



การศึกษาแรงดันในการอัดเพื่อการผลิตก้อนเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษลำไย
เหลือทิ้งที่ผสมด้วยเศษชีวมวลเหลือทิ้งต่างชนิดกัน

The Study of Compaction Pressure for Biomass Briquette
Production from Longan Waste Residue Mixed with Different
Biomass Residues

ลดาวัลย์ วัฒนะจิระ^{1*} ภาคภูมิ รักษ์ร่วม² กฤษฎา สินธูยา¹ เกษม เรียบร้อย¹ และดวงสุดา รินจ่อ¹

Received: August, 2016; Accepted: October, 2016

บทคัดย่อ

ก้อนเชื้อเพลิงชีวมวลเป็นหนึ่งในทางเลือกของการค้นหาพลังงานทดแทนที่เหมาะสมสำหรับประเทศเกษตรกรรม เช่น ประเทศไทย วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การผลิตก้อนเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษลำไยเหลือทิ้ง (LR) โดยศึกษาที่แรงดันเพื่อใช้ในการอัดก้อนชีวมวลที่ 4.5 6.0 และ 7.5 เมกะปาสคาล และเลือกใช้ชีวมวลเหลือทิ้งที่นำมาเป็นส่วนผสมแตกต่างกัน 2 ชนิด ได้แก่ เศษไม้ไผ่เหลือทิ้ง (BR) และกากกาแฟ (CR) ซึ่งใช้แบ่งเปียกเป็นตัวอย่าง 2 ตัวอย่าง ผลการศึกษาพบว่า ก้อนเชื้อเพลิงที่ผลิตจากส่วนผสมของชีวมวลต่างชนิดกันต้องใช้แรงดันและปริมาณตัวอย่างแตกต่างกัน โดยพบว่าก้อนเชื้อเพลิงที่ใช้แรงอัด 6.0 เมกะปาสคาล ซึ่งผลิตจากเศษลำไยเหลือทิ้งผสมกากกาแฟ (BQ7) มีความหนาแน่นสูงกว่าก้อนเชื้อเพลิงที่ผลิตจากเศษลำไยเหลือทิ้งผสมเศษไม้ไผ่ (BQ1) แต่ใช้ปริมาณตัวอย่างมากกว่าค่อนข้างมาก ส่วนก้อนเชื้อเพลิง BQ1 พบว่ามีสมบัติทางเคมีและทางเชื้อเพลิงที่ดีกว่า BQ7

คำสำคัญ : ก้อนเชื้อเพลิงชีวมวล; ตัวอย่าง; เศษไม้ไผ่; กากกาแฟ; เศษลำไยเหลือทิ้ง

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่

² คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

* Corresponding Author E - mail Address: lwattanachira@gmail.com

Abstract

Biomass briquette is one of the types of renewable energy that can be applied in the developing country, especially in Thailand. The objective of this research was to study the biomass briquette production from longan waste residue (LR) by using compaction pressure at 4.5, 6.0, and 7.5 MPa and using tapioca paste as binder. Different biomass residues of bamboo waste residue (BR) and coffee grounds residue (CR) were used as mixture with LR. The results showed that the biomass briquette production with different raw materials required different applied pressure and binder. The density of biomass briquette produced from LR mixed with CR by using 6.0 MPa compaction pressure (BQ1) were higher than those from LR mixed with BR (BQ7) but it was required more binder, while, the obtained results indicated that BQ1 was high quality both in chemical and combustion properties than BQ7.

Keywords: Biomass Briquette; Briquette Binder; Bamboo Waste Residue; Coffee Grounds Residue; Longan Waste Residue

บทนำ

ปัญหาการขาดแคลนพลังงานของโลกในปัจจุบัน ทำให้มนุษย์ต้องค้นหาแหล่งพลังงานทดแทน เพื่อเป็นแนวทางแก้ปัญหา ซึ่งพลังงานจากชีวมวลเป็นพลังงานทดแทนอย่างหนึ่งที่คนส่วนใหญ่ในโลกสามารถนำมาใช้ได้โดยเฉพาะในประเทศกำลังพัฒนาทั้งหลาย ซึ่งสามารถใช้ชีวมวลเพื่อเป็นพลังงานทดแทนได้สูงมากถึงร้อยละ 80 โดยเป็นพลังงานทางเลือกที่ช่วยลดการตัดไม้ทำลายป่าได้ [1] ทางเลือกหนึ่งที่ใช้เป็นพลังงานทดแทนที่ดี คือ การทำก้อนเชื้อเพลิงจากชีวมวล ที่สามารถลดการทำลายป่าได้มากถึง 86,000 ตารางเมตรต่อปี ลดการเกิดมลพิษอากาศที่นำไปสู่ภาวะโลกร้อน ดังนั้นการศึกษาการทำก้อนเชื้อเพลิงชีวมวลจึงเป็นแนวทางหนึ่งของการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม [2] นอกจากนี้ เชื้อเพลิงชีวมวลยังเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่มีศักยภาพที่ดีในระยะยาวที่ช่วยให้วงจรคาร์บอนสมดุล [3] ปัจจุบันการศึกษาการทำก้อนเชื้อเพลิงทำมาจากชีวมวลหลากหลายชนิด ได้แก่ ชานอ้อย ฟางข้าว ชี้อ้อย กระดาษและกระดาษแข็ง [3] - [8]

