

เปรียบเทียบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขยะเศษใบไม้ที่ได้จากการอัดด้วย เครื่องอัดและอัดด้วยมือ

Quality Comparison of Leaf-Trash Chunk-Compressed Fuel by Compressor and Hand

วัชรารณณ์ ยุกตเขต (Vacharaporn Yubolket)¹* ดร.ดาริวรรณ เสริฐฐิธรรม (Dr.Dariwan Settheetham)**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขยะเศษใบไม้โดยใช้แป้งมันสำปะหลังและน้ำยางพาราเป็นตัวประสาน อัดก้อนเชื้อเพลิงด้วยการอัดด้วยเครื่องและอัดด้วยมือ ศึกษาคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547) และถ่านไม้หุงต้ม (มผช.657/2547) ประเมินความเหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนในชุมชน โดยทำการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของเศษใบไม้และตัวประสาน 5 อัตราส่วน ที่ 1 : 1, 1 : 1.1, 1 : 1.2, 1 : 1.3 และ 1 : 1.4 (kg/L) ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของเชื้อเพลิง พบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้จากการอัดด้วยมือมีคุณลักษณะทางกายภาพที่แข็งแรง ไม่เปราะและไม่แตกหักง่าย เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงตามมาตรฐานเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานจะมีค่าความร้อนต่ำกว่ามาตรฐาน เมื่อศึกษาความเหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนพื้นไม้ในชุมชน พบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานจากการอัดด้วยมือมีความเหมาะสมที่สุดที่อัตราส่วนใบไม้ 1 กิโลกรัม ต่อตัวประสาน 1.4 ลิตร มีค่าความร้อน 3975.47 cal/g ค่าความชื้นร้อยละ 4.24 ปริมาณสารระเหยร้อยละ 3.31 ปริมาณเถ้าร้อยละ 7.47 ทดสอบความเหมาะสมจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงมีระยะเวลาการติดไฟนานถึง 27.48 นาที จากการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับปริมาณอัตราส่วนของตัวประสานที่เพิ่มขึ้น R^2 มีค่า 0.9456 มีความสัมพันธ์กันในทางสถิติ

ABSTRACT

This research is a study of quality comparison of leaf-trash chunk-compressed fuel by compressor and hand using tapioca flour and rubber tree latex as binders, also a study of ASTM standard fuel comparing standard value of community product chunk-compressed charcoal and common charcoal, then evaluation of its suitability as alternative fuel between leaves and binders in 5 ratios: 1:1, 1:1.1, 1:1.2, 1:1.3 and 1:1.4 kg/L. The results of quality analysis showed that fuel compressed by hand was physically strong, not brittle. When compared with that compressed using latex as binders and passed standard, while that compressed with tapioca flour as binders had heat value below standard, when considered its usefulness as alternative fuel for firewood, the community found that tapioca flour compressed by hand was the most suitable at ratio 1 kg of leaves: 1.4 L of bonders at 3975.47 cal/g, moisture 4.24%, volatile substance 3.31%, ash 7.74%. Test of suitable burning time revealed long burning for 27.48 minutes, and test of relationship between heat value and increasing binders' ratio was statistically related at $R^2 = 0.9456$

คำสำคัญ: เชื้อเพลิงอัดแท่ง อัดด้วยเครื่อง อัดด้วยมือ

Keywords: Compressed fuel, Compressor, Hand

¹Correspondent author: Vacharapornaun@gmail.com

* นักศึกษา หลักสูตรสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** รองศาสตราจารย์ สาขาวิชานามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

*** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชานามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น



บทนำ

ขยะเป็นปัญหาสำคัญที่ทุกภาคส่วนต้องดำเนินการแก้ไขและจัดการในพื้นที่ เนื่องจากส่งผลกระทบต่อประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่โดยตรง [1] ปี 2557 ประเทศไทยมีปริมาณขยะรวม 26.17 ล้านตัน จากปริมาณขยะที่เกิดขึ้นถูกนำไปกำจัดแบบถูกหลักสุขาภิบาลเพียง ร้อยละ 27 มีการกำจัดแบบไม่ถูกหลักสุขาภิบาลและลักลอบทิ้งในสถานที่ที่ไม่เหมาะสมร้อยละ 26 มีการนำขยะกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ร้อยละ 19 และเหลือขยะตกค้างในพื้นที่ที่ไม่ได้รับการเก็บขนหรือนำไปกำจัดร้อยละ 28 จากปริมาณขยะที่เพิ่มขึ้นในแต่ละปีก่อให้เกิดปัญหาการจัดการขยะในหลายชุมชน บางชุมชนใช้กระบวนการจัดการขยะแบบมีส่วนร่วม มีการจัดตั้งธนาคารขยะ มีการจัดการขยะโดยการทำปุ๋ยหมักอินทรีย์ มีการนำขยะมาแปรรูปเป็นพลังงานทดแทนที่อยู่ในรูปของแก๊สชีวภาพและเชื้อเพลิงขยะเป็นต้น การนำขยะชุมชนมาใช้ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งนอกจากจะช่วยแก้ปัญหาขยะในชุมชนแล้วยังสามารถใช้เป็นพลังงานทดแทนเชื้อเพลิงหุงต้มในครัวเรือนได้อีกในรูปแบบหนึ่ง เนื่องจากมีกระบวนการที่ไม่ยุ่งยากและชุมชนสามารถทำได้ง่าย โดยเฉพาะชุมชนชนบทที่มีวิถีชีวิตและพฤติกรรมการใช้ฟืนไม้และถ่านไม้ในการหุงต้มประกอบอาหาร การนำเชื้อเพลิงอัดแท่งมาใช้จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกให้กับชุมชน

