# การเปรียบเทียบค่าความร้อนของก้อนเชื้อเพลิงจากส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิต

# A COMPARISON OF HEATING VALUE OF FUEL BRIQUETTE FROM THE MIXTURE OF COCONUT SHELL CHARCOAL AND MUSHROOM CUBE AFTER HARVEST

*สุกัญญา ทับทิม* ศศิธร ปรือทอง*

***Sukanya Tubtim****, *Sasithorn Pruetong*

*คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก*

*Faculty of Agricultural Science and Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Phitsanulok.*

****Corresponding author, e-mail:*** *kungtubtim@hotmail.com*

***Received:*** *28 November 2018;* ***Revised:*** *14 February 2019;* ***Accepted:*** *27 May 2019*

## บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการผลิตก้อนเชื้อเพลิงและหาค่าความร้อนของก้อนเชื้อเพลิงจากส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตที่อัตราส่วนต่าง ๆ โดยก้อนเชื้อเพลิงที่ผลิตขึ้นมีสัดส่วนการผสมของถ่านกะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตในอัตราส่วนผสม 0:10, 1:9, 2:8, 5:5, 8:2, 9:1 และ 10:0 ผสมกับกาวแป้งมันสำปะหลัง ทำการอัดก้อนเชื้อเพลิงเป็นรูปทรงกระบอกแล้วไปตากแดดให้แห้งสนิท นำก้อนเชื้อเพลิงที่ได้ไปหาค่าความหนาแน่น ค่าความชื้น ค่าความร้อน และการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งาน ผลการวิจัยพบว่า อัตราส่วนผสมของก้อนเชื้อเพลิงจากส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุดที่อัตราส่วนผสม 8:2 และ 9:1 เป็นอัตราส่วนที่ให้ค่าความหนาแน่น 584.14 และ 661.10 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ค่าความชื้นร้อยละ 2.17 และ 2.08 ฐานแห้ง ตามลำดับ ค่าความร้อน 5,695.76 และ 6,448.61 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ ระยะเวลาการเผาไหม้ 210.12 และ 198.98 นาที/กิโลกรัม และปริมาณขี้เถ้าร้อยละ 3.32 และ 6.68 ตามลำดับ ซึ่งอัตราส่วนผสม 8:2 และ 9:1 มีค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) โดยค่าความร้อนไม่ต่ำว่า 5,000 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ดังนั้นในการส่งเสริมการผลิตก้อนเชื้อเพลิงแก่ชุมชนจึงสามารถแนะนำให้ผลิตในอัตราส่วนของถ่านกะลามะพร้าวต่อก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตในอัตราส่วนผสม 8:2 และอัตราส่วนผสม 9:1 เพื่อเป็นประโยชน์ในชุมชนได้และเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

**คำสำคัญ**: ค่าความร้อนของก้อนเชื้อเพลิง ถ่านกะลามะพร้าว ก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิต

## Abstract

The present research article aims to produce fuel briquette and find the different ratios of heating value of fuel briquette from the mixture of coconut shell charcoal and mushroom cube after harvesting. The fuel briquette was produced in various mixing ratio of coconut shell charcoal and mushroom cube after

harvesting. The ratios were 0:10, 1:9, 2:8, 5:5, 8:2, 9:1 and 10:0 and mixed with cassava glue. After pressing fuel briquette in cylindrical shape, dry them in the sun. The fuel briquettes were measured and finding the density, moisture content, the heating value and performance testing. The research finding revealed that the optimal proportion ratio of the mixture of coconut shell charcoal and mushroom cube after harvest were 8:2 and 9:1 which provided the density of fuel briquette at 584.14 and 661.10 kg/$m^3$. The moisture content was 2.17 and 2.08% db. The heating value was 5,695.76 and 6,448.61 kcal/kg. The burning time was 210.12 and 198.98 min/kg. The ash was 3.32 and 6.68 %. The ratio of 8:2 and 9:1 had heating value higher than the heating value of the standard mark on the community product; the minimum heating value was 5,000 kcal/kg. Therefore, to produce the fuel briquette, the mixing ratio 8:2 and 9:1 of coconut shell charcoal and mushrooms cube after harvest were recommended for the community to increase value added from the agricultural wastes.

