

เชื้อเพลิงอัดแท่งจากใบไม้เพื่อเป็นพลังงานทดแทน Fuel Briquette from Leaves to Renewable Energy

สินเดม ดีโต¹ สุรัสวดี ปลิวโพ¹ กฤษณา คุรุวิทย์² ปาจารย์ ชูประยูร¹ นฤมล กุลศิริศรีตระกูล¹ เพ็ญพร วินัยเรืองฤทธิ์¹

¹ สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร

² สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

41 หมู่7 ถนนพหลโยธิน ตำบลไม้งาม อำเภอเมือง จังหวัดตาก 63000 โทรศัพท์: 086 5927197 E-mail: deetos@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากใบไม้ เพื่อเป็นพลังงานทดแทน ซึ่งทำการทดสอบพบว่า 1. อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของตัวประสานจากการนำแป้งมันผสมน้ำ คือ อัตราส่วน 7 : 3 เปอร์เซ็นต์โดยมวล 2. อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของใบไม้จำนวน 5 ประเภท คือ ใบยูคาลิปตัส ใบมะม่วง ใบสัก ใบหูกวาง และทุกชนิด รวมกันกับตัวประสาน คือ อัตราส่วน 7 : 3 เปอร์เซ็นต์โดยมวล และ 3. ประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งด้านต่างๆ พบว่า ค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากใบยูคาลิปตัสจะให้ค่าพลังงานความร้อนสูงที่สุดคือ 4,187.73 cal/g ค่าความชื้นต่ำสุดร้อยละ 5.33 และค่าปริมาณเถ้าต่ำสุดประมาณร้อยละ 5.682 โดยใกล้เคียงกับถ่านไม้เบญจพรรณ ค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากใบหูกวางจะสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้อยที่สุด คือที่ 1.30 kg/hr

คำสำคัญ: เชื้อเพลิงอัดแท่ง ใบไม้ ค่าพลังงานความร้อน อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

Abstract

The purpose of this research was study the process of fuel briquette from leaves to renewable energy. Also, this was tested as follow 1. The appropriate mixing ratio of bonding which was made from tapioca mixed water was the ratio 7:3 percent by mass 2. The appropriate mixing ratio bonding with a kind of leaves 5 types; eucalyptus, mango, teak, malabar almond and all mixed up was the ratio 7:3 percent by mass and 3. The efficiency of fuel briquette from leaves was shown that the High Heating Value (HHV) of fuel briquette from the eucalyptus leaves would give the highest heat, lowest moisture and lowest ash's quality when comparing with others which were 4,187.73 cal/g 5.33% and 5.68% respectively. Besides, the fuel consumption rate of the fuel briquette from malabar almond leaf was the lowest consumption rate 1.30 kg/hr.

Keywords: Fuel Briquette, Leaves, High Heating Value (HHV), Fuel Consumption Rate

1. บทนำ

ปัจจุบันพลังงานเชื้อเพลิงนับว่ามีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างมาก พลังงานเชื้อเพลิงที่มนุษย์นำมาใช้นั้นจะมีอยู่ด้วยกันหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่ในการใช้งานและวัตถุดิบ เช่น ถ่านไม้ ฟืน ก๊าซและน้ำมัน การหาพลังงานทดแทนจากเชื้อเพลิงมวลชีวภาพจึงเป็นเรื่องน่าสนใจในการศึกษานำมาพิจารณาปรับปรุงเป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้มซึ่งจะเป็นทางเลือกใหม่ของเชื้อเพลิงราคาถูกช่วยทดแทนพลังงานจากฟืนและถ่านไม้ที่เริ่มขาดแคลนช่วยลดการตัดไม้ทำลายป่าอีกด้วย ในปี 2540 ประเทศไทยมีความต้องการใช้พลังงานโดยมีสัดส่วนความต้องการใช้น้ำมันถึงร้อยละ 42 พลังงานหมุนเวียนร้อยละ 26 ก๊าซธรรมชาติร้อยละ 17 ถ่านหินร้อยละ 9 การนำเข้าถ่านหิน และไฟฟ้าเป็นสัดส่วนเท่ากันคือร้อยละ 3 จะเห็นได้ว่าสัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียนของประเทศไทยค่อนข้างสูง ซึ่งพลังงานหมุนเวียนที่นิยมกันมากได้แก่ไม้ฟืน ถ่าน กากอ้อยและแกลบ ซึ่งส่วนใหญ่จะถูกนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้มของครัวเรือนในชนบทและในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อให้มั่นใจว่าในอนาคตจะมีพลังงานใช้กันอย่างพอเพียงจึงต้องพิจารณาแหล่งพลังงานทุกชนิดที่สามารถนำมาใช้และเอื้อประโยชน์ พลังงานหมุนเวียนเป็นพลังงานที่สะอาดแต่ยังไม่สามารถเป็นพลังงานขนาดใหญ่ได้รวมทั้งราคาสูงมาก การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำพลังงานทดแทนอื่นๆมาใช้ให้เกิดประโยชน์จึงเป็นสิ่งจำเป็นและเร่งด่วนโดยที่ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมจึงมีสิ่งสูญเสียและสิ่งเหลือใช้จากภาคเกษตรกรรมโรงงานอุตสาหกรรมด้านเกษตรกรรมต่าง ๆ เช่นขานอ้อยเน่าเปื่อย กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม กะลาตาล เปลือกผลไม้หรือวัชพืชต่างๆ อยู่จำนวนมากการนำขานอ้อยเน่าเปื่อยเศษวัสดุทางการเกษตรหรือวัชพืชต่างๆ เหล่านี้มาทำให้เกิดประโยชน์ในการใช้พลังงานทดแทนฟืนและถ่านนั้นก่อให้เกิดพลังงานเชื้อเพลิงทดแทนสำหรับหุงต้มในครัวเรือนในราคาที่ถูกลงและเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยรักษาและอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ของชาติที่สำคัญอีกด้วย

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาแนวทางในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากใบไม้เพื่อเป็นพลังงานทดแทน

2.2 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากใบไม้แต่ละชนิดกับเชื้อเพลิงจากถ่านไม้เบญจพรรณที่มีขายตามท้องตลาดทั่วไป