พื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยโดยเฉพาะจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ซึ่งเป็นแหล่งปลูกลำไยที่มากที่สุดในประเทศ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร [9] ได้ระบุปริมาณลำไยที่เก็บเกี่ยวได้มีมากถึง 525,230 ตัน และเมื่อคิดเป็นปริมาณชีวมวลที่เกิดจากลำไยมีมากถึง 176,752 ตัน ซึ่งลดเฉลี่ย วัฒนธรรม และคณะ [10] ได้ศึกษาวิจัยการทำก้อนเชื้อเพลิงจากชีวมวลลำไย ด้วยวิธีการอัดแบบเปียกแรงดันต่ำโดยใช้เครื่องอัดแบบใช้แรงคนอัด ซึ่งพบว่าก้อนเชื้อเพลิงที่ได้มีค่าคาร์บอนคงตัวค่อนข้างต่ำและมีผลต่อระยะเวลาในการลุกไหม้ โดยในการศึกษาวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาต่อเนื่อง เพื่อค้นหาชีวมวลเหลือทิ้งอื่น ๆ ที่พบได้ทั่วไปในท้องถิ่นสำหรับนำมาผสมกับชีวมวลลำไย ซึ่งชีวมวลเหลือทิ้งที่พบมากในพื้นที่คือ

เศษไม้ไผ่ และกากกาแฟ โดยจากการศึกษาของ กฤษณ์ บัวเสน และคณะ [11] พบว่าชีวมวลทั้งสองชนิดมีสมบัติที่ดีทั้งในด้านความชื้น ค่าเถ้า ค่าสารระเหยและค่าความร้อน ตามเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาความเหมาะสมของชีวมวลที่ระบุโดย สุพรชัย มั่งมีสิทธิ์ [12]

แนวคิดเกี่ยวกับแรงดันที่ใช้ในการอัดก้อนเชื้อเพลิงของการศึกษารั้งนี้ได้จากการศึกษาของ ชุตติกาญจน์ สมจินดา และวีรศรุต ภาณุจันท์ [13] ซึ่งได้ศึกษาเพื่อปรับปรุงคุณภาพการเป็นเชื้อเพลิงที่ดีขึ้นของก้อนเชื้อเพลิงจากชีวมวลลำไย ด้วยการเลือกใช้เศษไม้ไผ่เหลือทิ้งมาเป็นส่วนผสม อัตราส่วนที่ศึกษาคือ 3:1 1:1 และ 1:3 โดยน้ำหนัก [8] แรงดันที่ใช้คือ 25 50 75 และ 100 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ใช้แป้งเปียกร้อยละ 6 เป็นตัวประสาน ซึ่งผลการศึกษาพบว่าก้อนเชื้อเพลิงจากเศษลำไยผสมเศษไม้ไผ่เหลือทิ้งที่มีอัตราส่วนผสมเท่ากับ 3:1 โดยน้ำหนัก แรงดันที่ใช้คือ 5.0 และ 7.5 เมกะปาสคาล เป็นก้อนเชื้อเพลิงที่มีสมบัติดี ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ได้สนใจศึกษาแรงดันในการอัดก้อนเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษลำไยเหลือทิ้งผสมกับเศษไม้ไผ่ และชีวมวลจากเศษลำไยเหลือทิ้งผสมกับกากกาแฟ โดยศึกษาที่แรงดันเพื่อใช้อัดก้อนเชื้อเพลิงชีวมวล ซึ่งปรับให้มีช่วงค่าถี่มากขึ้น คือ 4.5 6.0 และ 7.5 เมกะปาสคาล ตามลำดับ

วิธีดำเนินการวิจัย

วัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1. ชีวมวลเหลือทิ้ง (Biomass Residues) ที่ใช้ในการศึกษานี้