**Keywords**: Heating value of fuel briquette, Coconut shell charcoal, Mushroom cube after harvest

## บทนำ

พลังงานถือเป็นปัจจัยที่สำคัญในการตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของประชาชน และเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญในภาคธุรกิจ และภาคอุตสาหกรรม รัฐบาลจึงต้องมีการจัดหาพลังงานให้มีปริมาณที่เพียงพอ มีราคาที่เหมาะสมและมีคุณภาพที่ดีสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ ประเทศไทยนั้นถือว่ามีแหล่งพลังงานในเชิงพาณิชย์จำนวนน้อยและไม่เพียงพอ ทำให้ต้องพึ่งพาพลังงานจากต่างประเทศสูงถึงประมาณร้อยละ 60 ของความต้องการพลังงานเชิงพาณิชย์ทั้งหมด ดังนั้นเพื่อให้มั่นใจว่าในอนาคต ประเทศไทยจะมีพลังงานใช้อย่างพอเพียง รัฐบาลและผู้เกี่ยวข้องจึงจำเป็นต้องหาแนวทางในการพัฒนาแหล่งพลังงานที่มีอยู่อย่างจำกัดให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด และต้องพิจารณาเลือกใช้เชื้อเพลิงที่มีราคาถูก รวมทั้งต้องมีปริมาณที่เพียงพอและแน่นอนต่อความต้องการภายในประเทศ มีการกระจายแหล่งชนิดเชื้อเพลิงให้หลากหลาย เพื่อกระจายความเสี่ยง และต้องเป็นเชื้อเพลิงที่มีผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมน้อยที่สุด [1]

ปัญหาด้านพลังงานของไทยในปัจจุบัน เป็นปัญหาหลักที่เกี่ยวข้องกับชีวิตการเป็นอยู่ของคนไทยไม่ว่าจะเป็นปัญหาด้านราคาพลังงานที่ใช้ในครัวเรือนแก๊สหุงต้มหรือน้ำมัน ที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องถึงแม้พลังงานต่าง ๆ จะมีราคาสูงขึ้น ความต้องการในการใช้พลังงานของประชากรก็ยังคงสูงเช่นกัน จึงจำเป็นต้องมีการคิดค้นหาแหล่งพลังงานทดแทนภายในประเทศให้เพียงพอกับความต้องการของประชากรส่วนใหญ่ซึ่งการใช้เชื้อเพลิงในการหุงต้ม ปิ้ง ย่าง ในครัวเรือน และร้านอาหารต่าง ๆ ยังคงใช้ฟืนและถ่านไม้อยู่ เนื่องจากเป็นเชื้อเพลิงที่หาได้ง่าย และมีราคาถูก [2] ดังนั้นจึงเป็นสาเหตุสำคัญของการทำลายทรัพยากรป่าไม้และสิ่งแวดล้อม จากปัญหาดังกล่าวและความต้องการในการใช้พลังงานทดแทนของประเทศที่เพิ่มสูงขึ้น จึงมีการนำวัสดุทางการเกษตรเหลือใช้มาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง เช่น ก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้ง กะลามะพร้าว ซังข้าวโพด มันสำปะหลัง แกลบ ฟางข้าว ขี้เลื่อย ชานอ้อย ผักตบชวา เศษไม้ต่าง ๆ เป็นต้น [3]

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีคุณสมบัติที่ดีที่นิยมในการนำมาแปรรูปผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง ได้แก่ กะลามะพร้าวเป็นชีวมวลที่สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตพลังงานทดแทนได้ เมื่อนำกะลามะพร้าวมาผ่านกระบวนการอัดแท่งด้วยกรรมวิธีอัดเย็นจะให้ถ่านอัดแท่งที่มีคุณสมบัติที่ดีมาก และถือว่าเป็นวัตถุดิบอันดับ 1 ของการผลิตถ่านในกระบวนการอัดเย็น เนื่องจากถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวจะให้ความร้อนที่สูง และขี้เถ้าน้อย ทำให้ถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวเป็นที่นิยมของตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศเป็นอย่างมาก [4]

การเพาะเห็ดเป็นอาชีพหนึ่งที่มีผู้ประกอบการเพิ่มขึ้นอย่างมาก หลังจากเก็บดอกเห็ดแล้วจะมีก้อนเห็ดที่ไม่ใช้แล้วถูกนำมาทิ้งจำนวนมาก ซึ่งขยะเหล่านี้มีความชื้นสูงไม่เหมาะที่จะนำไปเผา จึงถูกนำไปทิ้งตามที่ต่าง ๆ ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาการใช้ประโยชน์จากก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตเพื่อนำมาผลิตเป็นก้อนเชื้อเพลิง เพื่อให้ผู้เพาะเห็ดสามารถนำก้อนเชื้อเพลิงดังกล่าวกลับมาใช้เป็นพลังงานทดแทนในการหุงต้ม และลดปริมาณขยะ [5]

ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงประโยชน์ของกะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิต จึงมีความสนใจที่จะเปรียบเทียบค่าความร้อนของก้อนเชื้อเพลิงจากส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิต เพื่อที่จะนำไปใช้ประโยชน์เกี่ยวกับการหุงต้มและใช้เป็นเชื้อเพลิง

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อผลิตก้อนเชื้อเพลิงที่เป็นส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตที่อัตราส่วนต่าง ๆ
2. เพื่อหาค่าความร้อนของก้อนเชื้อเพลิงจากส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตที่อัตราส่วนต่าง ๆ

## วิธีดำเนินการวิจัย

1. นำกะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตที่ผ่านการคัดเลือกเศษวัสดุที่ไม่จำเป็นออกแล้วนำไปตากแห้ง ดังแสดงในภาพที่ 1 และภาพที่ 2

**ภาพที่ 1** กะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตตากแห้ง

**ภาพที่ 2** ก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตคัดเลือกเศษวัสดุที่ไม่จำเป็นออก

2. นำกะลามะพร้าวที่แห้งแล้วไปเผาให้เป็นถ่านด้วยเตาแบบถัง 200 ลิตร และปล่อยให้เย็น

3. นำถ่านได้จากการเผามาบดด้วยเครื่องบดละเอียดจนเป็นผงถ่าน นำไปร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 18 (ขนาดช่องว่าง 1 มิลลิเมตร) ดังแสดงในภาพที่ 3

**ภาพที่ 3** ถ่านกะลามะพร้าวที่บดแล้ว

4. ทำการติดเตาไฟฟ้าแล้วตั้งน้ำใส่แป้งมันลงไปในหม้อที่ตั้งน้ำไว้ตามสัดส่วนแป้งมัน 0.2 กิโลกรัมต่อน้ำ 1 ลิตร จากนั้นกวนจนเป็นกาวแป้งเปื่อยดังแสดงในภาพที่ 4

**ภาพที่ 4** กาวแป้ง

5. นำส่วนผสมก้อนเชื้อเพลิงจากถ่านกะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตโดยมีอัตราส่วนผสมดังนี้ 10:0, 9:1, 8:2, 5:5, 2:8, 1:9 และ 0:10 อย่างละ 3 ตัวอย่าง ผสมกับกาวแป้งมีสัดส่วนของผงถ่านกับกาวแป้งเป็น 10:1 โดยน้ำหนัก ผสมให้เข้ากันด้วยมือดังแสดงในภาพที่ 5

**ภาพที่ 5** ผสมถ่านกะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตในอัตราส่วนต่าง ๆ

6. นำส่วนผสมที่ผสมแล้วอัดก้อนขึ้นรูปด้วยมือโดยใช้ชุดอัดก้อนเชื้อเพลิงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 เซนติเมตรยาว 2.5 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 6

**ภาพที่ 6** ชุดอัดก้อนเชื้อเพลิงรูปทรงกระบอก

7. นำก้อนเชื้อเพลิงที่อัดก้อนแล้วไปตากแดดเพื่อลดความชื้นและทำให้ก้อนเชื้อเพลิงประสานกัน โดยวางบนพื้นปูนซีเมนต์กลางแจ้งเพื่อรับความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยตรง ใช้เวลาประมาณ 5-7 วัน ขึ้นกับสภาพอากาศจนก้อนเชื้อเพลิงแห้ง ดังแสดงในภาพที่ 7

| ก้อนเชื้อเพลิงอัตราส่วนผสมถ่านกะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิต | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0:10 | 1:9 | 2:8 | 5:5 | 8:2 | 9:1 | 10:0 |
| | | | | | | |

**ภาพที่ 7** ก้อนเชื้อเพลิงอัตราส่วนต่าง ๆ

8. นำก้อนเชื้อเพลิงที่ได้มาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพทดลองในด้านต่าง ๆ คือ

1) ค่าความหนาแน่น การวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นของก้อนเชื้อเพลิงทั้ง 7 อัตราส่วน โดยนำก้อนเชื้อเพลิงทุกอัตราส่วน ๆ ละ 3 ก้อน มาชั่งมวลและคำนวณหาปริมาตรของแท่งถ่านและวิเคราะห์ความหนาแน่นของก้อนเชื้อเพลิง จากอัตราส่วนของมวลต่อปริมาตรของก้อนเชื้อเพลิง