จากรูปแบบการนำเชื้อเพลิงอัดแท่งมาใช้เป็นพลังงานทดแทนได้มีการวิจัยนำขยะและวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรหลายชนิดมาใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง ได้แก่ [2] เปลือกทุเรียน และเปลือกมังคุด [3] ฟางข้าว เศษกิ่งไม้ ใบไม้ และซังข้าวโพด [4] หญ้าเนเปียร์ [5] เปลือกและซังข้าวโพด [6] กากกาแฟและกากชา [7] กระดาษ ใบไม้ และพลาสติก [8] ใบหมาก [9] ใบกล้วย [10] เปลือกถั่วลิสง [11] แกลบ ชานอ้อย และขี้เลื่อย [12] เปลือกถั่วลิสงและเศษกระดาษ [13] เปลือกสับปะรด [14] ทางมะพร้าว [15] ใบมะพร้าว ซึ่งคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งนี้สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนฟืนไม้และถ่านไม้ได้ดี

งานวิจัยนี้ได้ทดลองนำเศษใบไม้ซึ่งเป็นขยะที่เกิดขึ้นในชุมชนมาผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนในชุมชน เศษใบไม้มีคุณสมบัติที่สามารถนำมาผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งได้ [16] เนื่องจากมีองค์ประกอบของเส้นใย เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินที่มีคุณสมบัติที่สามารถเผาไหม้ได้ และยังเป็นอีกหนึ่งกระบวนการที่ช่วยแก้ไขปัญหามลพิษในชุมชน

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขยะเศษใบไม้ ที่ใช้เป็นพลังงานทดแทนฟืนไม้ในชุมชน

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้แบ่งการศึกษออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ

1. ศึกษาคุณสมบัติของเศษใบไม้และตัวประสาน นำวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง คือ เศษใบไม้ในชุมชนประกอบด้วยใบมะม่วง ใบขนุน และใบหูกวาง ตัวประสาน 2 ชนิด คือ แป้งมันสำปะหลังและน้ำยางพารา มาวิเคราะห์ค่าความร้อน และค่าความชื้น ซึ่งแสดงมาตรฐานในตารางที่ 2

2. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเศษใบไม้และตัวประสานขั้นตอนการศึกษามีรายละเอียดดังนี้

2.1. เตรียมเศษใบไม้ นำเศษใบไม้เข้าเครื่องบดย่อยทางการเกษตรให้มีขนาด 3 – 5 มิลลิเมตร และเก็บรวบรวมเศษใบไม้ไว้ในถุงพลาสติกมัดปากให้แน่น เพื่อไม่ให้สัมผัสความชื้น

2.2. เตรียมตัวประสานแป้งมันสำปะหลัง ที่อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลัง 50 กรัม ต่อน้ำ 1000 มิลลิลิตร

นำส่วนผสมที่ได้มาต้มให้ความร้อน กวนจนมีลักษณะเหนียวขึ้นเป็นแป้งเปียก และนำยางพาราใช้น้ำยางพาราดิบที่ได้จากต้น ที่มีลักษณะเป็นของเหลว สีขาวขุ่น ไม่จับตัวกันเป็นก้อน

2.3. นำส่วนผสม ทั้ง 5 อัตราส่วน (ตารางที่ 1) ที่ได้ไปอัดแท่ง ขึ้นรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งด้วยเครื่องอัด ขนาด 5 แรงม้า ไฟฟ้า 380 v และอัดด้วยมือโดยใช้การทุบอัดส่วนผสมในแท่งเหล็กรูปทรงกระบอกที่ใช้เป็นแม่พิมพ์ เชื้อเพลิงที่ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตรยาว 10 เซนติเมตร

2.4. นำเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้ไปตากแดดเพื่อลดความชื้น โดยนำไปวางไว้บนแผ่นสังกะสี ประมาณ 5 – 7 วัน ขึ้นกับสภาพภูมิอากาศสดกึ่งในทุ่งพลาตดิกมดปากดงให้แน่นป้องกันไม่ให้สัมผัสความชื้น

3. ศึกษาคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งวิเคราะห์หาคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง ทำการวิเคราะห์ค่าความร้อน ความชื้น ปริมาณสารระเหย ปริมาณเถ้า ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง (ตารางที่ 2)

4. ทดสอบความเหมาะสมของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนฟืนไม้ในชุมชน

4.1. เตรียมเชื้อเพลิงอัดแท่ง ในแต่ละอัตราส่วนผสมทั้ง 5 อัตราส่วนผสม ใช้ที่อัตราส่วนละ 300 กรัม

