

## การใช้ประโยชน์ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับประรด THE UTILIZATION OF BRIQUETTES CHARCOAL FROM PINEAPPLE PEEL

ฐิติพร เจาะจง\* และโชติกา ยอดบุษดี

Titiporn Chorchong\*, and Chotika Yordpuddee

Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University

\*corresponding author e-mail: titiporn\_ant@psru.ac.th

### บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับประรดที่เหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูป โดยนำมาผสมกับกาวแป้งเปียก ใน 4 อัตราส่วน คือ 80:20 70:30 60:40 และ 50:50 ขึ้นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร มีลักษณะรูกลวง เส้นผ่านศูนย์กลางรูกลวง 1 เซนติเมตร ความยาว 10 เซนติเมตร และมีการทดสอบคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM และเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) จากการทดสอบพบว่า ถ่านอัดแท่งทุกอัตราส่วนมีค่าความร้อนใกล้เคียงกันซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 5,051.51-5,240.95 แคลอรีต่อกรัม และมีค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่กำหนดไว้ว่าถ่านอัดแท่งต้องมีค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 5,000 แคลอรีต่อกรัม และมีปริมาณความชื้นที่ต่ำ โดยอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดคือ 80:20 ซึ่งมีค่าความร้อนเท่ากับ 5,241.95 แคลอรีต่อกรัม ปริมาณความชื้นร้อยละ 5.02 ปริมาณเถ้าร้อยละ 6.19 จากผลการศึกษานี้สามารถนำเปลือกสับประรดที่เหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์ในการนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งในการนำมาทดแทนถ่านจากไม้ได้

**คำสำคัญ:** ถ่านอัดแท่ง เปลือกสับประรด เชื้อเพลิง

### Abstract

This study aimed to produce charcoal briquettes from pineapple's peels wastes in processing procedure. The samples were mixed with wet dough glue at 4 different ratios of 80:20, 70:30, 60:40 and 50:50. The cylindrical shape formed had 4 cm diameter with hollow holes whose diameter was 1 cm and length was 10 cm. Fuel properties were tested according to ASTM standard and Thai community product standard. The test results indicated that the samples of all ratios had similar heat values, which were between 5,051.51-5,240.95 calories per gram and higher heat value than Thai community product standard stating that the heat of charcoal briquettes must be at least 5,000 calories per gram and low moisture content. The optimal ratio was 80:20, with a heat value of 5,241.95 calories per gram, moisture content of 5.02%, and ash content of

6.19%. The findings could be used as the guidelines to utilize pineapple wastes to produce charcoal briquettes as an alternative to wood charcoal.