3. แนวคิด ทฤษฎี กรอบแนวคิดการวิจัยและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชีวมวล (Biomass) หมายถึงพืชและสัตว์ที่เป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่สำคัญของโลกและถูกจัดเป็นพลังงานทดแทนพลังงานจากฟอสซิลซึ่งมีอยู่อย่างจำกัดและอาจหมดลงได้ แบ่งชีวมวลตามแหล่งที่มาได้ดังนี้

ก) พืชผลทางการเกษตร (Agricultural Crops) เช่น อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพด ข้าวฟ่างหวาน ที่เป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรต แป้งและน้ำตาล รวมถึงพืชน้ำมันต่างๆ ที่สามารถนำน้ำมันมาใช้เป็นพลังงานได้

ข) เศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร (Agricultural Residues) เช่น ฟางข้าว เศษลำต้นข้าวโพด ชังข้าวโพด เหง้ามันสำปะหลัง

ค) ไม้และเศษไม้ (Wood and Wood Residues) เช่น ไม้โตเร็ว ยูคาลิปตัส กระถินณรงค์ เศษไม้จากโรงงานผลิตเครื่องเรือน และโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ เป็นต้น

ง) ของเหลือจากจากอุตสาหกรรมและชุมชน (Waste Streams) เช่น กากน้ำตาล และขานอ้อยจากโรงงานน้ำตาล แกลบ ชี้อเลี้ยง เส้นใยปาล์ม และกะลาปาล์ม

พลังงานชีวมวล (Bio-Energy) หมายถึง พลังงานที่ได้จากชีวมวลชนิดต่างๆ ดังที่กล่าวแล้วข้างต้น โดยกระบวนการแปรรูปชีวมวลไปเป็นพลังงานรูปแบบต่างๆ มีดังนี้คือ

ก) การเผาไหม้โดยตรง (Combustion) เมื่อชีวมวลมาเผา จะได้รับความร้อนออกมาตามค่าความร้อนของชนิดชีวมวลความร้อนที่ได้จากการเผาสามารถนำไปใช้ในการผลิตไอน้ำที่มีอุณหภูมิ และความดันสูงไอน้ำนี้จะถูกนำไปขับเคลื่อนกังหันไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าต่อไป ตัวอย่างชีวมวลประเภทนี้คือ เศษวัสดุทางการเกษตรและเศษไม้

ข) การผลิตก๊าซ (Gasification) เป็นกระบวนการเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งหรือชีวมวลให้เป็นแก๊สเชื้อเพลิง เรียกว่าแก๊สชีวภาพ (biogas) มีองค์ประกอบของแก๊สมีเทน แก๊สไฮโดรเจน แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สามารถนำไปใช้สำหรับกังหันแก๊ส

ค) การหมัก (Fermentation) เป็นการนำชีวมวลมาหมักด้วยแบคทีเรียในสภาวะไร้อากาศ ชีวมวลจะถูกย่อยสลายและแตกตัวเกิดแก๊สชีวภาพที่มีองค์ประกอบของแก๊สมีเทน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สมีเทนใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สำหรับผลิตไฟฟ้า นอกจากนี้สามารถใช้ขยะอินทรีย์ชุมชน มูลสัตว์ น้ำเสียจากชุมชนหรืออุตสาหกรรมเกษตรเป็นแหล่งวัตถุดิบชีวมวลได้

ง) การผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากพืช มีกระบวนการที่ใช้ผลิตโดยกระบวนการทางชีวภาพ ทำการย่อยสลายแป้ง น้ำตาล และเซลลูโลสจากพืชทางการเกษตร เช่น อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพด ข้าวฟ่างหวาน กากน้ำตาล และเศษลำต้นอ้อย ให้เป็นเอทานอล เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงเหลวในเครื่องยนต์เบนซินพลังงานชีวมวลได้แก่ เอทานอล และไบโอดีเซล

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เกศกนก [6] มหาวิทยาลัยมหาสารคามได้ทำการศึกษารื่องการเปรียบเทียบค่าความร้อนจากถ่านชีวภาพโดยศึกษาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาห้อตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อนำมาทำถ่าน

ชีวภาพโดยใช้มูลสัตว์เป็นตัวประสานในการทดลองนี้ได้ทำการทดลองประกอบด้วยชุดการทดลองดังนี้ ขานอ้อยเพียงอย่างเดียวขานอ้อยผสมกับกาบมะพร้าว ในอัตรา 1:1:1 ถึง 4:1:1 ขานอ้อยผสมลำต้นมันสำปะหลังในอัตราส่วน1:1:1 ถึง 4:1:1 และนำวัสดุทั้งสามชนิดมาผสมกันแล้วนำมาอัดเป็นแท่งวัดค่าความร้อนด้วยเครื่อง Bomb calorimeter ตามลำดับอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนเฉลี่ยมากที่สุดคือ ขานอ้อยผสมลำต้นมันสำปะหลัง และอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนเฉลี่ยน้อยที่สุดคือขานอ้อยผสมลำต้นมันสำปะหลัง การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตเมื่อพิจารณาผลการทดลองจากค่าความร้อนการต้มน้ำปริมาณคว้นและลักษณะของถ่านพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตคือ อัตราส่วน 2:1:1 ทั้งขานอ้อยผสมลำต้นมันสำปะหลังและขานอ้อยผสมกาบมะพร้าว

จักรพันธ์ และคณะ [7] สาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ได้ทำการศึกษารื่อง การจัดสร้างเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแข็งเนื่องจากเล็งเห็นความสำคัญของวัสดุเหลือใช้จึงได้มีการนำเอาวัสดุเหลือใช้มาทำเป็นเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแข็งในการจัดสร้างเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแข็งนี้ได้ใช้กะลามะพร้าวกับขี้เถ้าเป็นวัสดุในการทดสอบการอัดให้แท่งพบว่าความแข็งแรงของแท่งเชื้อเพลิงขึ้นอยู่กัวัสดุที่นำมาอัดสำหรับรูปแบบของเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแข็งนี้อาศัยโครงสร้างการอัดแบบสกรูเกลียวอัดที่ทำให้เกิดแรงอัดที่จะทำให้แท่งเชื้อเพลิงไหลเป็นแท่งและยังใช้ตัวประสาน คือ แป้งเปียกในการอัดเชื้อเพลิง