2) ค่าความชื้นของก้อนเชื้อเพลิงทั้ง 7 อัตราส่วน ที่สัดส่วนของผลต่างระหว่างมวลก่อนและหลังการอบแห้งต่อมวลแห้งของก้อนเชื้อเพลิง โดยนำก้อนเชื้อเพลิงทุกอัตราส่วน ๆ ละ 3 ก้อน มาชั่งมวลก่อนอบแล้วนำไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้นประมาณ 20 นาที นำมาชั่งมวลหลังอบแห้ง หาค่าความชื้นเฉลี่ยของก้อนเชื้อเพลิงแต่ละอัตราส่วนจากก้อนเชื้อเพลิง 7 อัตราส่วนละ 3 ก้อน ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3173 [6]

3) ค่าพลังงานความร้อน (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม) การวิเคราะห์ค่าความร้อนสูงสุดของก้อนเชื้อเพลิงโดยใช้บอมบ์แคลอรีมิเตอร์ (Bomb Calorimeter) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D5865 [7]

4) ระยะเวลาที่ใช้จุดติดไฟ ระยะเวลาที่มีควัน ระยะเวลาการเผาไหม้ และปริมาณขี้เถ้า การหาการเผาไหม้ให้ความร้อนของก้อนเชื้อเพลิง ทั้ง 7 อัตราส่วน ใช้ที่อัตราส่วนละ 1 กิโลกรัม (ทำการทดลองซ้ำ อัตราส่วนละ 3 ครั้ง) โดยใช้ก้อนเชื้อเพลิงแต่ละครั้ง ๆ ละ 1 กิโลกรัมเท่ากัน ในเตาอังโลในที่โล่งแจ้ง (เพื่อให้เป็นการเผาไหม้แบบสัมบูรณ์) ติดก้อนเชื้อเพลิงรอจนกว่าเชื้อเพลิงจะลุกเป็นเปลวไฟ บันทึกระยะเวลาที่ใช้จุดติดไฟ ระยะเวลาที่มีควัน และระยะเวลาการเผาไหม้ เมื่อระบบเย็นตัวลงนำขี้เถ้าที่เหลือไปชั่งมวล เพื่อหาปริมาณขี้เถ้าเฉลี่ยของถ่านแต่ละอัตราส่วน

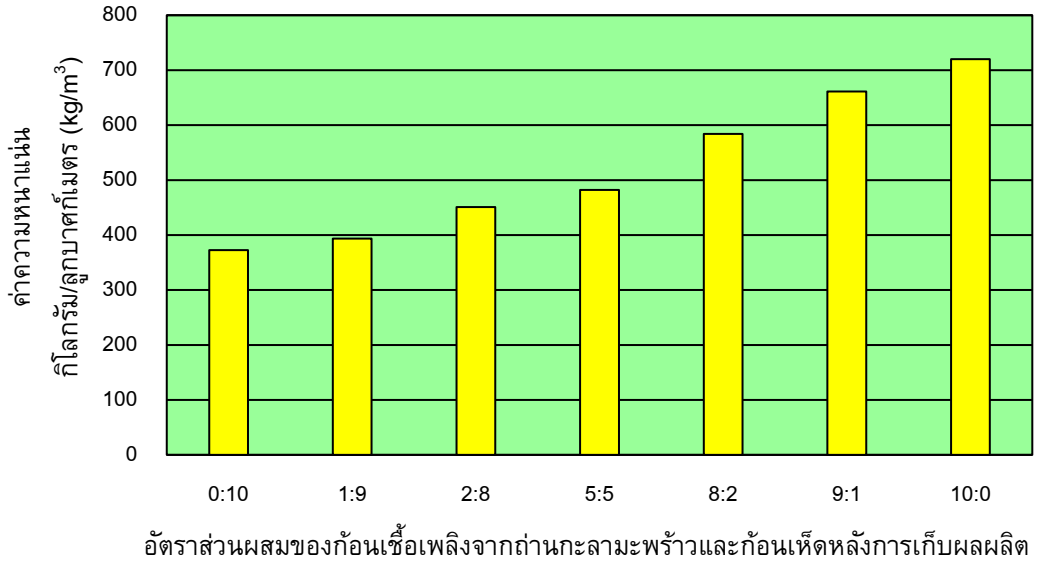
## ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการเปรียบเทียบค่าความร้อนของก้อนเชื้อเพลิงจากส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิต ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลนั้น ได้แบ่งการนำเสนอผลการวิจัยเป็น 4 ตอน ดังนี้

**ตอนที่ 1** การวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นของก้อนเชื้อเพลิงจากส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ

ค่าความหนาแน่นของก้อนเชื้อเพลิงจากส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตในอัตราส่วนผสม 0:10, 1:9, 2:8, 5:5, 8:2, 9:1 และ10:0 มีค่าความหนาแน่น 372.59, 393.41, 450.89, 482.19, 584.14, 661.10 และ 720.12 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

จากข้อมูลนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นและอัตราส่วนผสมของก้อนเชื้อเพลิงจากส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตดังแสดงในภาพที่ 8




**ภาพที่ 8** ค่าความหนาแน่นของก้อนเชื้อเพลิงจากส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าว
และก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ

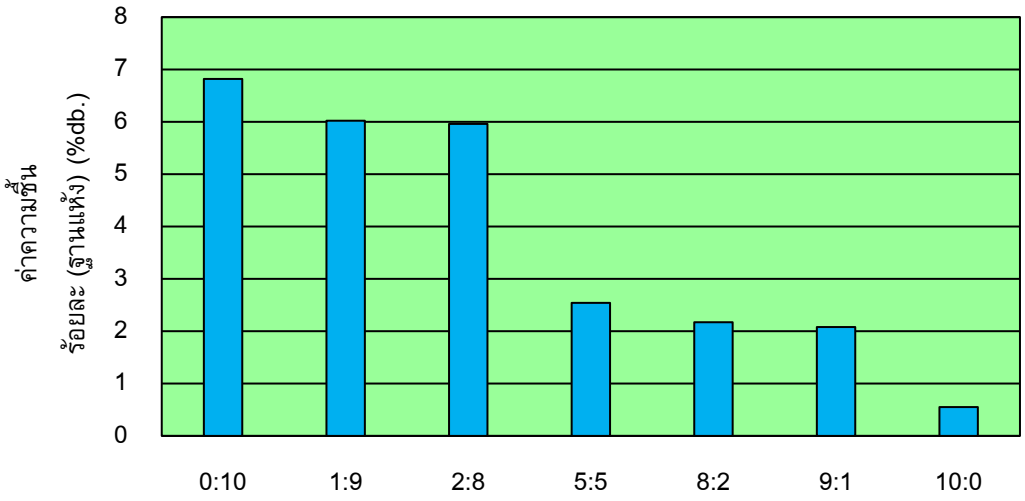
จากภาพที่ 8 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นในส่วนต่าง ๆ ของก้อนเชื้อเพลิงจากส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิต พบว่าในอัตราส่วนผสม 0:10, 1:9, 2:8, 5:5, 8:2,

9:1 และ 10:0 มีค่าความหนาแน่นน้อยกว่า 800 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตรเป็นไปตามงานวิจัยของธารินี มหายศนนท์ [8] ความหนาแน่นที่เหมาะสมของถ่านอัดแท่งไม่ควรเกิน 800 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

**ตอนที่ 2** การวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าความชื้นในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ ของก้อนเชื้อเพลิงจากส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิต

ค่าความชื้นของก้อนเชื้อเพลิงจากส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตในอัตราส่วนผสม 0:10, 1:9, 2:8, 5:5, 8:2, 9:1 และ10:0 มีค่าความชื้นร้อยละ 6.82, 6.02, 5.96, 2.54, 2.17, 2.08 และ 0.55 ฐานแห้ง ตามลำดับ

จากข้อมูลนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นและอัตราส่วนผสมของก้อนเชื้อเพลิงจากส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตดังแสดงในภาพที่ 9



