำปะหลังหยาบ รองลงมา คือ มันสำปะหลังดิบสด และ โมลาส ตามลำดับ ดัชนีค่าด้านการตกกระแทกอยู่ระหว่าง 231-325 208-258 และ 131-174 ตามลำดับ

3.2 ผลการวิเคราะห์ทางการใช้งาน

จากตารางที่ 2 พบว่า เมื่อนำขนาดของเชื้อเพลิงอัดแท่ง หรือ ถ่านอัดแท่ง ที่ใช้ โมลาสเป็นตัวประสาน ที่อัตราส่วน 6:100 มาทำการเปรียบเทียบทดสอบการใช้งาน พบว่าอิทธิพลขนาดของเชื้อเพลิงอัดแท่ง ขนาด 35 mm ส่งผลต่อความจุดไฟติด (Ignitability) การแพร่ควัน (Smoke emission) และ ระยะเวลาการเผาไหม้ (Burning time) มีแนวโน้มที่จะมากกว่า ขนาดของเชื้อเพลิงอัดแท่ง 40 และ 45 mm แต่มีความแตกต่างที่น้อยมาก ผลการวิเคราะห์การใช้งานไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการแตกปะทุกระเด็นของสะเก็ดของเชื้อเพลิงอัดแท่งไม่เกิดขึ้น การเกิดควัน จะมีในช่วงระยะเวลาเริ่มแรก ซึ่งจากการสังเกตกลุ่มควันที่เกิดขึ้นมีการแพร่ไม่มาก ดังรูปที่ 9 ในตัวประสานที่เป็น แป้งมันหยาบ และมันสำปะหลังดิบบด ที่อัตราส่วน 8:100 และ 10:100 มีแนวโน้มของผลการทดสอบที่คล้ายกัน

ตาราง 2 การวิเคราะห์การใช้งานกับขนาดของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ทดสอบการใช้งาน	ตัวประสาน โมลาส สัดส่วน 6:100 โดยน้ำหนัก		
	ขนาดเชื้อเพลิงอัดแท่ง (mm)		
หน่วย (min)	35	40	45
Ignitability	3.5	3.2	3.0
Smoke emission	15.6	15.2	15.0
Crackling & Spitting	0	0	0
Burning time	140	130	120



รูป 9 ปริมาณควัน (Smoke emission) ช่วงติดไฟ

3.3 ผลการวิเคราะห์พหุองค์ประกอบ (Proximate analysis)

การวิเคราะห์พหุองค์ประกอบ ผลการทดลองเปรียบเทียบเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้ มันดิบบดเป็นตัวประสาน อัตราส่วนผสม ตัวประสาน:น้ำหนักรวม 6:100 โดยน้ำหนัก เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ขนาดต่างๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3 พบว่า ผลการวิเคราะห์พหุองค์ประกอบ กับ ขนาดเชื้อเพลิงอัดแท่ง

เมื่อขนาดเชื้อเพลิงอัดแท่งแข็งมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ค่าพหุองค์ประกอบไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากอัตราส่วนของตัวประสานที่ใช้ผสมกับกับผงถ่านในอัตราส่วนมีความแตกต่างน้อย

ตาราง 3 ตารางแสดงผลทดสอบพหุองค์ประกอบของเชื้อเพลิงอัดแท่งขนาดต่างๆ

Proximate analysis (%)	Binder Cassava ratio 6:100		
	Diameter (mm)		
	35	40	45
Moisture content	6.41	6.70	6.72
Volatine matter	13.10	13.11	13.30
Fixed carbon	72.28	71.32	70.21
Ash	8.21	8.87	9.77

3.3 ผลการวิเคราะห์ค่าความร้อน (Heating value)

จากตารางที่ 4 พบว่า ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่ง มีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนแปลงตามชนิดของตัวประสาน แต่เป็นการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมาก ในเชื้อเพลิงอัดแท่งขนาด 40 และ 45 mm มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายกัน การเปลี่ยนแปลงของค่าความร้อนตามตามชนิดของตัวประสาน และขนาดของเชื้อเพลิงอัดแท่ง ที่อัตราส่วน 6:100 8:100 และ 10:100 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตาราง 4 ผลการวิเคราะห์ค่าความร้อนกับชนิดตัวประสาน

Ratio	Die diameter 35 mm		
	Heating value (MJ/kg)		
	Cassava	Coarse starch	Molasses
6:100	27.44	27.39	27.07
8:100	27.40	27.31	27.06
10:100	27.27	27.25	27.05