4.2. ติดไฟก่อนเชื้อเพลิงอัดแท่งร่อนกว่าเชื้อเพลิงจะลุกเป็นเปลวไฟ บันทึกผลระยะเวลาที่ใช้ในการจุดติดไฟ ระยะเวลาที่มีควัน ระยะเวลาที่มีกลิ่น และระยะเวลาที่ติดไฟ

ผลการทดลอง

การศึกษางานวิจัยในครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขยะเศษใบไม้ที่ใช้การอัดด้วยเครื่องและอัดด้วยมือ จากตัวประสาน 2 ชนิด เพื่อนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนในชุมชน

1. ศึกษาคุณสมบัติของเศษใบไม้และตัวประสาน

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติค่าความร้อน ความชื้น ของเศษใบไม้ แป้งมันสำปะหลัง และน้ำยางพารา ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D5865, ASTM D3173 พบว่ามีค่าความร้อนเฉลี่ย 3808.38, 3507.44 และ 9573.97(cal/g) ตามลำดับ ความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 6.93, 54.65 และ 46.44 ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

2. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเศษใบไม้และตัวประสาน

จากการศึกษาพบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานสามารถอัดขึ้นรูปได้ จากกระบวนการอัดด้วยเครื่องและการอัดด้วยมือ ก่อนเชื้อเพลิงที่ได้จากการอัดด้วยเครื่องจะมีความหนาแน่น และความแข็งแรงต่ำกว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้จากการอัดด้วยมือในทุกอัตราส่วน (ภาพที่ 5) เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้น้ำยางพาราเป็นตัวประสานสามารถอัดขึ้นรูปได้จากการบวนการอัดด้วยมือเท่านั้น ก่อนเชื้อเพลิงที่ได้ในทุกอัตราส่วนมีความแข็งแรง และยืดหยุ่น ไม่แตกหักง่าย ส่วนการอัดด้วยเครื่องไม่สามารถอัดขึ้นรูปได้ในทุกอัตราส่วนผสมเนื่องจากส่วนผสมที่ได้จะมีลักษณะจับตัวกันเป็นก้อนไม่เป็นเนื้อเดียวกันเมื่อนำเข้าเครื่องอัดจึงไม่สามารถอัดขึ้นรูปก่อนเชื้อเพลิงได้

การอัดก้อนเชื้อเพลิงด้วยมือมีที่อัตราส่วนที่ 1 : 1.4 มีความเหมาะสมที่สุด ซึ่งเชื้อเพลิงที่ได้จะมีความแข็งแรง ไม่เปราะและไม่แตกหักง่ายเมื่อเก็บขน ทั้งนี้หากใช้อัตราส่วนตัวประสานที่มากเกินไปจะไม่เหมาะสมต่อการอัดแท่งเชื้อเพลิง เนื่องจากลักษณะของตัวประสานแป้งมันสำปะหลังมีความเหนียวและเหนียวทำให้ก้อนเชื้อเพลิงติดเกรียวของเครื่องอัดและกับแม่พิมพ์



3. ศึกษาคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากการศึกษาวิเคราะห์หาคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

เชื้อเพลิงที่ใช้เปียงมันสำปะหลังเป็นตัวประสานอัตราส่วนไบโไม้ต่อตัวประสาน 1 : 1.4 ให้ความร้อนเฉลี่ยสูงที่สุด โดยเชื้อเพลิงอัดแท่งจากการอัดด้วยเครื่องและอัดด้วยมือให้ความร้อน 3972.69 และ 3975.47 cal/g ตามลำดับ ค่าความชื้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนตัวประสานการอัดด้วยมือจะมีค่าสูงกว่าการอัดด้วยเครื่อง ปริมาณสารระเหยจากการอัดด้วยเครื่องจะมีค่าสูงที่สุดที่อัตราส่วน 1 : 1.3 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 4.89 ปริมาณสารระเหยจากการอัดด้วยมือมีค่าสูงที่สุดที่อัตราส่วน 1 : 1 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 5.18 ปริมาณเถ้าจากการอัดด้วยเครื่องมีค่าสูงที่สุดที่อัตราส่วน 1 : 1.3 มีปริมาณเถ้าร้อยละ 8.10 ปริมาณเถ้าจากการอัดด้วยมือมีค่าสูงที่สุดที่อัตราส่วน 1 : 1 ร้อยละ 7.9 ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงที่ได้จากการอัดด้วยมือจะมีค่ามากกว่าการอัดด้วยเครื่องที่อัตราส่วน 1 : 1 จะมีค่าสูงที่สุด 0.57 kg/cm³ โดยค่าความหนาแน่นจะมีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันในทุกอัตราส่วน (ตารางที่ 4) เมื่อหาความสัมพันธ์กันแบบผกผันตรง R^2 มีค่า 0.9456 (ภาพที่ 1 และ 2)