เศษลำไยเหลือทิ้ง (Longan Waste Residue, LR) ที่ใช้ คือ เมล็ดผสมเปลือกลำไย โดยรวบรวมเก็บมาจากบ้านแม่ร่องน้อย อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน ระหว่างเดือนสิงหาคมถึงกันยายน 2556 ส่วนเศษไม้ไผ่เหลือทิ้ง (Bamboo Waste Residue, BR) เป็นเศษไม้ไผ่ที่เหลือจากโรงงานทำมู่ลี่ไม้ไผ่ และการจักสาน รวบรวมเก็บจากอำเภอสารภ จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนมกราคมถึงกุมภาพันธ์ 2556 ในขณะที่กากกาแฟ (Coffee Grounds Residue, CR) เป็นส่วนเหลือทิ้งที่เกิดจากการชงกาแฟด้วยเครื่องชงกาแฟ โดยรวบรวมเก็บจากร้านกาแฟบนถนนนิมมานเหมินท์ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนมกราคมถึงกุมภาพันธ์ 2556 ชีวมวลแต่ละชนิดที่นำมาใช้ในการศึกษานี้ แสดงไว้ดังรูปที่ 1 ตัวประสานที่ใช้ทำก้อนเชื้อเพลิงในการศึกษานี้คือแป้งเปียก ซึ่งวิธีและขั้นตอนในการเตรียมอ้างอิงจากการศึกษาของ ธาธิณี มหายศนันท์ [14] และกฤษณ์ บัวเสน และคณะ [11]



(ก) เศษลำไย (LR)

(ข) เศษไม้ไผ่ (BR)

(ค) กากกาแฟ (CR)

รูปที่ 1 ชีวมวลเหลือทิ้งที่ใช้ในการศึกษาก่อนและหลังการบด

2. เครื่องอัดก้อนเชื้อเพลิงชีวมวล (Hydraulics Press)

การศึกษานี้ได้ประดิษฐ์เครื่องอัดก้อนเชื้อเพลิงขึ้นใช้เอง โดยอาศัยหลักการอัดแบบกระบอกสูบและลูกสูบ ความยาวกระบอกอัด 20 เซนติเมตร ขนาดกระบอกสูบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน

5 เซนติเมตร ก้านลูกสูบที่ใช้อัดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ซึ่งอัดโดยอาศัยแรงดันจากแม่แรงขนาด 5 ตัน ซึ่งก้อนเชื้อเพลิงที่อัดได้มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร มีรูตรงกลางแท่งที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางโดยประมาณ 1 เซนติเมตร เครื่องอัดก้อนเชื้อเพลิงแสดงดังรูปที่ 2 [15] - [16]



รูปที่ 2 เครื่องอัดก้อนเชื้อเพลิงที่ใช้แรงดันจากแม่แรง ซึ่งทำขึ้นใช้ในการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย (Research Methodology)

การดำเนินการวิจัยทำโดยวิธีการทดลอง (Experimental Procedure) ดังนี้

1. การเตรียมชีวมวลเหลือทิ้งที่นำมาศึกษา

ชีวมวลเหลือทิ้งสำหรับใช้อัดทำก้อนเชื้อเพลิง ต้องนำไปตากแดดหรืออบร้อนที่อุณหภูมิ 70 - 100 องศาเซลเซียส และบดเพื่อลดขนาดแล้วร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 30 (ขนาดช่อง 0.589 มิลลิเมตร) สำหรับการตรวจวัดสมบัติเบื้องต้นของชีวมวลจะทำการบดชีวมวลเหลือทิ้งโดยให้มีขนาดที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 60 (ขนาดช่อง 0.250 มิลลิเมตร) ซึ่งระบุไว้ในการตรวจวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM

2. ขั้นตอนการทดลอง

2.1 ขั้นตอนที่ 1 ทำการศึกษาแรงดันในการอัดก้อนเชื้อเพลิงจากเมล็ดผสมเปลือกลำไย (LR) เศษไม้ไผ่เหลือทิ้ง (BR) และกากกาแฟ (CR) ที่ 4.5 6.0 และ 7.5 เมกะปาสคาล และเลือกตัวประสาน แป้งเปียกที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ รูปร่างก้อนเชื้อเพลิง ค่าความหนาแน่น และความยากง่ายในการอัดก้อน

2.2 ขั้นตอนที่ 2 ทำการศึกษาแรงดันที่ใช้อัดก้อนทำก้อนเชื้อเพลิงจาก LR : BR และ LR : CR โดยแปรอัตราส่วนที่ 3:1 1:1 และ 1:3 โดยน้ำหนัก ทดลองโดยใช้ผลการศึกษาของแรงดันและปริมาณแป้งเปียกจากขั้นตอนที่ 1 ก้อนเชื้อเพลิงที่ได้จากการศึกษาจะตรวจวัดสมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่าความชื้น (ASTM D3173-11) ค่าเถ้า (ASTM D3174-11) ค่าสารระเหยได้ (ASTM D3175-11)