4 สรุปผลการทดลอง

การศึกษาการนำต้นโสนที่เป็นวัชพืชมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งแข็ง หรือ ถ่านอัดแท่ง เมื่อเทียบค่าความแข็งแรงของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านต้นโสนมีค่าสูงกว่าค่าความแข็งแรงทางพาณิชย์ที่ยอมรับ และค่าความร้อน ที่ใช้มันสำปะหลังดิบบดเป็นตัวประสานได้ค่าความร้อนสูงที่สุด จากตัวประสานทั้ง 3 ชนิด ที่อัตราส่วนผสม 6:100 มีค่าประมาณ 27.44 MJ/kg เมื่อเทียบกับถ่านไม้ทั่วไปมีค่าความร้อนประมาณ 28.98 MJ/kg [7] เพราะสามารถให้ค่าความแข็งแรง ค่าความร้อนที่ใกล้เคียงกัน และ ให้ค่าความร้อนเกินถ่านอัดแท่งมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนดไว้ คือมีค่าความร้อนประมาณ 21.00 MJ/kg [8] และค่าความชื้น ประมาณ 6.72%db โดยน้ำหนักมีค่าต่ำกว่าถ่านอัดแท่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนดไว้ไม่เกิน 8%db [8] โดยน้ำหนักเชื้อเพลิงอัดแท่งแข็ง จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าชนิดของตัวประสานขนาดของเชื้อเพลิงอัดแท่ง และอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตที่ดีที่สุดคือ ใช้มันสำปะหลังดิบบดเป็นตัวประสาน ที่ขนาด 35 mm อัตราส่วนผสมที่ 10:100 เป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง รองลงมาได้แก่ แป้งมันสำปะหลังหยาบ และโมลาสตามลำดับ ดังนั้นถ่านอัดแท่งจากต้นโสน จากการศึกษาวิจัยนี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์แทนถ่านไม้ได้ ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการนำวัชพืชมาใช้ให้เกิดประโยชน์ เพื่อผลิตเป็น

เชื้อเพลิงแห้งแข็ง แทนการใช้ไม้มาทำการผลิตถ่านนำไปใช้งาน แต่จะต้องมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในหลายปัจจัยที่ประกอบในการผลิตต่อไป เช่นแหล่งและปริมาณของวัตถุดิบที่มีอยู่ต่อปี ชนิดสมบัติและราคาของตัวประสาน วิธีการลดเวลาในการอบแห้งให้น้อยลงกว่าเดิม ความสิ้นเปลืองพลังงานเครื่องอัดแต่ละชนิดที่ใช้ในการอัดแห้ง และอัตราการผลิตที่มากพอให้คุ้มต่อการลงทุน จากปัจจัยต่างๆเหล่านี้ จะส่งผลทำให้ลดค่าใช้จ่ายต้นทุนในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแห้งแข็ง หรือถ่านอัดแห้ง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงอัดแห้งแข็งต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. สถาพร เกษมศรีวิวัฒน์. "การเปรียบเทียบการจัดการผลิตและตลาดถ่านจากไม้ยูคาลิปตัสของผู้เผาถ่านในกลุ่มและนอกกลุ่มสหกรณ์ผู้ปลูกป่าขอนแก่นจำกัด". รายงานการศึกษาระยะ วศ.ม. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2546.
 2. Bhattacharya SC, Shrestha RM. Biotechnology and economics, RFRIC Asian Institute of Technology (AIT), Bangkok, 1990, ISBN 974-888201-441.
 3. Richard SR, "Physical of Fuel Briquettes". Fuel Processing Technology, Vol. 25, pp. 89-100, 1989.
 4. Husain Z, Zainac Z, Addullah Z, "Briquetting of palm fiber and shell from the processing of palm nuts to palm oil", Biomass and Bioenergy, Vol. 22, No. 10, pp. 505-509, 2002.
 5. Annual Book of ASTM Standard. "Gross Calorific value of Solid Fuel by the Adiabatic Bomb Calorimeter". Part 26, 1977, D2015-66, 1977.
 6. Singh RN. "Equilibrium moisture content of biomass briquettes". Biomass and Bioenergy, Vol. 22, pp. 251-253, 2004.
 7. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. "ถ่าน : การผลิตที่ถูกต้องวิธีและประโยชน์". กรุงเทพฯ. 2544.
- [8] [http:// www.tisi.go.th/otop](http://www.tisi.go.th/otop)