เชื้อเพลิงที่ใช้น้ำยางพาราเป็นตัวประสาน พบว่าน้ำยางพารามีความเหมาะสมต่อการอัดด้วยมือที่อัตราส่วนไบโไม้ต่อตัวประสาน 1 : 1.4 ให้ความร้อนเฉลี่ยสูงที่สุด 6171.74 cal/g ค่าความชื้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนตัวประสาน อัตราส่วน 1 : 1 มีค่าความชื้น ปริมาณสารระเหย และปริมาณเถ้าเฉลี่ยต่ำที่สุดร้อยละ 3.76, 2.19 และ 5.48 ตามลำดับ ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงจะมีค่าใกล้เคียงกันในทุกอัตราส่วน ที่อัตราส่วน 1 : 1 จะมีค่าสูงที่สุด ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง 0.62 kg/cm³ (ตารางที่ 5) เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนและปริมาณตัวประสานที่เพิ่มขึ้น พบว่ามีความสัมพันธ์กันแบบผกผันตรง R^2 มีค่า 0.5892 (ภาพที่ 3)

คุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่งและถ่านไม้หุงต้ม พบว่าเชื้อเพลิงที่ใช้เปียงมันสำปะหลังจะมีค่าความร้อนที่ต่ำกว่า ส่วนเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้น้ำยางพาราเป็นตัวประสานมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน [17] ซึ่งมาตรฐานกำหนดค่าความร้อนต้องไม่น้อยกว่า 5,000 และ 6,000 cal/g ค่าความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 8 และ 10 ปริมาณสารระเหยตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านไม้หุงต้มกำหนดต้องไม่เกินร้อยละ 25 และปริมาณเถ้ากำหนดไว้ต้องไม่เกินร้อยละ 8 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามจากการศึกษาพบว่าปริมาณตัวประสานที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อค่าความชื้นของเชื้อเพลิง ซึ่งเชื้อเพลิงที่ได้จะมีค่าความชื้นที่สูงเมื่อใช้อัตราส่วนตัวประสานที่มากขึ้น และยังทำให้ต้องใช้ระยะเวลาในการนำก้อนเชื้อเพลิงไปตากแดดเพื่อลดความชื้นที่ยาวนานมากขึ้น ดังนั้นเชื้อเพลิงอัดแท่งที่อัตราส่วนตัวประสานที่ 1 : 1.4 มีคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงเหมาะสมที่สุด

เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษไบโไม้ ในงานวิจัยครั้งนี้ วัตถุดิบที่นำมาใช้ไม่ได้ผ่านกระบวนการคาร์บอนในเซชันให้เป็นถ่านจึงทำให้มีค่าความร้อนที่ต่ำ เมื่อเปรียบเทียบค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้จากการวิจัยอื่น เช่น [8] ไบโหมก [13] เปลือกสับปะรด [15] ไบมะพร้าวและ [11] แกลบ ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีความนิยม และใช้กันอย่างแพร่หลาย พบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษไบโไม้ มีค่าความร้อนที่สูงกว่า (ภาพที่ 4) จึงมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้

4. ทดสอบความเหมาะสมของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนฟืนไม้ในชุมชน

เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้เปียงมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน ที่ได้จากการอัดด้วยเครื่องจะมีคุณสมบัติติดไฟได้ง่ายกว่า และมีระยะเวลาที่เกิดควันและมิกล้นน้อยกว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้จากการอัดด้วยมือ เนื่องจากเชื้อเพลิงมีความหนาแน่นต่ำกว่าและมีรูพรุนที่มากกว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้จากการอัดด้วยมือ ที่อัตราส่วน 1 : 1 มีระยะเวลาที่ใช้ในการจุดติดไฟ ระยะเวลาที่เกิดควัน และระยะที่เกิดกลิ่นเฉลี่ยต่ำที่สุด 1.23, 5.10 และ 6.0 นาที ตามลำดับ เมื่ออัตราส่วนตัวประสานเพิ่มขึ้นจะมีผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการจุดติดไฟ ระยะเวลาที่เกิดควัน และระยะเวลาที่เกิดกลิ่นที่ยาวนานมากขึ้น เมื่อพิจารณาระยะเวลาการติดไฟและการเผาไหม้พบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งจากการอัดด้วยมือมีระยะเวลาที่

คิดไฟนานกว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้จากการอัดด้วยเครื่อง ที่อัตราส่วน 1 : 1.4 จะมีระยะเวลาที่ติดไฟเฉลี่ยนาน 27.35 นาติ (ตารางที่ 6) ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการจุดติดไฟจะเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนตัวประสาน เนื่องจากอัตราส่วนตัวประสานที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อความหนาแน่นของเชื้อเพลิงและยังมีผลต่อการคงรูปของก้อนเชื้อเพลิงเมื่อเผาไหม้ (ภาพที่ 6) ซึ่งเชื้อเพลิงเมื่อทำการเผาไหม้แล้วมีการคงรูปของก้อนเชื้อเพลิงที่ดีจะมีผลต่อระยะเวลาการให้ความร้อนและการเผาไหม้ที่ยาวนานมากขึ้น

เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้น้ำยางพาราเป็นตัวประสาน ที่อัดด้วยมือมีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง เนื่องจากการอัดด้วยเครื่องไม่สามารถอัดก้อนเชื้อเพลิงได้ ที่อัตรา 1 : 1.4 ใช้ระยะเวลาในการจุดติดไฟเฉลี่ยน้อยที่สุด 0.47 นาติ และมีระยะเวลาที่ติดไฟเฉลี่ยนานที่สุด 32.23 นาติ ซึ่งจะพบว่าอัตราส่วนตัวประสานเพิ่มขึ้นจะมีผลต่อการจุดติดไฟเร็วขึ้นและมีระยะเวลาการติดไฟที่นานขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติของน้ำยางพาราเป็นพอลิเมอร์ที่สามารถติดไฟได้ดีและให้ความร้อนสูง เมื่อพิจารณาระยะเวลาที่เกิดควันและระยะเวลาที่มีกลิ่นที่อัตราส่วน 1 : 1 มีระยะเวลาเฉลี่ยต่ำที่สุด 26.45 และ 28.23 นาติ ตามลำดับ (ตารางที่ 7) โดยอัตราส่วนตัวประสานที่เพิ่มขึ้นจะมีผลต่อระยะเวลาที่เกิดควัน และเกิดกลิ่นยาวนานขึ้น

อย่างไรก็ตามเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้น้ำยางพาราเป็นตัวประสาน จะเกิดควันและกลิ่นที่นานกว่าและเมื่อเกิดการเผาไหม้จะมีเขม่าร่วมด้วย เนื่องจากโครงสร้างของน้ำยางพาราเป็นโครงสร้างที่มีโมเลกุลแบบพันธะคู่ เผาไหม้ที่อุณหภูมิที่สูงเมื่อเกิดการเผาไหม้ที่อุณหภูมิไม่เหมาะสมจะเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ จะส่งผลต่อลักษณะการเกิดควันและเขม่าของเชื้อเพลิง

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่าตัวประสานน้ำยางพาราไม่มีความเหมาะสมต่อการอัดด้วยเครื่อง เนื่องจากน้ำยางพาราเมื่อผสมกับเศษใบไม้ส่วนผสมที่ได้จะจับตัวกันเป็นก้อนไม่เป็นเนื้อเดียวกันและมีความยืดหยุ่น เมื่อนำเข้าเครื่องอัดไม่สามารถอัดขึ้นรูปได้ในทุกอัตราส่วนที่ศึกษา จากการศึกษที่อัตราส่วนผสมของเศษใบไม้ที่ 1 กิโลกรัมต่อตัวประสาน 1.4 ลิตร มีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากอัตราส่วนตัวประสานที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการอัดแท่งเชื้อเพลิงเพราะส่วนผสมจะติดกับแม่พิมพ์จะทำให้ไม่สามารถอัดก้อนได้ ทั้งนี้ยังส่งผลต่อค่าความชื้นที่เพิ่มขึ้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งร่วมด้วย

เปรียบเทียบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้จากการอัดด้วยเครื่องและอัดด้วยมือ เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้จากการอัดด้วยมือจะมีค่าความหนาแน่นที่สูงกว่าการอัดด้วยเครื่อง และยังมีค่าความแข็งแรง ไม่เปราะและไม่แตกหักง่าย ค่าความหนาแน่นที่ได้จะมีค่าใกล้เคียงกันในทุกอัตราส่วน เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่งและถ่านไม้หุงต้ม พบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้น้ำยางพาราเป็นตัวประสานที่ได้จากการอัดด้วยมือมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานมีค่าความร้อนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ทั้งนี้เนื่องจากเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้เป็นการนำวัสดุดิบที่ยังไม่ผ่านกระบวนการคาร์บอนในเซชันจึงทำให้ค่าความร้อนที่ได้มีค่าต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับถ่านอัดแท่ง

ทดสอบการเผาไหม้เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของเชื้อเพลิงอัดแท่ง เพื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนฟืนไม้ในชุมชน พบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน มีความเหมาะสมต่อการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนฟืนไม้มากที่สุด เนื่องจากเมื่อเกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงจะมีกลิ่น และควันที่ขมรับได้ และเมื่อเผาไหม้จะไม่เกิดเขม่าควัน



ผลการวิจัยนี้ จึงสรุปได้ว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานที่ได้จากการอัดด้วยมือที่อัตราส่วนเศษใบไม้ที่ 1 กิโลกรัมต่อแป้งมันสำปะหลัง 1.4 ลิตร มีความเหมาะสมที่สุดเชื้อเพลิงที่ได้มีค่าความร้อนเฉลี่ย 3975.47 cal/g ความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 4.24 ปริมาณสารระเหยเฉลี่ยร้อยละ 3.31 ปริมาณเถ้าเฉลี่ยร้อยละ 7.47 และความหนาแน่นเฉลี่ย 0.53 kg/cm³ จากการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับปริมาณอัตราส่วนของตัวประสานพบว่ามีความสัมพันธ์กันทางสถิติแบบผันตรง R² มีค่า 0.9456 และมีระยะเวลาติดไฟเฉลี่ยนาน 27.48 นาที ซึ่งจากคุณสมบัติดังกล่าวสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนฟืนไม้ในชุมชนได้