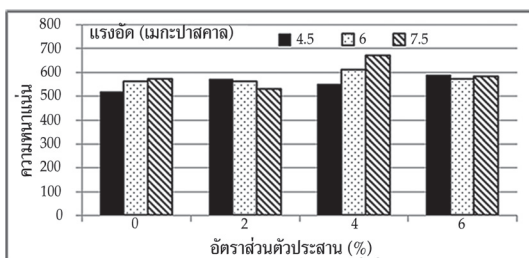
ค่าคาร์บอนคงตัว (ASTM D3172-07a) และค่าความร้อน (ASTM D240) โดยใช้เครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ (Parr รุ่น 1314 Plan Jacket, สหรัฐอเมริกา)

ผลการทดลองและการอภิปรายผล

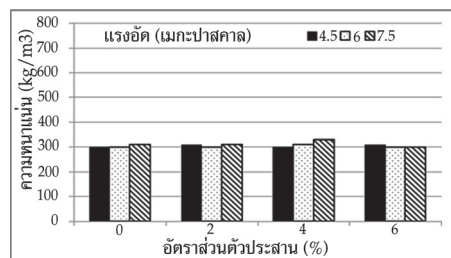
ผลการศึกษาแรงดันในการอัดก้อนเชื้อเพลิงจากเมล็ดผสมเปลือกลำไย (LR) เศษไม้ไผ่เหลือทิ้ง (BR) และกากกาแฟ (CR)

การทดลองขั้นตอนนี้ เป็นการทำก้อนเชื้อเพลิงจาก LR BR และ CR โดยใช้แรงดันในการอัดก้อนที่ 4.5 6.0 และ 7.5 เมกะปาสคาล จากการทำ Pretest ซึ่งพิจารณาการใช้ปริมาณแ่งเปียกในช่วงค่าที่สามารถทำให้ขึ้นรูปเป็นก้อนเชื้อเพลิงได้ของชีวมวลแต่ละชนิดที่ใช้พบว่า LR และ BR สามารถขึ้นรูปก้อนได้โดยใช้แ่งเปียกร้อยละ 0 2 4 และ 6 ตามลำดับ ส่วน CR ต้องใช้แ่งเปียกที่ร้อยละ 15 20 25 และ 30 จึงสามารถขึ้นรูปก้อนได้ ผลการทดลองพบว่าการใช้แรงดันที่ 7.5 เมกะปาสคาล ส่งผลต่อความแปรปรวนของค่าความหนาแน่นของก้อนเชื้อเพลิงจากชีวมวลทั้ง LR BR และ CR โดยเกิดขึ้นเนื่องจากการอัดขึ้นรูปก้อนเชื้อเพลิงที่ต้องใช้แรงดันสูง จะต้องบังคับคั้นโยกแม่แรง ซึ่งทำได้ค่อนข้างยากมาก และมักจะทำให้มีเศษชีวมวลทะลักหลุดกระเด็นออกมา วัสดุที่ใช้อัดทำก้อนเชื้อเพลิงจึงหายไปบางส่วนโดยไม่มีค้ำแน่นอน ทำให้ส่งผลต่อค่าความหนาแน่น ดังนั้น แรงดันที่จะอภิปรายผล คือ 4.5 และ 6.0 เมกะปาสคาล

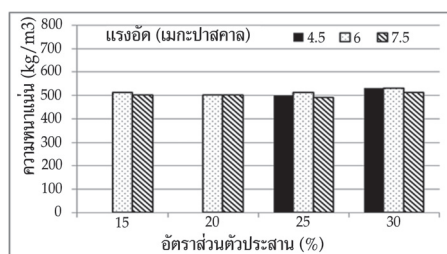
ผลการทดลองแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความหนาแน่นของก้อนเชื้อเพลิงจากชีวมวลแต่ละชนิดที่ใช้แรงดันต่าง ๆ กัน แสดงดังรูปที่ 3



(ก) เศษลำไย (LR)



(ข) เศษไม้ไผ่ (BR)



(ค) กากกาแฟ (CR)

รูปที่ 3 ความหนาแน่นของก้อนเชื้อเพลิง

จากรูปที่ 3 (ก) พบว่าค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในก้อนเชื้อเพลิงจาก LR มีค่าในช่วงระหว่าง 520 - 670 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบว่าแรงดันที่ 4.5 และ 6.0 เมกะปาสคาล มีผลทำให้ค่าความหนาแน่นของก้อนเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น ซึ่งผลการทดลองพบว่าแรงดัน 6.0 เมกะปาสคาล โดยใช้ปริมาณแ่งเปี้ยกร้อยละ 4 ทำให้ได้ก้อนเชื้อเพลิงจาก LR ที่มีค่าความหนาแน่นสูง และมีลักษณะรูปร่างดี รอยแตกร้าวเกิดขึ้นน้อย