เมธา และคณะ [8] สาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาได้ทำการศึกษารื่อง การสร้างเครื่องย่อยใบไม้ วัตถุดิบที่ใช้ คือ ใบไม้แห้งเมื่อย่อยใบไม้เสร็จแล้วสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยการนำไปทำปุ๋ยหมักผลที่ได้จากการทดลองพบว่าการย่อยใบไม้ซึ่งใช้วัตถุดิบในการทดลองน้ำหนัก 100 กิโลกรัมสามารถย่อยได้โดยใช้เวลาเฉลี่ย 52.50 นาที โดยความยาวสูงสุดของใบไม้มีความยาวเฉลี่ย 15.20 มิลลิเมตร

จิรศักดิ์ และนายชัยยศ [9] สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ได้ทำการศึกษารื่อง การพัฒนาเชื้อเพลิงอัดแท่งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้พลังงานความร้อนวัตถุดิบที่ใช้ คือ กะลามะพร้าว ชังข้าวโพด แกลบ ชี้อเลี้ยง ทำการอัดแท่งเชื้อเพลิงเพื่อทำการเปรียบเทียบค่าพลังงานความร้อนแต่ละชนิดเวลาในการต้มน้ำใน 100 องศาเซลเซียส และค่าความหนาแน่นผลจากการทดลองพบว่ากะลามะพร้าวให้ค่าพลังงานความร้อนสูงสุด และต่ำสุด คือ และค่าความหนาแน่นต่ำสุดคือ แกลบค่าความหนาแน่นมากที่สุดคือชี้อเลี้ยง

ประลอง ดำรงค์ไทย [10] จากการศึกษาทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตแท่งเชื้อเพลิงเขียวเพื่อทดแทนฟืนและถ่านในแง่เศรษฐกิจโดยใช้วัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานน้ำตาล คือขานอ้อย นำเปื่อยผสมกับขุยมะพร้าวในอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ 3:1 และ 4:1 โดยมีความชื้นที่พอเหมาะอัดด้วยเครื่องอัดเย็นเมื่อได้แท่งเชื้อเพลิงเขียวแล้วจึงนำไปตากแดดให้แห้งเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนฟืนและถ่าน

4. วิธีดำเนินงาน

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงขั้นตอน การเตรียมวัตถุดิบ การอัดแท่งเชื้อเพลิง ตลอดจนขั้นตอนการดำเนินงาน การศึกษาคุณสมบัติของ

เชื้อเพลิงอัดแท่ง ที่ได้จากกระบวนการนำวัตถุดิบไปไม่มาอัดแท่งจนเสร็จสิ้นสมบูรณ์

4.1 การวางแผนขั้นตอนการดำเนินงาน

4.2 การเตรียมวัตถุดิบ เครื่องมือ และอุปกรณ์

4.2.1 วัตถุดิบไปไม่ที่ร่วนหล่นจากต้น 5 ชนิด คือ ใบยูคา ลิปดัส ใบมะม่วง ใบสัก ใบทุกวาง และทุกชนิดรวมกัน

4.2.2 นำวัตถุดิบไปไม่ที่ได้มาทำการย่อยด้วยเครื่องย่อยไปไม่



ภาพที่ 4-1 ลักษณะไปไม่ก่อนและหลังทำการย่อย

4.2.3 เครื่องย่อยไปไม่ สำหรับย่อยไปไม่โดยใช้ใบมีดหมุนตีให้ไปไม่ย่อย ร่วนผ่านตะแกรง

4.2.4 เครื่องกดอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง สำหรับอัดแท่งเชื้อเพลิงวัสดุก่อนอัดจะต้องบดหรือย่อยวัสดุให้สม่ำเสมอ การบดอัดของวัสดุที่เกิดจากแรงขัดสีของวัสดุกับเกลียว ภายใต้แรงดันสูงโดยมีความร้อนเข้าช่วยให้แป้งมันละลายเป็นตัวประสาน



ภาพที่ 4-2 เครื่องย่อยไปไม่และเครื่องกดอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง

4.2.5 เครื่อง Auto Bomb Calorimeter เป็นเครื่องมือตรวจวัดค่าพลังงานความร้อน ค่าความชื้น และปริมาณเถ้าในแท่งเชื้อเพลิง

4.2.6 เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิ เป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิของสิ่งของ และร่างกายคนหรือสัตว์ เป็นเทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้วัดอุณหภูมิทั่วไป ใช้วัดอุณหภูมิของน้ำโดยการจุ่มเทอร์โมมิเตอร์ลงในน้ำที่ต้ม



ภาพที่ 4-3 เครื่อง Auto Bomb Calorimeter

4.2.7 เครื่องชั่งสำหรับชั่งวัสดุในการทดลองเครื่องชั่งน้ำหนักแบบตั้งพื้น ใช้สำหรับชั่งแท่งเชื้อเพลิงที่อัดแล้ว

4.2.8 เตาถ่านสำหรับหุงต้ม หรือเตาอั้งโล่เป็นเตาที่ต้องใช้ฟืนและถ่านเป็นเชื้อเพลิง ใช้สำหรับการต้มน้ำในการทดลอง

4.2.9 นาฬิกาจับเวลา เป็นเครื่องมือใช้สำหรับบันทึกเวลาในการต้มน้ำเดือด

4.2.10 ภาชนะในการบรรจุน้ำใช้สำหรับต้มน้ำในการทดลอง เพื่อหาอัตราการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง

4.2.11 ภาชนะผสมวัตถุดิบ ใช้สำหรับผสมไปไม่ที่ย่อยกับตัวประสาน เพื่อนำไปอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องกดอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง

4.3 เจริญไชการทดลอง

4.3.1 ใช้อัตราส่วนของวัตถุดิบ 2 ชนิด ใช้ตัวประสานที่ทำจากแป้งมันผสมกับน้ำเป็นตัวประสาน

4.3.2 ตรวจสอบแท่งเชื้อเพลิงที่อัดแล้ว โดยการสังเกตด้วยตา และใช้มือสัมผัสว่าแท่งเชื้อเพลิงที่อัดออกมานั้น มีลักษณะตามที่ต้องการหรือไม่