**Keywords:** briquetted charcoal, pineapple peel, fuel

## บทนำ

เชื้อเพลิงในปัจจุบันที่ใช้ในการประกอบอาหารมีแนวโน้มราคาเพิ่มสูงขึ้น ไม่ว่าจะเป็นแก๊สหุงต้มหรือถ่านไม้ก็ตาม ซึ่งการใช้เชื้อเพลิงประเภทถ่านไม้เป็นสาเหตุสำคัญทำให้เกิดการตัดไม้ทำลายป่าและทำให้จำนวนทรัพยากรป่าไม้ลดลง จึงจำเป็นต้องหาแหล่งพลังงานเพื่อมาทดแทนการใช้พลังงานเชื้อเพลิงในครัวเรือน ซึ่งแหล่งพลังงานทดแทนที่หาได้ง่ายและมีศักยภาพสูงและเหมาะสมกับประเทศไทย คือ เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร วัสดุพืช พืชพลังงาน ได้มีการวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการนำเอาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหลายชนิดมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งเช่น หล้าถ่านน้อย (Chaiyod,2009) แกลบขาน้อย กะลามะพร้าว (Wattanachira et al., 2016) เศษไม้ที่ได้จากการตกแต่งกิ่ง (Demirbas A, 2009) ฟางข้าว เปลือกสับปะรด เปลือกทุเรียน (Ussawarujikulchai et al., 2012) กากกาแฟและกากชา (Tangmankongworakoon & Preedasuriyachai, 2015) ซึ่งมีพื้นที่ปลูกเป็นจำนวนมาก สับปะรดเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่คนไทยรู้จักกันดี นิยมปลูกมากกว่า 5 แสนไร่ในประเทศไทย เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญอย่างยิ่งของประเทศ เนื่องจากสามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปเพื่อส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ เช่น สับปะรดกระป๋อง สับปะรดแช่แข็ง น้ำผลไม้ มีผลผลิตประมาณ 2 ล้านตันต่อปี (Office of Agricultural Economics, 2016) ซึ่งนำรายได้เข้าประเทศปีละหลายพันล้านบาท สับปะรดหนึ่งผลจะหนักประมาณ 1,754.40 กรัมต่อผล ผลผลิตต่อไร่ประมาณ 3,870.00 กิโลกรัมต่อไร่ สับปะรดหนึ่งผลเมื่อเข้าแปรรูปในโรงงาน จะมีเศษเหลือใช้จากการทำสับปะรดกระป๋องประมาณ 1,228.10 กรัมต่อผล ในพื้นที่ 1 ไร่ จะได้เปลือกสับปะรดเฉลี่ย 2,700.55 กิโลกรัม หรือถ้าคิดเป็นปริมาณเปลือกทั้งประเทศประมาณ 2.80 ล้านตัน หากไม่มีกระบวนการกำจัดอาจก่อให้เกิดการเน่าเสียและมีกลิ่นเหม็นรบกวนบริเวณใกล้เคียง จากการทดสอบค่าความร้อนของเปลือกสับปะรดแห้ง ตามมาตรฐาน American Society for Testing and Material (ASTM) พบว่ามีค่าความร้อนเท่ากับ 4,206 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งมีคุณสมบัติในการนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดที่จะนำเปลือกสับปะรดที่เหลือจากการแปรรูปมาผลิตในรูปแบบของเชื้อเพลิงอัดแท่ง และสามารถให้ความร้อนทดแทนถ่านไม้ได้ ซึ่งเป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยากและใช้เวลาอันสั้นในการผลิต ช่วยลดปัญหาขยะเหลือทิ้งและใช้ประโยชน์จากขยะเหลือทิ้งทำให้เกิดมูลค่าเพิ่ม เพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงแก๊สหุงต้มในครัวเรือนและเป็นทางเลือกหนึ่งในการทดแทนการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากธรรมชาติได้เป็นอย่างดี

## วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้ได้ผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดกับตัวประสานในอัตราส่วน 80:20, 70:30 60:40 และ 50:50 เนื่องจากอัตราส่วน 90:10 ไม่สามารถนำมาขึ้นรูปได้ โดยมีวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

### 1. การผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

1.1 เตรียมวัตถุดิบโดยนำเปลือกสับปะรดมาอบในตู้อบ เพื่อไล่ความชื้น

1.2 นำเปลือกสับปะรดที่ผ่านกระบวนการอบจนแห้งแล้วนำมาผ่านกระบวนการเผาจน

เป็นถ่าน โดยใช้เตาเผาถ่านแบบแนวตั้ง ขนาด 200 ลิตร

1.3 เมื่อได้ถ่านเปลือกสับปะรดแล้วนำมาบดด้วยเครื่องปั่นและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 350 ไมครอน เป็นขนาดที่อยู่ในช่วงเหมาะสมสำหรับการอัดแท่งเชื้อเพลิง (Poonkasem, 1999)

1.4 นำผงถ่านเปลือกสับปะรดผสมกับกาวแป้งเปียก โดยเตรียมแป้งมัน 200 กรัม: น้ำ 1 ลิตร นำมาต้มให้ละลายจนเข้ากันจากนั้นทำการผสมทั้ง 4 อัตราส่วน ดังนี้ 80:20 70:30 60:40 50:50