จากรูปที่ 3 (ข) พบว่าแรงดันและปริมาณแ่งเปี้ยกที่แตกต่างกัน ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความหนาแน่นของก้อนเชื้อเพลิงจาก BR มากนัก โดยมีช่วงค่าระหว่าง 300 - 320 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อพิจารณาาร่วมกับรูปร่างก้อนและรอยแตกร้าวพบว่า การใช้แรงดัน 4.5 เมกะปาสคาล และแ่งเปี้ยกร้อยละ 6 มีความเหมาะสมที่สุด

จากรูปที่ 3 (ค) พบว่าค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในก้อนเชื้อเพลิงจาก CR มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 490 - 530 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยการใช้แรงดัน 4.5 เมกะปาสคาล และแ่งเปี้ยกร้อยละ 15 และ 20 ขึ้นรูปเป็นก้อนเชื้อเพลิงได้ แต่ไม่อยู่ตัวและแตกในที่สุด ซึ่งเมื่อใช้แรงดันเพิ่มเป็น 6.0 เมกะปาสคาล และแ่งเปี้ยกร้อยละ 30 จึงทำให้ขึ้นรูปเป็นก้อนเชื้อเพลิงได้ และรอยแตกร้าวเล็กน้อย โดยวัดค่าความหนาแน่นได้ 510 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ดังนั้น การใช้แรงดันเพื่อขึ้นรูปเป็นก้อนเชื้อเพลิงของวัสดุชีวมวลชนิดต่าง ๆ ให้มีลักษณะกายภาพดี คือ มีรูปร่างตรง แข็งแรง มีรอยแตกร้าวเล็กน้อย และมีความหนาแน่นดี จึงขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของทั้งปริมาณแ่งเปี้ยกและขนาดของแรงดันที่ใช้ ซึ่งจากผลการศึกษาในการขั้นตอนที่ 1 นี้ สรุปว่าแรงดันที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ศึกษาต่อในการทดลองขั้นตอนที่ 2 คือ แรงดัน 6.0 และ 4.5 เมกะปาสคาล โดยจะใช้ปริมาณแ่งเปี้ยกที่ต่างกันตามความต้องการของชีวมวลแต่ละชนิดที่นำมาผสมในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน

ผลการศึกษาแรงดันที่ใช้ทำก้อนเชื้อเพลิงจาก LR : BR และ LR : CR

การทดลองในขั้นตอนที่ 2 ทำก้อนเชื้อเพลิงจาก LR ผสมด้วย BR และก้อนเชื้อเพลิงจาก LR ผสมด้วย CR โดยทดลองที่อัตราส่วนต่าง ๆ กัน คือ 3:1 1:1 และ 1:3 โดยน้ำหนัก และใช้แรงดัน 6.0 และ 4.5 เมกะปาสคาล ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของก้อนเชื้อเพลิงที่ได้จากการศึกษาแสดงดังตารางที่ 1 - 2

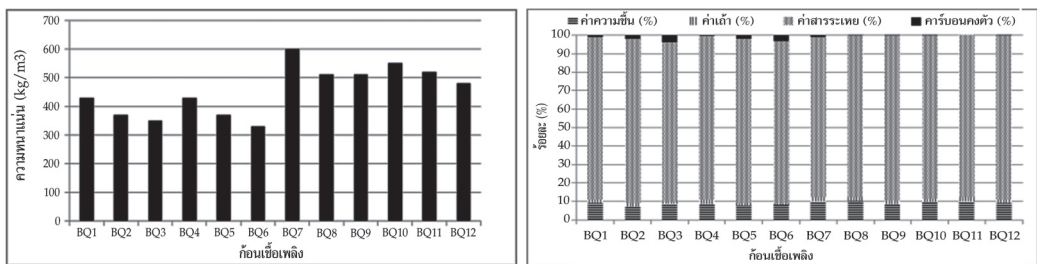
ตารางที่ 1 ก้อนเชื้อเพลิงจากเมล็ดผสมเปลือกลำไยกับเศษไม้ไผ่ (LR : BR)

	BQ1	BQ2	BQ3	BQ4	BQ5	BQ6
LR : BR	3 : 1	1 : 1	1 : 3	3 : 1	1 : 1	1 : 3
แรงดัน (MPa)	6.0	6.0	6.0	4.5	4.5	4.5
อัตราส่วนตัวประสาน	4%	4%	4%	6%	6%	6%
ก้อนเชื้อเพลิงที่ผลิตได้						

ตารางที่ 2 ก้อนเชื้อเพลิงจากเมล็ดผสมเปลือกลำไยกับกากกาแฟ (LR : CR)

	BQ7	BQ8	BQ9	BQ10	BQ11	BQ12
LR:BR	3:1	1:1	1:3	3:1	1:1	1:3
แรงดัน(MPa)	6.0	6.0	6.0	4.5	4.5	4.5
อัตราส่วนตัวประสาน	10.5%	17%	23.5%	12%	18%	24%
ก้อนเชื้อเพลิงที่ผลิตได้						