4.3.3 นำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากไปไม่แต่ละชนิด กับเชื้อเพลิงถ่านไม้เบญจพรรณ มาเปรียบเทียบกับหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงโดยการทดสอบด้วยการต้มน้ำให้ได้อุณหภูมิเท่ากัน

4.3.4 ทำการทดลองในสภาวะห้องปิด การไหลของอากาศเป็นแบบธรรมชาติ

4.3.5 ทดลองเสร็จทำการปิดเตาทันที ไม่มีการไหลของอากาศเกิดการเผาไหม้ภายในเตา

4.3.6 นำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากไปไม่แต่ละชนิดมาเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงถ่านไม้เบญจพรรณโดยตรวจสอบด้วยเครื่อง Auto Bomb Calorimeter ซึ่งจะบอกค่าพลังงานความร้อน ค่าความชื้น และปริมาณเถ้าในแท่งเชื้อเพลิง

4.3.7 ทำการเปรียบเทียบไปไม่แต่ละชนิดและทุกชนิดรวมกันกับเชื้อเพลิงถ่านไม้เบญจพรรณตามห้องทดลอง

4.4 การเตรียมเชื้อเพลิงอัดแท่ง

เมื่อทำการย่อยไปไม่ และจัดเตรียมวัสดุเครื่องอุปกรณ์ครบสมบูรณ์แล้วขั้นตอนต่อไปเป็นการอัดแท่งเชื้อเพลิงด้วยเครื่องกดอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิงอัดแท่งเพื่อเก็บข้อมูลและบันทึกผลที่ใช้ทำการอัดแท่งเชื้อเพลิงมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.4.1 นำวัตถุดิบที่เป็นไปไม่แต่ละชนิดและทุกชนิดรวมกันมาทำการผสมหาอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยใช้ตัวประสานที่ทำจากแป้งมันผสมกับน้ำเป็นตัวประสานในอัตราส่วน วัตถุดิบต่อตัวประสาน เพื่อทำการเปรียบเทียบและเก็บข้อมูลแต่ละชนิด



ภาพที่ 4-4 การชั่งอัตราส่วนวัตถุดิบกับตัวประสาน

4.4.2 อัดแท่งเชื้อเพลิงตามอัตราส่วนของวัตถุดิบ คือ วัตถุดิบต่อตัวประสานที่ทำจากแป้งมันผสมกับน้ำเป็นตัวประสาน (8:2) เปรอร์เซ็นต์โดยมวล แท่งเชื้อเพลิงที่ได้ มีลักษณะผิวไม่เรียบ ขรุขระ การยึดเกาะกันระหว่างไปไม่กับตัวประสานไม่ดีแตกหักได้ง่าย



สูตร 1

ภาพที่ 4-5 แท่งเชื้อเพลิงตามอัตราส่วนผสมวัตถุดิบต่อตัวประสานที่ทำจากแป้งมันผสมกับน้ำเป็นตัวประสาน (8:2) เปรอร์เซ็นต์โดยมวล

4.4.3 อัดแท่งเชื้อเพลิงตามอัตราส่วนของวัตถุดิบคือ วัตถุดิบต่อตัวประสานที่ทำจากแป้งมันผสมกับน้ำเป็นตัวประสาน (7:3)

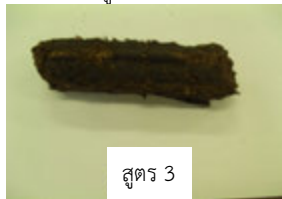
เปอร์เซ็นต์โดยมวล แห่งเชื้อเพลิงที่ได้มีรูปทรงที่แน่นอน ยึดเกาะกันได้
 ดี เหนียวแข็งไม่เปราะ สามารถนำไปอัดกับเครื่องกดอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิง
 อัดแห้งได้ดี



สูตร 2

ภาพที่ 4-6 แท่งเชื้อเพลิงตามอัตราส่วนผสมวัตถุดิบต่อตัวประสานที่ทำ
 จากแป้งมันผสมกับน้ำเป็นตัวประสาน (7:3) เปอร์เซ็นต์โดยมวล

4.4.4 อัดแท่งเชื้อเพลิงตามอัตราส่วนของวัตถุดิบ คือ
 วัตถุดิบต่อตัวประสานที่ทำจากแป้งมันผสมกับน้ำเป็นตัวประสาน (6:4)
 เปอร์เซ็นต์โดยมวล แห่งเชื้อเพลิงที่ได้มีลักษณะ แข็งเหนียวแต่ผิวไม่
 เรียบ ขรุขระ ครีบกแตก ไม่เป็นรูปทรง



สูตร 3

ภาพที่ 4-7 แท่งเชื้อเพลิงตามอัตราส่วนผสมวัตถุดิบต่อตัวประสานที่
 ทำจากแป้งมันผสมกับน้ำเป็นตัวประสาน (6:2) เปอร์เซ็นต์โดยมวล

4.4.5 ทำการอัดแท่งเชื้อเพลิงตามอัตราส่วนของวัตถุดิบที่
 เหมาะสม คือ วัตถุดิบต่อตัวประสานที่ทำจากแป้งมันผสมกับน้ำเป็นตัว
 ประสาน (7:3) เปอร์เซ็นต์โดยมวล

4.4.6 นำเชื้อเพลิงที่อัดได้ทำการชั่งน้ำหนัก



ภาพที่ 4-8 การอัดแท่งเชื้อเพลิง ชั่งน้ำหนักแท่งเชื้อเพลิง และการ
 อบแห้งแท่งเชื้อเพลิง

4.4.7 นำเชื้อเพลิงอัดแห้งแต่ละชนิดมาไล่ความชื้นโดยการ
 อบให้แห้ง

4.4.8 นำเชื้อเพลิงที่อบแห้งแต่ละชนิดมาชั่งน้ำหนัก

4.5 การทดสอบคุณภาพแท่งเชื้อเพลิงการตรวจสอบด้วย
 เครื่อง Auto Bomb Calorimeter

4.5.1 การตรวจสอบด้วยเครื่อง Auto Bomb Calorimeter เมื่อทำการอัดแท่งวัตถุดิบเสร็จเรียบร้อยแล้วขั้นตอน
 ต่อไปเป็นการตรวจสอบด้วยเครื่อง Auto Bomb Calorimeter เพื่อ
 ตรวจวัดค่าพลังงานความร้อน ค่าความชื้น และปริมาณเถ้าในเชื้อเพลิง
 เพื่อเก็บข้อมูลและบันทึกผลมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.5.1.1 นำเชื้อเพลิงอัดแห้งจากไบโอดีเซลแต่ละชนิดทำการทุบ
 ให้แตกแล้วนำไปย่อยให้เป็นผง