1.5 นำส่วนผสมทั้ง 4 อัตราส่วน มาอัดแท่งด้วยเครื่องอัดแบบเกลียวแบบอัดเย็น ถ่านจะถูกบีบอัดและถูกดันออกมาอย่างต่อเนื่องทางรางที่รองรับไว้ที่ปลายกระบอกรับ

1.6 นำถ่านที่อัดแท่งแล้วไปอบให้แห้ง เพื่อไล่ความชื้นออกจากถ่านในกระบวนการสุดท้าย จะได้ถ่านอัดแท่งรูปทรงกระบอกรับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางรูกวาง 1 เซนติเมตร และความยาว 10 เซนติเมตร

2. การทดสอบคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

2.1 การวิเคราะห์หาค่าปริมาณความชื้น ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 3173

2.2 การวิเคราะห์หาค่าปริมาณเถ้า ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 3174

2.3 การวิเคราะห์หาค่าความร้อน ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 5865

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองแบบ Duncan Multiple Rang Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

### ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

1. กระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดที่ผสมตัวประสานทั้ง 4 อัตราส่วน คือ 80:20 70:30 60:40 และ 50:50 พบว่ามีสีดำสนิท ไม่เปราะแตกง่ายหลังจากแห้งแล้ว อัดแท่งง่าย มีผิวเรียบเนียน ลักษณะของพื้นผิวถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดมีลักษณะใกล้เคียงกันทั้ง 4 อัตราส่วน โดยถ่านอัดแท่งมีรูปทรงกระบอกรับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางรูกวาง 1 เซนติเมตร และความยาว 10 เซนติเมตร ดังภาพที่ 1 (Figure 1)

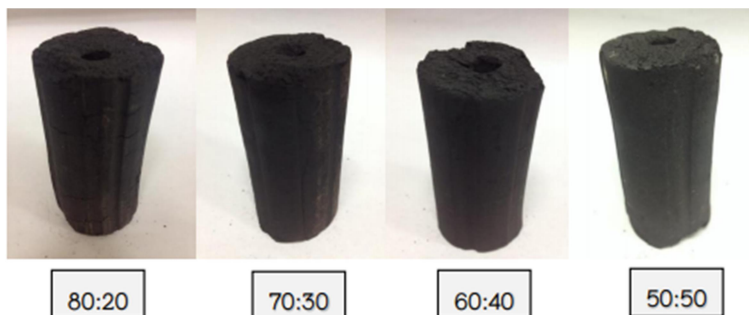


Figure 1 Charcoal from pineapple peel

2. ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด โดยหาค่าปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ค่าความร้อน

## 2.1 ผลของการศึกษาหาค่าปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

จากการทดสอบหาค่าปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด พบว่าปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดในอัตราส่วน 80:20 70:30 60:40 และ 50:50 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 5.02, 5.45, 5.99 และ 6.65 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 1 (Table 1)

จากการทดลอง พบว่าค่าปริมาณความชื้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามปริมาณความชื้นไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ซึ่งกำหนดไว้ว่าปริมาณความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 8 อัตราส่วนที่มีค่าความชื้นน้อยที่สุดคืออัตราส่วน 80:20 ในขณะที่ปริมาณความชื้นมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อปริมาณอัตราส่วนของกาวแป้งเปียกที่เพิ่มขึ้นในอัตราส่วน 70:30 60:40 และ 50:50 ตามลำดับ ซึ่งความชื้นขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่เป็นส่วนประกอบของกาวแป้งเปียกของแต่ละอัตราส่วน