จากตารางที่ 1 และ 2 พบว่ารูปร่างของก้อนเชื้อเพลิง BQ1 และ BQ4 ที่มีลักษณะตรง แข็งแรง มีรอยแตกร้าวน้อย คือ ก้อนเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน LR:BR ที่ 3:1 โดยน้ำหนัก ส่วนรูปร่างของก้อนเชื้อเพลิง BQ7 และ BQ10 ที่มีลักษณะตรง แข็งแรง มีรอยแตกร้าวน้อย คือ ก้อนเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วนของ LR:CR ที่ 3:1 โดยน้ำหนัก โดยค่าความหนาแน่นและสมบัติทางเคมีของก้อนเชื้อเพลิง (BQ1 - BQ12) แสดงในรูปที่ 4



(ก) ความหนาแน่น

(ข) สมบัติทางเคมีของก้อนเชื้อเพลิง

รูปที่ 4 ค่าความหนาแน่นและสมบัติทางเคมีของก้อนเชื้อเพลิง

ค่าความหนาแน่นของก้อนเชื้อเพลิง BQ1 - BQ6 ดังแสดงในรูปที่ 4 พบว่าค่าความหนาแน่นของก้อนเชื้อเพลิงมีค่าอยู่ในช่วง 330 - 430 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ผลการทดลองพบว่าก้อนเชื้อเพลิง BQ1 และ BQ4 มีค่าความหนาแน่นเท่ากัน และมีค่าสูงที่สุด คือ 430 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดังนั้นจากการทดลองนี้ จึงเลือกก้อนเชื้อเพลิง BQ1 ซึ่งใช้แรงดัน 6.0 เมกะปาสคาล และปริมาณแป้งเปียกที่ใช้คือ ร้อยละ 4 ซึ่งประหยัดค่าใช้จ่ายแป้งเปียกจากร้อยละ 6 ลดลงเหลือร้อยละ 4 ส่วนค่าความหนาแน่นของก้อนเชื้อเพลิง BQ7 - BQ12 มีค่าอยู่ในช่วง 480 - 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งจากการทดลอง BQ7 ให้ค่าความหนาแน่นสูงที่สุด คือ 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดังนั้นจึงเลือกก้อนเชื้อเพลิง BQ7 ที่ใช้แรงดัน 6.0 เมกะปาสคาล และปริมาณแป้งเปียกที่ใช้คือร้อยละ 10.5 ซึ่งประหยัดค่าใช้จ่ายตัวประสานแป้งเปียกมากกว่าเมื่อเทียบกับ BQ10 ที่มีค่าความหนาแน่นใกล้เคียงกัน

ผลการทดลองพบว่าค่าความชื้นของก้อนเชื้อเพลิงทั้งหมดมีค่าต่ำและอยู่ในช่วงค่าระหว่างร้อยละ 10 - 15 ฐานแห้ง ซึ่งเป็นค่าที่ Chen et al. [7] ได้ระบุว่าเป็นก้อนเชื้อเพลิงที่จัดอยู่ในเกณฑ์ดี โดยจากการทดลองพบว่าค่าความชื้นของก้อนเชื้อเพลิง LR : CR มีค่าสูงกว่าค่าความชื้นของก้อนเชื้อเพลิง LR : BR เพียงเล็กน้อย เนื่องจากใช้ปริมาณแป้งเปียกที่มากกว่า ค่าสารระเหยไคของก้อนเชื้อเพลิงทุกก้อน

มีค่าสูงและไม่แตกต่างกันมากนักคือ มีค่ามากกว่าร้อยละ 85 ฐานแห้ง ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดีทำให้ก้อนเชื้อเพลิงที่ศึกษาได้ควรลวกติดไฟได้ดี ค่าเถ้าของก้อนเชื้อเพลิงทุกก้อนมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 1.03 - 2.23 ฐานแห้ง ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดีของการเป็นเชื้อเพลิง ซึ่ง Chen et al. [7] ได้ระบุค่าเถ้าของก้อนชีวมวลควรน้อยกว่าร้อยละ 4 ซึ่งค่าเถ้าที่มีค่าสูงเป็นก้อนเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของเมล็ดผสมเปลือกลำไยอยู่ในปริมาณสูง ค่าคาร์บอนคงตัวของก้อนเชื้อเพลิงจาก LR:BR พบว่ามีค่าอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 0.03 - 3.87 ฐานแห้ง สำหรับค่าคาร์บอนคงตัวของก้อนเชื้อเพลิงจาก LR:CR พบว่ามีค่าค่อนข้างต่ำอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 0.003 - 0.84 ฐานแห้ง จากผลการศึกษาสามารถกล่าวได้ว่าชีวมวลที่เลือกมาใช้เป็นส่วนผสมคือ BR และ CR นั้น ส่งผลให้ค่าคาร์บอนคงตัวของก้อนเชื้อเพลิงชีวมวลเพิ่มสูงขึ้นได้ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ดีของค่าคาร์บอนคงตัวของก้อนเชื้อเพลิงอาจจะทำให้ก้อนเชื้อเพลิงที่ผลิตได้อาจมีระยะเวลาในการลวกไหม้ได้ไม่นานและต้องมีการเติมเชื้อเพลิงบ่อยครั้งขึ้น สำหรับค่าความร้อนที่ตรวจวัดได้ของก้อนเชื้อเพลิง BQ1 BQ4 BQ7 และ BQ10 มีค่า 14,358 15,751 16,306 และ 15,992 กิโลจูลต่อกิโลกรัม (kJ/kg) ตามลำดับ ซึ่งจากผลการตรวจวัดกล่าวได้ว่า การใช้ชีวมวลกากกาแฟเป็นส่วนผสมกับเศษลำไยเหลือทิ้งทำให้ก้อนเชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนสูงขึ้นมากกว่าที่ใช้เศษไม้ไผ่เป็นส่วนผสม