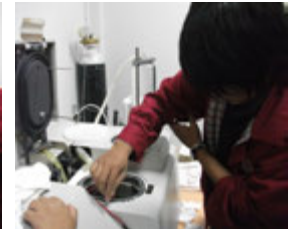


ภาพที่ 4-9 การย่อยแท่งเชื้อเพลิง

4.5.1.2 นำผงเชื้อเพลิงอัดแห้งที่ได้จากวัตถุดิบที่เป็นไบโอดีเซล
 แต่ละชนิดและทุกชนิดรวมกันมาทำการชั่งน้ำหนักให้ได้ตัวอย่างละ
 ประมาณ 3.00 กรัม

4.5.1.3 นำผงเชื้อเพลิงที่ชั่งได้นำหนักแล้วมาทดสอบด้วย
 เครื่อง Auto Bomb Calorimeter

4.5.1.4 จัดเก็บและบันทึกผลด้วยคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 4-10 การเตรียมตัวอย่างแท่งเชื้อเพลิงทดสอบด้วยเครื่อง Auto
 Bomb Calorimeter

4.5.2 การตรวจสอบด้วยการต้มน้ำให้ได้อุณหภูมิที่เท่ากัน

4.5.2.1 นำเชื้อเพลิงอัดแห้งจากไบโอดีเซลแต่ละชนิด และทุก
 ชนิดรวมกันและถ่านไม้เบญจพรรณ มาทำการชั่งน้ำหนัก ให้ได้ 1 kg

4.5.2.2 ทำการก่อไฟด้วยเชื้อเพลิงอัดแห้งจากไบโอดีเซลแต่ละ
 ชนิด และทุกชนิดรวมกัน และถ่านไม้เบญจพรรณ



ภาพที่ 4-11 การหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

4.5.2.3 ต้มน้ำให้มีอุณหภูมิที่ 70 °C

4.5.2.4 ทำการวัดอุณหภูมิของน้ำ

4.5.2.5 เมื่อต้มน้ำให้ได้อุณหภูมิที่เท่ากันแล้วทำการปิดเตา
 และรอให้เย็น หลังจากนั้นนำแท่งเชื้อเพลิงที่เหลือมาทำการชั่งน้ำหนัก
 เพื่อหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

5. ผลการศึกษา/การทดลอง

5.1 ผลการทดลองการหาอัตราส่วนผสม
5.1.1 ผลการทดลองการหาอัตราส่วนผสมของตัวประสานที่ทำจากแป้งมันผสมกับน้ำ
ตารางที่ 5-1 ผลการทดลองการหาอัตราส่วนผสมของตัวประสานที่ทำจากแป้งมันผสมกับน้ำ

สูตร	น้ำ : แป้ง (เปอร์เซ็นต์โดยมวล)	ผลที่ได้
1	9 : 1	เหลว ไม่เหนียว ไม่เกาะตัวกัน
2	8 : 2	เหลว ไม่เหนียว
3	7 : 3	เหลว ไม่เกาะตัว
4	6 : 4	เริ่มเกาะตัวกัน แต่ยังไม่ค่อยเหนียว
5	5 : 5	ยึดเกาะตัวกันดี นำไปผสมกับใบไม้ได้ดี
6	4 : 6	ยึดเกาะตัวกันดี แต่เหนียวมากเกินไป
7	3 : 7	เหนียวมาก เมื่ออัดแท่งเชื้อเพลิงจะติดกระบอกอัด
8	2 : 8	เหนียวมาก เมื่ออัดแท่งเชื้อเพลิงจะติดกระบอกอัด
9	1 : 9	เหนียวมาก ไม่สามารถนำมาอัดกับเครื่องอัดได้

จากตารางที่ 5-1 ผลการทดลองการหาอัตราส่วนผสมของตัวประสาน น้ำ:แป้งมัน ตามสูตรที่ 1 จะพบว่าตัวประสานที่ทำจากแป้งมันผสมกับน้ำ เหลว ไม่เหนียวไม่เกาะตัวกัน สูตรที่ 2 ตัวประสานที่ทำจากแป้งมันผสมกับน้ำ เหลว ไม่เหนียว สูตรที่ 3 ตัวประสานที่ทำจากแป้งมันผสมกับน้ำ เหลว ไม่เกาะตัว สูตรที่ 4 ตัวประสานที่ทำจากแป้งมันผสมกับน้ำ เริ่มเกาะตัวกัน แต่ยังไม่ค่อยเหนียว สูตรที่ 5 ตัวประสานที่ทำจากแป้งมันผสมกับน้ำ ยึดเกาะตัวกันดี นำไปผสมกับใบไม้ได้ดี สูตรที่ 6 ตัวประสานที่ทำจากแป้งมันผสมกับน้ำ ยึดเกาะตัวกัน แต่เหนียวมากเกินไป สูตรที่ 7 และ 8 ตัวประสานที่ทำจากแป้งมันผสมกับน้ำ เหนียวมาก เมื่ออัดแท่งเชื้อเพลิงจะติดกระบอกอัด สูตรที่ 9 ตัวประสานที่ทำจากแป้งมันผสมกับน้ำ เหนียวมาก ไม่สามารถนำมาอัดกับเครื่องอัดได้