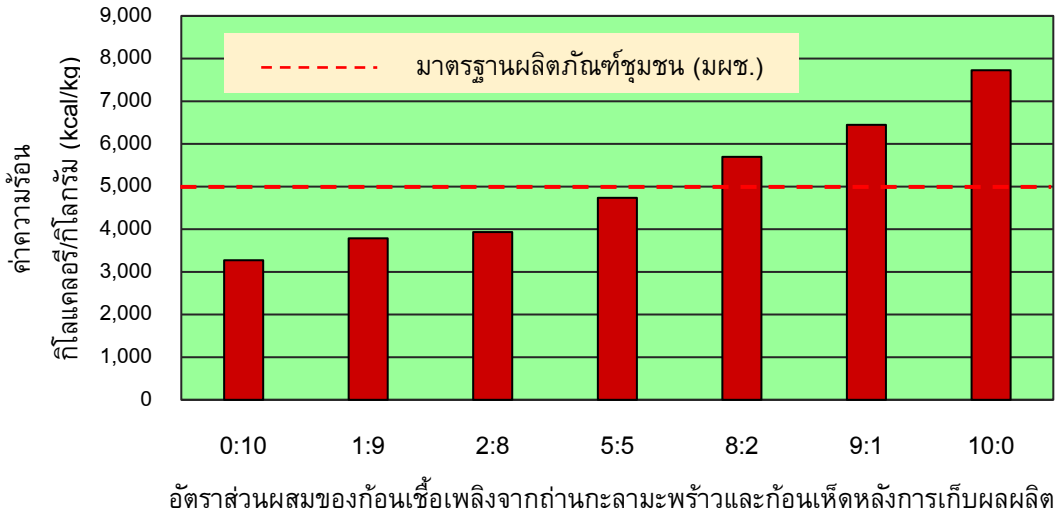

**ภาพที่ 9** ค่าความชื้นของก้อนเชื้อเพลิงจากส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าว
และก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ

จากภาพที่ 9 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าความชื้นในอัตราส่วนต่าง ๆ ของก้อนเชื้อเพลิงจากส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิต พบว่าในอัตราส่วนผสม 0:10, 1:9, 2:8, 5:5, 8:2, 9:1 และ 10:0 มีค่าความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 8 ฐานแห้ง ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) [9] โดยความชื้นตามมาตรฐาน (มผช.) [9] ต้องไม่เกินร้อยละ 8 ฐานแห้ง

**ตอนที่ 3** การวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าความร้อนของก้อนเชื้อเพลิงจากส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ

ค่าความร้อนของก้อนเชื้อเพลิงจากส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตในอัตราส่วนผสม 0:10, 1:9, 2:8, 5:5, 8:2, 9:1 และ10:0 มีค่าความร้อน 3,272.45, 3,787.73, 3,931.14, 4,735.99, 5,695.76, 6,448.61 และ 7,727.78 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ

จากข้อมูลนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนและอัตราส่วนผสมของก้อนเชื้อเพลิงจากส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตดังแสดงในภาพที่ 10




**ภาพที่ 10** ค่าความร้อนของก้อนเชื้อเพลิงจากส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าว และก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ

จากภาพที่ 10 สรุปผลจากการเปรียบเทียบค่าความร้อนของก้อนเชื้อเพลิงจากส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตในอัตราส่วนผสม 8:2, 9:1 และ 10:0 มีค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) [9] ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) [9] โดยค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 5,000 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม สำหรับในอัตราส่วนผสม 0:10, 1:9, 2:8 และ 5:5 มีค่าความร้อนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) [9] ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) [9]

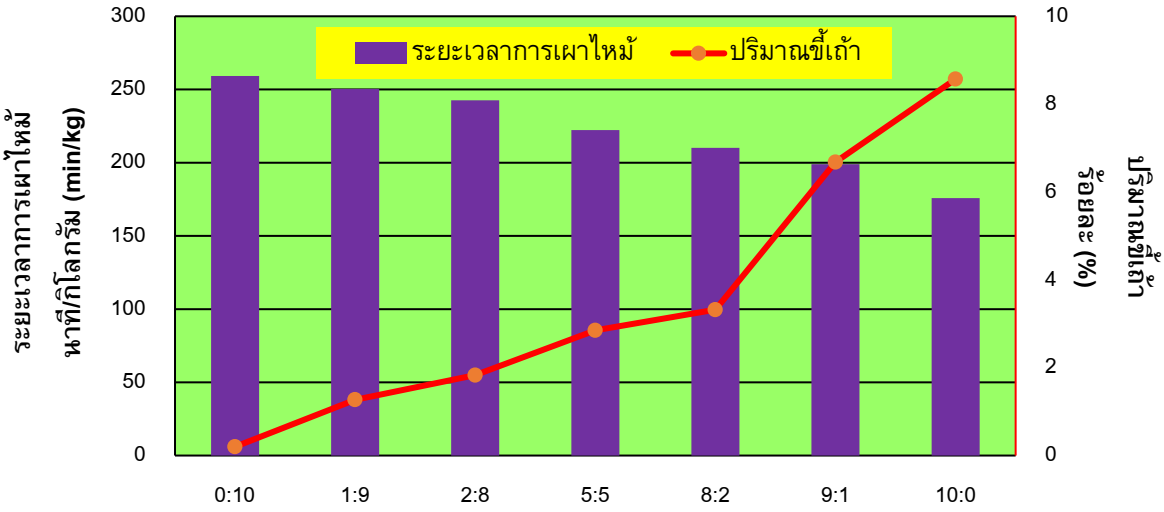
**ตอนที่** 4 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้จุดติดไฟ ระยะเวลาที่มีควัน ระยะเวลาการเผาไหม้ และปริมาณขี้เถ้าของก้อนเชื้อเพลิงจากส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ

**ตารางที่ 1** ค่าระยะเวลาที่ใช้จุดติดไฟ ระยะเวลาที่มีควัน ระยะเวลาการเผาไหม้ และปริมาณขี้เถ้าของก้อนเชื้อเพลิงจากส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ

| ที่ | อัตราส่วนผสมของก้อนเชื้อเพลิงจากถ่านกะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิต | ระยะเวลาที่ใช้จุดติดไฟ นาที/กิโลกรัม (min/kg) | ระยะเวลาที่มีควัน นาที/กิโลกรัม (min/kg) | ระยะเวลาการเผาไหม้ นาที/กิโลกรัม (min/kg) | ปริมาณขี้เถ้า ร้อยละ (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 10:0 | 8.22 | 0 | 259.22 | 0.20 |
| 2. | 9:1 | 7.90 | 10.83 | 250.38 | 1.27 |
| 3. | 8:2 | 7.55 | 15.88 | 242.56 | 1.83 |
| 4. | 5:5 | 6.82 | 17.45 | 222.23 | 2.85 |
| 5. | 2:8 | 6.55 | 20.23 | 210.12 | 3.32 |
| 6. | 1:9 | 5.98 | 21.23 | 198.98 | 6.68 |
| 7. | 0:10 | 5.12 | 28.99 | 175.77 | 8.57 |

จากตารางที่ 1 การเปรียบเทียบค่าระยะเวลาที่ใช้จุดติดไฟ ระยะเวลาที่มีควัน ระยะเวลาการเผาไหม้และปริมาณขี้เถ้าของก้อนเชื้อเพลิงจากส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตในอัตราส่วนผสม 0:10, 1:9, 2:8, 5:5, 8:2, 9:1 และ 10:0 โดยค่าระยะเวลาที่ใช้จุดติดไฟลดลงเมื่ออัตราส่วนผสมของก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตที่ใช้ในก้อนเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น โดยอัตราส่วนผสมที่ 0:10 มีค่าระยะเวลาที่ใช้จุดติดไฟน้อยที่สุด 5.12 นาทีต่อกิโลกรัมและอัตราส่วนผสมที่ 10:0 มีค่าระยะเวลาที่ใช้จุดติดไฟมากที่สุด 8.22 นาทีต่อกิโลกรัม สำหรับค่าระยะเวลาที่มีควันเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนผสมของก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตที่ใช้ในก้อนเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น โดยอัตราส่วนผสมที่ 0:10 มีค่าระยะเวลาที่มีควันมากที่สุด 28.99 นาทีต่อกิโลกรัมและอัตราส่วนผสมที่ 10:0 จะไม่มีควัน

จากข้อมูลตารางที่ 1 นำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะเวลาการเผาไหม้และอัตราส่วนผสมของก้อนเชื้อเพลิงจากส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตเปรียบเทียบกับปริมาณขี้เถ้า ดังภาพที่ 11




**ภาพที่ 11** แสดงค่าระยะเวลาการเผาไหม้ของก้อนเชื้อเพลิงจากส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ เปรียบเทียบกับปริมาณขี้เถ้า

จากภาพที่ 11 ระยะเวลาการเผาไหม้จนหมดของก้อนเชื้อเพลิงจากส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตในอัตราส่วนผสม 0:10, 1:9, 2:8, 5:5, 8:2, 9:1 และ10:0 มีค่าระยะเวลาการเผาไหม้มากกว่า 60 นาที เป็นไปตามงานวิจัยของธารินี มหายศนนท์ [8] ระยะเวลาการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอัดแท่งควรมากกว่า 60 นาที และในการวิเคราะห์หาปริมาณขี้เถ้าของก้อนเชื้อเพลิงพบว่าถ่านกะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตในอัตราส่วนผสม 0:10 มีระยะเวลาการเผาไหม้จนหมดมากที่สุดและมีปริมาณขี้เถ้าน้อยที่สุด ส่วนถ่านกะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตในอัตราส่วนผสม 10:0 มีระยะเวลาการเผาไหม้จนหมดน้อยที่สุดและมีปริมาณขี้เถ้ามากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 11 โดยพบว่าข้อมูลที่ก้อนเชื้อเพลิงสามารถเผาได้นานจะมีปริมาณขี้เถ้าน้อย เมื่อปริมาณส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวเพิ่มขึ้นในขณะก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตลดลง

## สรุปและอภิปรายผล

ก้อนเชื้อเพลิงที่ผลิตจากส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวและก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิต พบว่าอัตราส่วน 0:10, 1:9, 2:8, 5:5, 8:2, 9:1 และ 10:0 มีค่าความหนาแน่นน้อยกว่า 800 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร เป็นไปตามงานวิจัยของธารินี มหายศนนท์ [8] ความหนาแน่นที่เหมาะสมของถ่านอัดแท่งไม่ควรเกิน 800 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร และค่าความชื้นมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 8 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) [9] ส่วนอัตราส่วนผสมที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุดคืออัตราส่วนผสม 8:2 และ 9:1 มีค่าความหนาแน่น 584.14 และ 661.10 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ค่าความชื้นร้อยละ 2.17 และ 2.08 ฐานแห้ง ตามลำดับ ค่าความร้อน 5,695.76 และ 6,448.61 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ ระยะเวลาการเผาไหม้ 210.12 และ 198.98 นาที/กิโลกรัม และปริมาณขี้เถ้าร้อยละ 3.32 และ 6.68 ตามลำดับ ซึ่งอัตราส่วนผสม 8:2 และ 9:1 มีค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) [9] ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) [9] ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะมีส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวในปริมาณมากซึ่งถ่านจากกะลามะพร้าวมีค่าความร้อนสูงมีขี้เถ้าน้อย อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ใช้ก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตเป็นส่วนผสมถือว่าเป็นการแปรรูปและเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และสามารถเป็นแนวทางการพัฒนาก้อนเชื้อเพลิงเพื่อสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนฟื้นไม้และเป็นเชื้อเพลิงร่วมในการหุงต้มประกอบอาหารในครัวเรือน หรือผลิตจำหน่ายให้กับธุรกิจชุมชนได้ และเป็นการช่วยลดขยะในชุมชน แต่การผลิตก้อนเชื้อเพลิงมีข้อเสียในส่วนของอัตราส่วนผสมปริมาณก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิตที่นำมาผสมที่ให้ค่าความร้อนมากกว่า 5,000 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ยังมีอัตราส่วนในปริมาณน้อยอาจจะไม่คุ้มค่าในการลงทุนผลิตก้อนเชื้อเพลิง

**ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป**

1. จากผลการวิจัยทำให้ทราบถึงแนวทางในการพัฒนาการผลิตก้อนเชื้อเพลิงอย่างต่อเนื่อง เพื่อจะนำไปสู่การใช้ประโยชน์ในชุมชน และเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอย่างยั่งยืน

2. จากผลการวิจัยก้อนเชื้อเพลิงควรมีการวิจัยต่อยอด ศึกษาถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางอากาศ เช่น การปล่อยก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ($NO_2$) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) เป็นต้น

3. ควรมีการวิจัยผลิตก้อนเชื้อเพลิงจากวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ เช่น เปลือกมะขาม ซังข้าวโพด เปลือกข้าวโพด เป็นต้น

## เอกสารอ้างอิง

[1] Thai Sumi Company. (2008). *Promoting Energy Consumption from Biomass in Thailand*. Retrieved October 15, 2014, from http://www.charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/chevamul.php

[2] Kanya Maomesap. (2001). Production of Fuel Briquettes from Biomass and Pyrolysis Process. *Energy Efficiency Journal*, *11*(52), 42-48.

[3] Julara Chawkumpang. (2011). *A Study and Development of Bio-Coal in household Industry*. Master Thesis, M.Ed. (Energy Engineering). Khon Kaen: Khon Kaen University.

[4] Pornsatit Yongyuen. (2004). *Produce Charcoal Briquettes for International Competition*. 1th ed. Ayutthaya: Thai Sumi Company.

[5] Kittiphoom Suppalakpanya; Ruamporn Nikhom, & Suwattana Nikhom. (2018). The Production of Charcoal Briquette by used Mushroom Loaf and Durian Rinds. In *Proceeding of the 28th National Conference on Chemical Engineering and Applied Chemistry of Thailand*. pp. 110-114. Chonburi: Burapha University.

[6] ASTM International. (2003). *Standard Test Method for Moisture in the Analysis Sample of Coal and Coke*. ASTM D3173. USA.

[7] ASTM International. (2010). *Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke*. ASTM D5865. USA.

[8] Tarinee Mahayotsanun. (2005). *Study Design and Manufacture of Charcoal Production Machines for Household Level Production*. Master Thesis, M.Ed. (Agricultural Engineering). Bangkok: Kasetsart University.

[9] Thai Industrial Standard Institute. (2004). *The Standard of Community Product for Refuse Derived Fuel 238/2547*. Retrieved October 15, 2014 , from https://www.tisi.go.th/public/StandardList.aspx