ข้อเสนอแนะในการวิจัย

1. เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนฟืนไม้และเป็นเชื้อเพลิงร่วมในการหุงต้มประกอบอาหารในครัวเรือนได้
2. ได้ผลิตก้อนขี้หมูชน ที่ช่วยลดขยะในชุมชนโดยการนำขยะไปใช้ประโยชน์เนื่องจากกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งใช้วัตถุดิบที่หาได้ง่ายในชุมชนและยังใช้ภูมิปัญญาพื้นบ้านในการอัดแท่งเชื้อเพลิง
3. หน่วยงานท้องถิ่นสามารถนำไปใช้เป็นรูปแบบการจัดการขยะในชุมชนได้ และยังสามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีไปยังประชาชนในชุมชน และชุมชนใกล้เคียงได้

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ศึกษาประเภทและชนิดของใบไม้ ที่มีปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ที่แตกต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของเชื้อเพลิง
2. ศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงอัดแท่ง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ดาวิวรรณ เศรษฐิธรรม ที่ได้ชี้แนะและให้คำปรึกษาในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่อำนวยความสะดวกในการใช้วัสดุอุปกรณ์ทางห้องปฏิบัติการเพื่อให้งานศึกษาในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Ministry of Natural Resources and Environment. Pollution Control Department. Waste survey date [Internet]. 2015. Retrieved July, 2016, from http://www.pcd.go.th/Info_Serv/roadmapWaste.html
2. Achara U, Chalanda S, Nattaporn P, Natthida P, Niphawan C. Utilization of durian and mangos teen peels as briquette fuel. Proceedings of 49 th Kasetsart University Annual Conference; 2011 Feb 1-4; Bangkok, Thailand:
3. Kamoldara R, Natthawud D, Wera P, Nigran H, Chawaroj J. Development of an integrated waste management model in a village level: The study of Wangpong village, Mueangkaeosub districts, Mearim district. Chiangmai province. Chiangmai; Sponsored by the Energy research center, Maejo University (TH); 2014 Jun.146 p.



4. Supachai T, Bhumiphat P. The study production of briquette by Pennisetum purpureum. Proceedings of 7 th Academic meeting National and International Conference; 2015 Apr 28-29; Bangkok, Thailand.
5. Kittikorn S, Warapong S, Nattapong W, Natthawud D. Study of Process Densification of Corn Cob and Corn Husk Briquettes by Cold Extrusion Technique Using Starch with Lime Mixed as Binder. Thaksin University Journal. 2015; 18(1): 5-14. Thai.
6. Naruephat T, Patcharee P. A Study on how to Utilize coffee residue and tea residue for the production of Briquettes. Srinakharinwirot University Journal of Science and Technology. 2015; 7(13): 15-26. Thai.
7. Wasan P, Duangkamol D. Production of Refuse-Derived Fuel-5 (RDF-5) from Municipal Waste: A Case Study involving Rajabhat Mahasakham University. Industrial Technology Lampang Rajabhat University Journal. 2016; 9(1): 72-86. Thai.
8. Deepak K.B1, Jnanesh N.A. Experimental Analysis of Physical and Fuel Characteristics of Areca Leaves Briquette. International Journal of Science and Research. 2015; 4(1): 1261-1264.
9. Noeli S, Bianca G, de O, Cintia M, Ozair S, Antonio P.N, Therezinha M. Use of Banana Culture Waste to Produce Briquettes. Cet chemical engineering transactions. 2013; 32: 349-354.
10. Idah P. A, Mopah E. J. Comparative Assessment of Energy Values of Briquettes from Some Agricultural By-Products with Different Binders. IOSR Journal of Engineering. 2013; 3(1): 36-42.
11. Ogwu I.Y, Tembe E.T, Shomkegh S.A. Comparative analysis of calorific value of briquettes produced from sawdust particles of Daniella oliveri and afzeliaafricana combination at binary and tertiary levels with rice husk. Journal of research in forestry, Wildlife and environmental. 2014; 1 6(2): 13-21.
12. Lingjun K, Shuang H. T, Chun H, Changming D, Yu T.T, Ya X. Effect of waste wrapping paper fiber as a “solid bridge” on physical characteristics of biomass pellets made from wood sawdust. Applied Energy. 2012; 98: 33-39.
13. Thanapol T, Kachamard S, Sujitra P, Sivaporn N. Feasibility Study of Biomass Briquettes Production from Pineapple Peel. Thammasat Journal of Science and Technology is a publication of Thammasat University. 2015; 23(5): 754-773.
14. Thanapol T, Surichai P, Preepaween P, Panuwat T. Community-Based Renewable Energy from Biomass Briquettes Fuel from Coconut Leaf. Thammasat Journal of Science and Technology is a publication of Thammasat University. 2015; 23(3): 418-131.
15. Deepak K.B, Jnanesh N.A. Analysis of Various Characteristics of Coconut Leaves as a Biomass Briquette. National Conference on Advances in Mechanical Engineering Science. 2016; 15: 69-73.
16. Ratchapol P. Pretreatment processes for enhancing the efficiency of ethanol production from lignocellulosic agricultural wastes. Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn. 2015; 2(1): 142-157.