5.1.2 ผลการทดลองการหาอัตราส่วนผสมในการอัดแท่งเชื้อเพลิง

จากตารางที่ 5-2 ผลการทดลองการหาอัตราส่วนผสมการอัดแท่งเชื้อเพลิง วัตถุดิบ:ตัวประสานที่ทำจากแป้งมันผสมกับน้ำ (9:1) % โดยมวล ตามสูตรที่ 1 จะพบว่าแท่งเชื้อเพลิงที่ได้มีผิวไม่เรียบขรุขระ การยึดเกาะกันไม่ดี ไม่ได้รูปทรงตามต้องการ สูตร 2 วัตถุดิบต่อตัวประสานที่ทำจากแป้งมันผสมกับน้ำ (8:2) เปอร์เซนต์โดยมวล ผิวไม่เรียบ ขรุขระ การยึดเกาะกันไม่ดี ไม่ได้รูปทรงตามต้องการ สูตร 3 วัตถุดิบ:ตัวประสานที่ทำจากแป้งมันผสมกับน้ำ (7:3) เปอร์เซนต์โดยมวล รูปทรงที่ได้เป็นไปตามต้องการตามต้องการ เกาะตัวเป็นก้อน มีความแข็งแรง ไม่แตกหักง่าย สามารถนำไปอัดกับเครื่องจักรได้ดี สูตร 4 วัตถุดิบ: ตัวประสานที่ทำจากแป้งมันผสมกับน้ำ (6:4) เปอร์เซนต์โดยมวล ยึดเกาะกันแต่แข็งเหนียวเกินไป นำไปอัดกับเครื่องจักรได้ยาก สูตร 5 วัตถุดิบ:ตัวประสานที่ทำจากแป้งมันผสมกับน้ำ (5:5) เปอร์เซนต์โดยมวล ยึดเกาะกันไม่ดี แตกหักง่าย จากการหาอัตราส่วนผสมในการอัดแท่งเชื้อเพลิงสูตรที่ดีที่สุด คือ สูตร 3 วัตถุดิบต่อตัวประสานที่ทำจากแป้งมันผสมกับน้ำ (7:3) เปอร์เซนต์โดยมวล จึงนำสูตรนี้ไปทำการทดลองหาค่าพลังงานความร้อน ความชื้น ปริมาณเถ้า และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

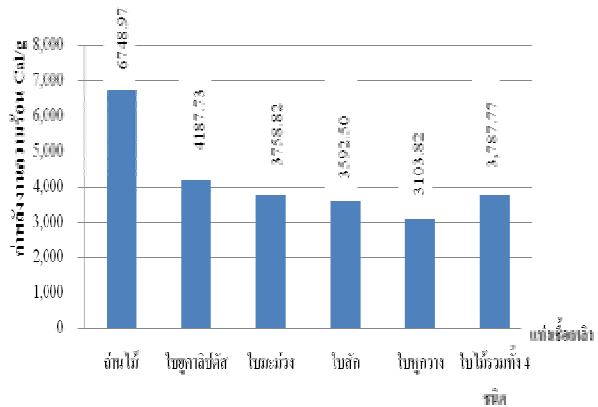
5.2 ผลการทดลองหาค่าพลังงานความร้อน ค่าความชื้น และปริมาณเถ้าจากการตรวจสอบด้วยเครื่อง Auto Bomb Calorimeter

5.2.1 ผลการทดลองการหาค่าพลังงานความร้อนด้วยเครื่อง Auto Bomb Calorimeter
ตารางที่ 5-2 ผลการทดลองการหาอัตราส่วนผสมในการอัดแท่ง

สูตร	วัตถุดิบต่อตัวประสาน (เปอร์เซ็นต์โดยมวล)	ผลที่ได้				
		ใบยูคาลิปตัส	ใบมะม่วง	ใบสัก	ใบหูกวาง	ใบไม้รวม
1	9 : 1	ผิวไม่เรียบ ขรุขระ	ผิวไม่เรียบ ขรุขระ	ผิวไม่เรียบ ขรุขระ	ผิวไม่เรียบ ขรุขระ	ผิวไม่เรียบ ขรุขระ
2	8 : 2	การยึดเกาะกันไม่ดี	การยึดเกาะกันไม่ดี	การยึดเกาะกันไม่ดี	การยึดเกาะกันไม่ดี	การยึดเกาะกันไม่ดี
3	7 : 3	รูปทรงที่ได้เป็นไปตามที่ต้องการ	รูปทรงที่ได้เป็นไปตามที่ต้องการ	รูปทรงที่ได้เป็นไปตามที่ต้องการ	รูปทรงที่ได้เป็นไปตามที่ต้องการ	รูปทรงที่ได้เป็นไปตามที่ต้องการ
4	6 : 4	ยึดเกาะกันแต่แข็งเหนียวเกินไป	ยึดเกาะกันแต่แข็งเหนียวเกินไป	ยึดเกาะกันแต่แข็งเหนียวเกินไป	ยึดเกาะกันแต่แข็งเหนียวเกินไป	ยึดเกาะกันแต่แข็งเหนียวเกินไป
5	5 : 5	ยึดเกาะกันไม่ดีแตกหักง่าย	ยึดเกาะกันไม่ดีแตกหักง่าย	ยึดเกาะกันไม่ดีแตกหักง่าย	ยึดเกาะกันไม่ดีแตกหักง่าย	ยึดเกาะกันไม่ดีแตกหักง่าย

ตารางที่ 5-3 ผลการทดลองหาค่าพลังงานความร้อนเชื้อเพลิง

วัตถุดิบ	ค่าพลังงานความร้อน (cal/g)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ถ่านไม้	6,688.58	6,841.85	6,716.49	6,748.97
ใบยูคาลิปตัส	4,150.21	4,202.77	4,210.23	4,187.73
ใบมะม่วง	3,806.50	3,748.77	3,721.42	3,758.89
ใบสัก	3,592.27	3,585.88	3,599.35	3,592.50
ใบหูกวาง	3,111.80	3,128.07	3,071.61	3,103.82
ใบไม้รวม	3,782.98	3,780.26	3,800.09	3,787.77



ภาพที่ 5-1 การเปรียบเทียบค่าพลังงานความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง

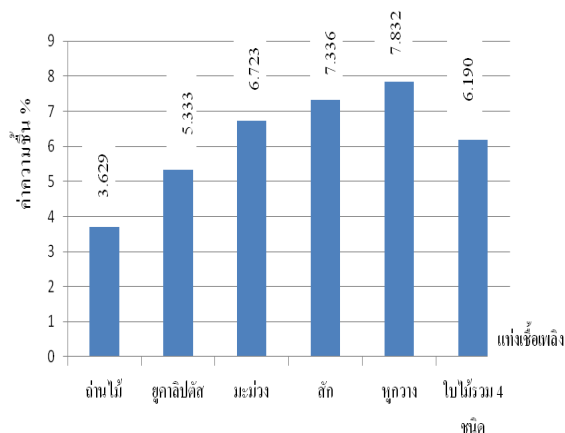
จากตารางที่ 5-3 ผลการทดลอง การเปรียบเทียบเชื้อเพลิงอัดแท่งจากใบไม้กับถ่านไม้เบญจพรรณ โดยตรวจสอบด้วย เครื่อง Auto Bomb Calorimeter พบว่า วัตถุที่ได้จากถ่านไม้เบญจพรรณ ใบยูคาลิปตัส ใบมะม่วง ใบสัก ใบหูกวาง และทุกชนิดรวมกัน ให้ค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ย คือ 6,748.97, 4,187.73, 3,758.82, 3,592.50, 3,103.82, 3,787.77 cal/g ตามลำดับ และพบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งจากใบยูคาลิปตัสให้ค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยสูงที่สุดเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงอัดแท่งจากใบไม้ทั้ง 5 ชนิด จะมีความใกล้เคียงกับค่าพลังงานจากถ่านไม้เบญจพรรณแสดงดังภาพที่ 5-1

5.2.2 ผลการทดลองการหาค่าความชื้นจากเครื่อง Auto Bomb Calorimeter

ตารางที่ 5-4 ผลการทดลองหาค่าความชื้น

ลำดับ	วัตถุดิบ	ค่าความชื้น (%)			ค่าเฉลี่ย
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
1	ถ่านไม้	3.473	3.639	3.965	3.692
2	ใบยูคาลิปตัส	5.343	5.128	5.529	5.333
3	ใบมะม่วง	6.915	6.754	6.501	6.723
4	ใบสัก	7.197	7.440	7.372	7.336
5	ใบหูกวาง	7.830	7.842	7.826	7.832
6	ใบไม้รวม	6.020	6.359	6.192	6.190

จากตารางที่ 5-4 ผลการเปรียบเทียบค่าความชื้น พบว่า วัตถุดิบที่ได้จากถ่านไม้เบญจพรรณ ใบยูคาลิปตัส ใบมะม่วง ใบสัก ใบหูกวาง และใบไม้รวม ให้ค่าความชื้นเฉลี่ย คือ 3.692%, 5.333%, 6.723%, 7.336%, 7.832%, 6.190% ตามลำดับ และพบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งจากใบยูคาลิปตัสให้ค่าความชื้นเฉลี่ยต่ำสุดเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงอัดแท่งจากใบไม้ทั้ง 5 ชนิด จะมีค่าความชื้นใกล้เคียงกับถ่านไม้เบญจพรรณดังภาพที่ 5-2



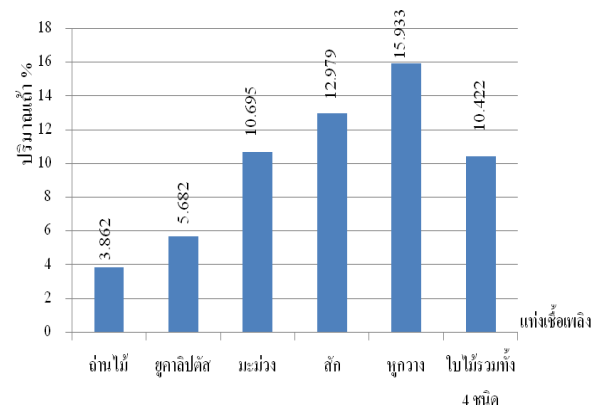
ภาพที่ 5-2 การเปรียบเทียบค่าความชื้นของแท่งเชื้อเพลิง

5.2.3 ผลการทดลองการหาค่าปริมาณเถ้าจากเครื่อง Auto Bomb Calorimeter

ตารางที่ 5-5 ผลการทดลองหาค่าปริมาณเถ้า

ลำดับ	วัตถุดิบ	ปริมาณเถ้า (%)			ค่าเฉลี่ย
		ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	
1	ถ่านไม้	4.005	4.001	3.582	3.862

2	ใบยูคาลิปตัส	5.686	5.666	5.694	5.682
3	ใบมะม่วง	10.906	10.911	10.268	10.695
ลำดับ	วัตถุดิบ	ปริมาณเถ้า (%)			ค่าเฉลี่ย
		ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	
4	ใบสัก	13.164	12.739	13.034	12.979
5	ใบหูกวาง	17.192	15.235	15.372	15.933
6	ใบไม้รวม	10.240	10.318	10.709	10.422



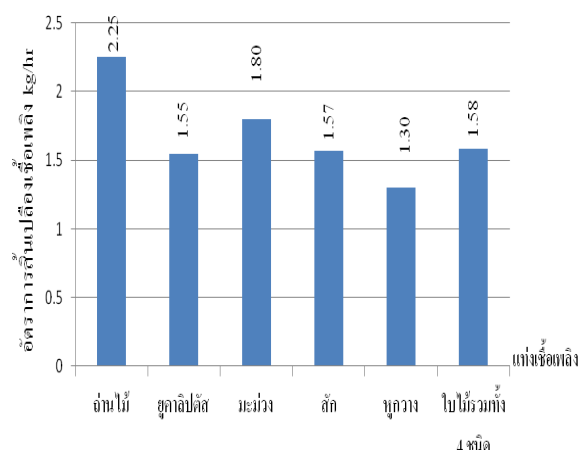
ภาพที่ 5-3 การเปรียบเทียบค่าปริมาณเถ้าของแท่งเชื้อเพลิง

จากตารางที่ 5-5 ผลการเปรียบเทียบปริมาณเถ้า พบว่า วัตถุดิบที่ได้จากถ่านไม้เบญจพรรณ ใบยูคาลิปตัส ใบมะม่วง ใบสัก ใบหูกวาง และใบไม้รวมทั้ง 4 ชนิด ให้ปริมาณเถ้าเฉลี่ย คือ 3.862%, 5.682%, 10.695%, 12.979%, 15.933%, 10.422% ตามลำดับ และพบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งจากใบยูคาลิปตัสให้ค่าปริมาณเถ้าเฉลี่ยต่ำสุดเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงอัดแท่งจากใบไม้ทั้ง 5 ชนิด จะมีค่าปริมาณเถ้าใกล้เคียงกับถ่านไม้เบญจพรรณแสดงดังภาพที่ 5-3