จากผลการวิจัยนี้ พัฒนาได้ก้อนเชื้อเพลิง 2 สูตร คือ สูตรที่ 1 ก้อนเชื้อเพลิงจากเมล็ดผสมเปลือกลำไยกับเศษไม้ไผ่ (BQ1) ใช้แรงดันที่ 6.0 เมกะปาสคาล อัตราส่วนผสม LR:BR เท่ากับ 3:1 โดยน้ำหนัก ใช้แ่งเปียกร้อยละ 4 มีค่าความหนาแน่น 430 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าความชื้น ค่าสารระเหย ค่าเถ้า ค่าคาร์บอนคงตัว ร้อยละ 9.05 88.03 1.85 และ 1.07 ตามลำดับ โดยสามารถต้มน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 90 °C ได้ 1 ครั้ง ระยะเวลาในการติดไฟ 51.40 นาที มีค่าความร้อน 14,358 กิโลจูลต่อกิโลกรัม โดยต้นทุนซึ่งคิดเฉพาะค่าไฟฟ้าที่ใช้บดวัสดุ และแ่งเปียกเท่ากับ 0.83 บาทต่อกิโลกรัม ส่วนสูตรที่ 2 ก้อนเชื้อเพลิงจากเมล็ดผสมเปลือกลำไยกับกากกาแฟ (BQ7) ใช้แรงดันที่ 6.0 เมกะปาสคาล อัตราส่วนผสม LR:CR เท่ากับ 3:1 โดยน้ำหนักและใช้แ่งเปียกเป็นตัวประสานร้อยละ 10.50 มีค่าความหนาแน่น 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าความชื้น ค่าสารระเหย ค่าเถ้า ค่าคาร์บอนคงตัว ร้อยละ 10.03 86.99 2.14 และ 0.84 ตามลำดับ โดยสามารถต้มน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 89.5 °C ได้ 1 ครั้ง ระยะเวลาในการติดไฟ 53.30 นาที มีค่าความร้อน 16,306 กิโลจูลต่อกิโลกรัม โดยต้นทุนซึ่งคิดเฉพาะค่าไฟฟ้าที่ใช้บดวัสดุ และแ่งเปียกเท่ากับ 1.60 บาทต่อกิโลกรัม ก้อนเชื้อเพลิง BQ1 และ BQ7 มีประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนของเชื้อเพลิงร้อยละ 11.10 และ 10.80 โดยคำนวณจากสมการการหาประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนของเชื้อเพลิง [6] เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาการใช้กากกาแฟเป็นส่วนผสมในการทำก้อนเชื้อเพลิงจากชีวมวลลำไย [17] พบว่าก้อนเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีคุณภาพทางเคมีและการเป็นเชื้อเพลิงใกล้เคียงกัน

สรุปผลการดำเนินการ

ผลจากการศึกษาสรุปได้ว่า ก้อนเชื้อเพลิง LR:BR และ LR:CR สามารถผลิตได้โดยมีลักษณะทางกายภาพที่อัตราส่วน 3:1 โดยน้ำหนักเป็นอัตราส่วนที่ดี โดยแรงดันที่ใช้ คือ 6.0 เมกะปาสคาล เหมือนกัน โดยการใช้กากกาแฟเป็นส่วนผสมให้ก้อนเชื้อเพลิงที่มีค่าความหนาแน่นสูงเท่ากับ 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (BQ7) ซึ่งสูงกว่าการใช้เศษไม้ไผ่เหลือทิ้งเป็นส่วนผสม (BQ1) ซึ่งให้ค่าความหนาแน่นเท่ากับ