17. Thai industrial standards institute. Community Production Standard for Fuel Briquette (Mor Or Chor 238/2547), Community Production Standard for Cooking Charcoal (Mor Or Chor 657/2547). [Internet]. 2016. Retrieved November , 2016, from <http://tcps.tisi.go.th/public/certificatesearch.aspx>

ตารางที่ 1 อัตราส่วนที่ทำการศึกษา

ตัวอย่าง	เศษใบไม้บดย่อย (กิโลกรัม)	ตัวประสาน(ลิตร)
1	1	1.0
2	1	1.1
3	1	1.2
4	1	1.3
5	1	1.4

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์คุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

คุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง	การวิเคราะห์
ค่าความร้อน (Heating Value)	ตามมาตรฐาน ASTM D5865 ด้วยเครื่อง Automatic Bomb Calorimeter
ค่าความชื้น (Moisture)	ตามมาตรฐาน ASTM D3173 ด้วยเครื่อง Drying Oven
ปริมาณสารระเหย (volatile matter)	ตามมาตรฐาน ASTM D3175 ด้วยเครื่อง Electric muffle furnace
ปริมาณเถ้า	ตามมาตรฐาน ASTM D 3174 ด้วยเครื่อง Electric muffle furnace
ค่าความหนาแน่น (Density)	คำนวณจากอัตราส่วนมวลต่อปริมาตร

ตารางที่ 3 คุณสมบัติของเศษใบไม้และตัวประสาน

คุณสมบัติ	ใบไม้	แป้งมันสำปะหลัง	น้ำยางพารา
ความร้อน (cal/g)	3808.38	3507.44	9573.97
ความชื้น(%)	6.93	54.65	46.44

ตารางที่ 4 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน

คุณสมบัติ	อัดด้วยมือ					อัดด้วยเครื่อง				
	อัตราส่วน ใบไม้ : แป้งมันสำปะหลัง					อัตราส่วน ใบไม้ : แป้งมันสำปะหลัง				
	(กิโลกรัม : ลิตร)					(กิโลกรัม : ลิตร)				
	1 : 1	1 : 1.1	1 : 1.2	1 : 1.3	1 : 1.4	1 : 1	1 : 1.1	1 : 1.2	1 : 1.3	1 : 1.4
ความร้อน (cal/g)	3919.52	3922.43	3950.95	3967.60	3975.47	3882.89	3898.65	3896.38	3947.12	3972.69
ความชื้น (%)	3.45	3.82	4.11	4.21	4.24	3.24	3.26	3.29	3.32	3.35
ปริมาณสารระเหย (%)	5.18	3.65	4.17	4.31	3.31	3.66	4.45	4.60	4.89	3.28
ปริมาณเถ้า (%)	7.9	7.50	7.56	7.72	7.47	7.61	7.71	7.89	8.10	7.52
ค่าความหนาแน่น (kg/cm ³)	0.57	0.54	0.49	0.51	0.53	0.40	0.39	0.39	0.37	0.39

ตารางที่ 5 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้น้ำยางพาราเป็นตัวประสาน

คุณสมบัติ	อัดด้วยมือ				
	อัตราส่วน ใบไม้ : น้ำยางพารา				
	(กิโลกรัม : ลิตร)				
ความร้อน (cal/g)	5786.72	5812.31	5856.71	5876.62	6171.74
ความชื้น (%)	3.76	3.79	3.83	3.88	3.76
ปริมาณสารระเหย (%)	2.19	2.29	3.42	2.67	2.82
ปริมาณเถ้า (%)	5.48	5.63	6.13	5.50	5.90
ค่าความหนาแน่น (kg/cm ³)	0.62	0.60	0.62	0.59	0.61

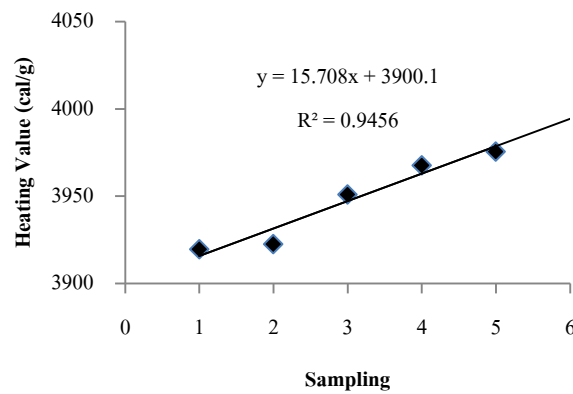


ตารางที่ 6 ทดสอบความเหมาะสมของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนฟืนไม้ในชุมชน