**Table 1** Moisture content of pineapple charcoal

The ratio of fuel	Moisture Content (%)	Average Moisture Content (%)
80:20 (1)	5.03	
80:20 (2)	5.01	5.02 <sup>d</sup> ±0.012
80:20 (3)	5.03	
70:30 (1)	5.47	
70:30 (2)	5.46	5.45 <sup>c</sup> ±0.021
70:30 (3)	5.43	
60:40 (1)	6.01	
60:40 (2)	6.01	5.99 <sup>b</sup> ±0.029
60:40 (3)	5.96	
50:50 (1)	6.67	
50:50 (2)	6.63	6.65 <sup>a</sup> ±0.020
50:50 (3)	6.65	

**Remark** Values are expressed as means ± S.D., The different symbols (a, b, c, d) in same column denote the significant difference ( $p \leq 0.01$ ).

## 2.2 ผลของการศึกษาหาปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด

จากการทดสอบหาปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดที่น้ำหนักเดียวกัน พบว่าค่าปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด ในอัตราส่วน 80:20 70:30 60:40 และ 50:50 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 6.19, 6.30, 6.44 และ 6.76 ตามลำดับ ดังตารางที่ 2 (Table 2)

จากการทดลอง พบว่าค่าปริมาณเถ้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ไม่มีปริมาณเถ้าที่เกินเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ซึ่งกำหนดไว้ว่าปริมาณเถ้าต้องไม่เกินร้อยละ 8 อัตราส่วนที่มีปริมาณเถ้าที่น้อยที่สุดคืออัตราส่วน 80:20 ในขณะที่ปริมาณเถ้าได้มีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อปริมาณอัตราส่วนของกาวแป้งเปียกที่เพิ่มขึ้นในอัตราส่วน 70:30 60:40 และ 50:50 ตามลำดับ เนื่องจากการอัดแท่งแบบเย็นจะเกิดปริมาณเถ้าที่น้อย เพราะประกอบด้วยผงถ่านขนาดเล็ก เมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการลุกไหม้อย่างรวดเร็ว เถ้าที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากตัวประสานที่ผสมลงไปมากกว่า (Uttamaprakrom & Vitidsant, 2012) ซึ่งในกาวแป้งเปียกจะมีปริมาณเถ้ามากกว่าเชื้อเพลิง เมื่อเพิ่มปริมาณกาวแป้งเปียกไปจึงทำให้เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ทำให้ปริมาณเถ้าเพิ่มมากขึ้นตามอัตราส่วน

Table 2 Ash content of pineapple charcoal

The ratio of fuel	Ash content (%)	Average ash content (%)
80:20 (1)	6.19	
80:20 (2)	6.18	6.19 <sup>d</sup> ±0.012
80:20 (3)	6.20	
70:30 (1)	6.29	
70:30 (2)	6.30	6.30 <sup>c</sup> ±0.006
70:30 (3)	6.30	
60:40 (1)	6.44	
60:40 (2)	6.43	6.44 <sup>b</sup> ±0.015
60:40 (3)	6.46	
50:50 (1)	6.75	
50:50 (2)	6.72	6.76 <sup>a</sup> ±0.046
50:50 (3)	6.81	

**Remark** Values are expressed as means ± S.D., The different symbols (a, b, c, d) in same column denote the significant difference ( $p \leq 0.01$ ).

### 2.3 ผลของการศึกษาค่าความร้อนตัวของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับประรด

จากการทดสอบหาค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับประรดที่น้ำหนักเดียวกัน พบว่าในอัตราส่วน 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 มีค่าเท่ากับ 5,241.95, 5,101.90, 5,060.42 และ 5,051.51 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 3 (Table 3)

Table 3 Heating value of pineapple charcoal

The ratio of fuel	Heating value(Cal/g)	Average Heating value (Cal/g)
80:20 (1)	5,239.87	
80:20 (2)	5,243.60	5,241.95 <sup>a</sup> ±1.90
80:20 (3)	5,242.38	
70:30 (1)	5,101.87	
70:30 (2)	5,100.90	5,101.90 <sup>b</sup> ±1.00
70:30 (3)	5,102.89	
60:40 (1)	5,061.40	
60:40 (2)	5,058.39	5,060.42 <sup>c</sup> ±1.76
60:40 (3)	5,061.48	
50:50 (1)	5,053.78	
50:50 (2)	5,049.86	5,051.51 <sup>d</sup> ±2.03
50:50 (3)	5,050.89	

**Remark** Values are expressed as means ± S.D., The different symbols (a, b, c, d) in same column denote the significant difference ( $p \leq 0.01$ ).