430 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สำหรับเรื่องการใช้ตัวประสานพบว่า BQ7 ต้องใช้ตัวประสานแบ่งเปียกในปริมาณที่สูงกว่า BQ1 มาก ซึ่งมีผลในด้านค่าใช้จ่ายตัวประสาน โดยในส่วนของสมบัติทางเคมีของการเป็นเชื้อเพลิงของ BQ1 ดีกว่า BQ7 เล็กน้อย และค่าความร้อนของ BQ7 สูงกว่า BQ1

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ให้เงินทุนวิจัยอุดหนุน จนทำให้งานวิจัยสำเร็จ ลุล่วงไปได้ด้วยดี

References

- [1] Yank, A., Ngadi, M. and Kok, R. (2016). Physical Properties of Rice Husk and Bran Briquettes Under Low Pressure Densification for Rural Applications. *Biomass and Bioenergy*. Vol. 84. pp. 22-30
- [2] Bhattacharya, S.C. (2002). Biomass Energy in Asia : A Review of Status, Technologies and Policies in Asia. *Energy for Sustainable Development*. Vol. 6. Issue 3. pp. 5-10
- [3] Thabuot, M., Pagketanang, T., Panyacharoen, K., Mongkut, P. and Wongwicha, P. (2015). Effect of Applied Pressure and Binder Proportion on the Fuel Properties of Holey Bio-Briquettes. *Energy Procedia*. Vol. 79. pp. 890-895
- [4] Lela, B., Barisic, M. and Nizetic S. (2015). Cardboard/Sawdust Briquettes as Biomass Fuel: Physical-Mechanical and Thermal Characteristics. *Waste Management*. Vol. 47. Part B.
- [5] Obi, O. (2015). Evaluation of the Effect of Palm Oil Mill Sludge on the Properties of Sawdust Briquette. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 52. Issue C. pp. 1749-1758
- [6] Chaiyod, C. (2009). An Investigation on Green Fuel Production from Crop Residues Mixed with Manila Grass. Master of Science Program in Renewable Energy Thesis. Naresuan University. (in Thai)
- [7] Chen, L., Xing, L. and Han, H. (2009). Renewable Energy from Agro-residues in China: Solid Biofuels and Biomass Briquetting Technology. *Renewable and Sustainable Energy Review*. Vol. 13. Issue 9. pp. 2689-2695
- [8] McDougal, O., Eidemiller, S. and Weires, N. (2011). Biomass Briquettes: Turning Waste Into Energy. Access (19 August 2011). Available (<http://biomassmagazine.com/articles/5148/biomass-briquettes-turning-waste-into-energy>)

- [9] Office of Agricultural Economics. (2010). **Information of Agricultural Economics 2009**. Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)
- [10] Wattanachira, L., Panyaping, K. and Ngeankumkong, K. (2012). **Research Report : Development of Green Fuel Rod from Longan Biomass**. Rajamangala University of Technology Lanna. (in Thai)
- [11] Buasaen, K., Kaewsangfaa, J. and Muangsuwan, J. (2014). **Comparative Study of Biomass Briquette from Longan Waste Residue Mixed with Bamboo and Coffee Grounds Residues**. Environmental Engineering Project. Department of Environmental Engineering. Faculty of Engineering. Rajamangala University of Technology Lanna. Chiang Mai. (in Thai)
- [12] Mungmeesith, S. (2011). **The Making of Biomass Stove for Community**. Silpakorn University Research and Development Institute. (in Thai)
- [13] Somjinda, C. and Karnchanajan, W. (2014). **Using of Bamboo Residue as Aid Combustion Materials for Biomass Briquette from Longan Residue**. Environmental Engineering Project. Department of Environmental Engineering. Faculty of Engineering. Rajamangala University of Technology Lanna. Chiang Mai. (in Thai)
- [14] Mahayossanan, T. (2004). **Design and Fabrication of Coal Briquette Machine for Household**. Master of Science Thesis. Agricultural Engineering. Department of Agricultural Engineering. Kasetsart University.
- [15] Wattanachira, L., Panyaping, K. and Ngeankumkong, K. (2013). **Research Report : Improvement of Longan Biomass Briquette Quality Using Aid Combustion Materials**. Rajamangala University of Technology Lanna. (in Thai)
- [16] Laapun, N., Chatchavarn, V. and Thanyacharoen, A. (2015). **A Study on Optimum of Rice-straw Mixed with Longan Waste Residue for Making Biomass Briquette**. Environmental Engineering Project. Department of Environmental Engineering. Faculty of Engineering. Rajamangala University of Technology Lanna. Chiang Mai. (in Thai)
- [17] Jandej, P., Saatung, S. and Chaisilp, E. (2012). **The Use of Spent Wash Liquor as a Mixture for Densification of Longan Biomass**. Environmental Engineering Project. Department of Environmental Engineering. Faculty of Engineering. Rajamangala University of Technology Lanna. Chiang Mai. (in Thai)