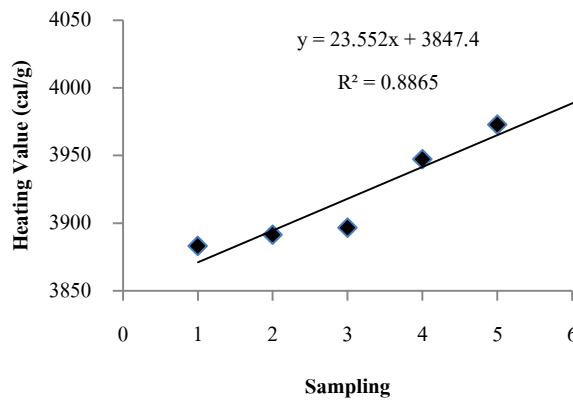
คุณสมบัติ	อัดด้วยมือ					อัดด้วยเครื่อง				
	อัตราส่วน ใบไม้ : แป้งมันสำปะหลัง					อัตราส่วน ใบไม้ : แป้งมันสำปะหลัง				
	(กิโลกรัม : ลิตร)					(กิโลกรัม : ลิตร)				
	1 : 1	1 : 1.1	1 : 1.2	1 : 1.3	1 : 1.4	1 : 1	1 : 1.1	1 : 1.2	1 : 1.3	1 : 1.4
ระยะเวลาที่ใช้ในการจุด ดีดไฟ (นาทีก)	2.28	2.39	2.39	2.47	2.51	1.23	1.27	1.25	1.31	1.33
ระยะเวลาที่มีควัน (นาทีก)	8.01	8.25	8.35	8.40	8.51	5.10	6.12	6.34	6.41	6.33
ระยะเวลาที่มีกลิ่น (นาทีก)	8.44	8.49	8.57	9.07	9.43	6.0	6.41	6.48	6.53	6.53
ระยะเวลาที่ ดีดไฟ (นาทีก)	26.57	27.00	27.35	27.45	27.48	13.50	15.45	19.01	18.04	18.11

ตารางที่ 7 ทดสอบความเหมาะสมของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้น้ำยางพาราเป็นตัวประสานที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนฟืนไม้ในชุมชน

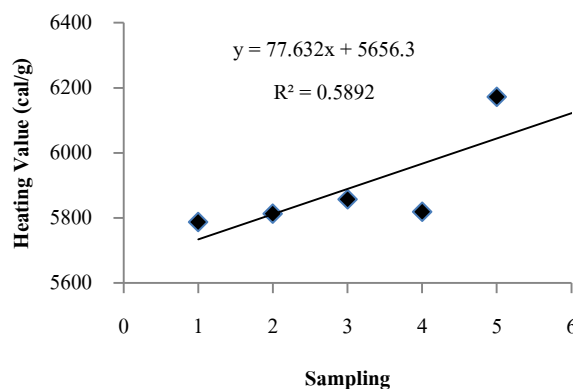
คุณสมบัติ	อัดด้วยมือ				
	อัตราส่วน ใบไม้ : น้ำยางพารา				
	(กิโลกรัม : ลิตร)				
	1 : 1	1 : 1.1	1 : 1.2	1 : 1.3	1 : 1.4
ระยะเวลาที่ใช้ในการจุดดีดไฟ (นาทีก)	0.57	0.51	0.53	0.53	0.47
ระยะเวลาที่มีควัน (นาทีก)	26.45	28.13	28.45	29.07	29.14
ระยะเวลาที่มีกลิ่น (นาทีก)	28.23	29.38	30.13	32.03	32.23
ระยะเวลาที่ ดีดไฟ (นาทีก)	33.07	33.40	33.56	34.06	34.17



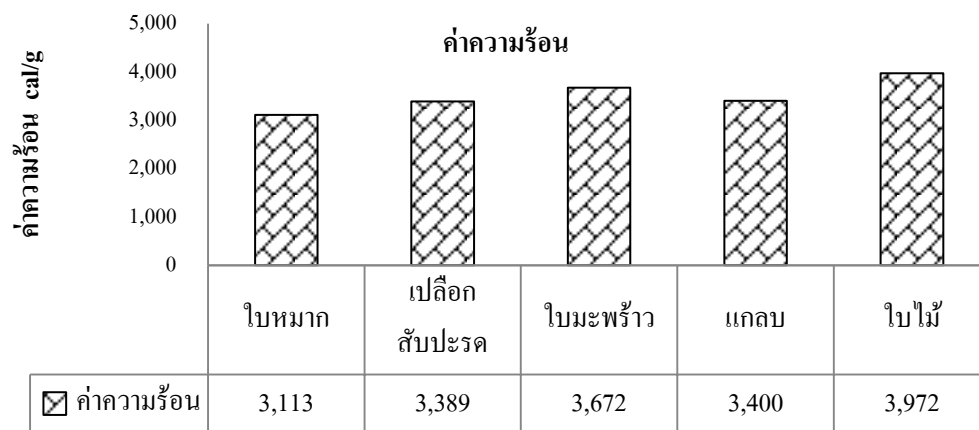
ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับปริมาณอัตราส่วนของตัวประสานแป้งมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้นจากการอัดด้วยมือ



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับปริมาณอัตราส่วนของตัวประสานแป้งมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้นจากการอัดด้วยเครื่อง



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนกับปริมาณอัตราส่วนของตัวประสานน้ำยางพาราที่เพิ่มขึ้นจากการอัดด้วยมือ



ภาพที่ 4 ผลการเปรียบเทียบค่าความร้อนกับเชื้อเพลิงชนิดอื่น



เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน
จากการอัดด้วยมือ ที่อัตราส่วน 1 : 1.4



เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน
จากการอัดด้วยเครื่อง ที่อัตราส่วน 1 : 1.4



เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้น้ำยางพาราเป็นตัวประสาน จากการอัดด้วยมือที่อัตราส่วน 1 : 1.4

ภาพที่ 5 ลักษณะก้อนเชื้อเพลิงอัดแท่ง



ภาพที่ 6 ลักษณะการเผาไหม้ และการคงรูปถ่านขณะที่ติดไฟ