5.3 ผลการทดลองหาค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงโดยการทดสอบด้วยการต้มน้ำให้ได้ความแตกต่างอุณหภูมิที่เท่ากัน

5.3.1 ผลการทดลองการหาค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ตารางที่ 5-6 ผลการทดลองหาค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

วัตถุดิบ	มวลที่ใช้ในการทดลอง (kg)	มวลที่เหลือจากทดลอง (kg)	สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (kg)	ระยะเวลาที่น้ำเดือด (hr)	สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (kg/hr)
ถ่านไม้	1	0.55	0.45	0.2	2.25
ใบไม้ยูคาลิปตัส	1	0.55	0.45	0.28	1.55
ใบมะม่วง	1	0.40	0.60	0.33	1.80
ใบสัก	1	0.45	0.55	0.35	1.57
ใบหูกวาง	1	0.50	0.50	0.38	1.30
ใบไม้รวม	1	0.50	0.50	0.31	1.58



ภาพที่ 5-4 การเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของถ่าน

จากตารางที่ 5-6 ผลการทดลองการเปรียบเทียบหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ถ่านไม้เบญจพรรณทั่วไปกับถ่านอัดแท่งจากใบไม้ พบว่า วัสดุดิบที่ได้จากถ่านไม้เบญจพรรณ ใบยูคาลิปตัส ใบไม้รวม ใบมะม่วง ใบสัก ใบทุกวาง มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉลี่ยคือ 2.25, 1.55, 1.80, 1.57, 1.30 1.58, kg/hr ตามลำดับ และพบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งจากใบทุกวางมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉลี่ยต่ำสุดเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับถ่านไม้เบญจพรรณและเชื้อเพลิงอัดแท่งจากใบไม้ทั้ง 5 ชนิดแสดงดังภาพที่ 5-4

6. สรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง

6.1.1 ผลการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของตัวประสานที่ทำให้การอัดขึ้นรูปของแท่งเชื้อเพลิงได้รูปทรงตามต้องการ การยึดเกาะแน่นมีความแข็งแรงไม่แตกหักง่าย คือ แป้งมันผสมน้ำที่อัตราส่วน 7:3 เปอร์เซ็นต์โดยมวล

6.1.2 ผลการหาอัตราส่วนของวัสดุดิบกับตัวประสานที่ทำให้การอัดขึ้นรูปของแท่งเชื้อเพลิงได้รูปทรงตามต้องการ การยึดเกาะแน่น มีความแข็งแรง ไม่แตกหักง่าย คือ วัสดุดิบต่อตัวประสานที่อัตราส่วน 7:3 เปอร์เซ็นต์โดยมวล

6.1.3 ผลการหาประสิทธิภาพเชื้อเพลิงอัดแท่งจากใบไม้ในด้านต่างๆ พบว่า

ทางด้านการหาค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากใบยูคาลิปตัสจะให้ค่าพลังงานความร้อนสูงที่สุดคือ 4,187.73 cal/g จะมีความใกล้เคียงกับค่าพลังงานจากถ่านไม้เบญจพรรณ

ทางด้านการหาค่าความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากใบยูคาลิปตัสจะความชื้น ต่ำสุดประมาณร้อยละ 5.33 จะมีความชื้นใกล้เคียงกับถ่านไม้เบญจพรรณ

ทางด้านการหาค่าปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากใบยูคาลิปตัสจะมีปริมาณเถ้าต่ำสุดประมาณร้อยละ 5.682 มีปริมาณเถ้าใกล้เคียงกับถ่านไม้เบญจพรรณ

ทางด้านการหาอัตราการผลิตเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากใบทุกวางจะสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้อยที่สุด คือที่ 1.30 kg/hr

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 ควรมีศึกษาการลดปริมาณควันที่เกิดจากเชื้อเพลิงอัดแท่งจากใบไม้ในการเผาไหม้

6.2.2 ควรมีการทดสอบกับใบไม้ชนิดอื่นเพิ่มเติม

6.2.3 ควรมีการนำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากใบไม้ไปใช้ในเตาเผาไหม้ระบบปิด เนื่องจากมีปริมาณควันมาก

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตามที่สนับสนุนเครื่องมือ อุปกรณ์ และปัจจัยต่างๆ ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยจนสำเร็จสมบูรณ์

8. การอ้างอิง

- [1] งานศึกษาและพัฒนาพลังงานทดแทน, <http://www1.mod.go.th/opsd/dedweb/energy/about/meaning.htm>, สืบค้นเมื่อ มกราคม 2553.
- [2] พลังงานทดแทนกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน,กระทรวงพลังงาน, <http://th.wikipedia.org/wiki>, สืบค้นเมื่อ มกราคม 2553.
- [3] กระทรวงพลังงาน, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, <http://www.dede.go.th/dede/index.php?option=com,> สืบค้นเมื่อ มกราคม 2553.
- [4] พรทิพย์ ยั่งยืน, คู่มือการผลิตถ่านอัดแท่ง, <http://www.charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/charcoal.php>, สืบค้นเมื่อ กุมภาพันธ์ 2553.
- [5] กฤษดา สมสะอาด, <http://www.jiscience.com/index.asp>, สืบค้นเมื่อ กุมภาพันธ์ 2553.
- [6] เกศกนก จันทรมาศ, การศึกษาหาค่าความร้อนจากถ่านชีวภาพ, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2546.
- [7] จักรพันธ์ และคณะ, การจัดสร้างเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแข็ง, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, 2551.
- [8] เมธา และคณะ, การสร้างเครื่องย่อยใบไม้, 2549.
- [9] จิรศักดิ์ และนายชัยยศ, ทำการศึกษาเรื่องการพัฒนาเชื้อเพลิงอัดแท่งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้พลังงานความร้อน, 2548.
- [10] ประลอง ดำรงค์ไทย จากการศึกษาทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตแท่งเชื้อเพลิงเขียว, 2548.