จากการทดลอง พบว่า อัตราส่วนที่มีปริมาณค่าความร้อนมากที่สุดคืออัตราส่วน 80:20 ในขณะที่ปริมาณความร้อนมีค่าลดน้อยลงเมื่อปริมาณอัตราส่วนของกาวแป้งเปียกที่เพิ่มขึ้นในอัตราส่วน 70:30 60:40 และ 50:50 ตามลำดับ เนื่องจากการเผาเชื้อเพลิงก่อนที่จะมาทำการอัดแท่งนั้น ทำให้มีปริมาณคาร์บอนเสถียรสูงส่งผลให้ค่าความร้อนสูงตามไปด้วย จึงทำให้ค่าความร้อนเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของถ่านที่เพิ่มขึ้น (Uttamaprakrom & Vitidsant, 2012) ซึ่งค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเปลือกสับปะรดที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการคาร์บอนในเซชัน (Cabonization) ให้เป็นถ่าน ซึ่งมีค่าความร้อนอยู่ที่ 3,235-3,389 แคลอรีต่อกรัม (Tantisattayakul et al., 2015)

เมื่อเปรียบเทียบค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดกับถ่านกะลามะพร้าว ซึ่งมีค่าความร้อนอยู่ที่ 7,159.60 แคลอรีต่อกรัม ถ่านหังน้ำมันสำปะหลัง ซึ่งมีค่าความร้อนอยู่ที่ 4,307.90 แคลอรีต่อกรัม (Phutteesakul, 2010) และถ่านอัดแท่งจากเปลือกกล้วย ซึ่งมีค่าความร้อนอยู่ที่ 5,028.63 แคลอรีต่อกรัม (Mopoung, 2017) พบว่า ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดมีค่าความร้อนน้อยกว่าถ่านกะลามะพร้าว แต่มีค่าความร้อนใกล้เคียงกับถ่านอัดแท่งจากเปลือกกล้วยและถ่านหังน้ำมันสำปะหลัง แต่ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดมีค่าความชื้นและปริมาณเถ้าที่ต่ำกว่าถ่านอัดแท่งทั้ง 3 ชนิด ซึ่งมีคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้

จากการทดสอบคุณสมบัติทางเชื้อเพลิง ได้แก่ ค่าความร้อน ความชื้นและปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด พบว่าเปลือกสับปะรดเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นถ่านอัดแท่งสำหรับใช้ในครัวเรือนได้ เพราะมีสมบัติที่เหมาะสมและคุ้มค่า วิธีการทำไม่ยุ่งยากซับซ้อน ทุกครัวเรือนสามารถทำได้อเองเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้และเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาแปรรูปใช้ประโยชน์ ถ้ามีการนำมาใช้ในรูปของถ่านอัดแท่งกันอย่างแพร่หลาย สามารถลดปริมาณขยะและรักษาสภาพแวดล้อมได้ และเป็น การสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเปลือกสับปะรดอีกด้วย

### สรุปผลการวิจัย

การผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดโดยผสมกับกาวแป้งเปียกทั้ง 4 อัตราส่วน คือ 80:20 70:30 60:40 และ 50:50 ขึ้นรูปได้ถ่านอัดแท่งรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางรูกลวง 1 เซนติเมตร และความยาว 10 เซนติเมตร มีลักษณะสีดำสนิท ผิวเรียบเนียนอัดแท่งง่าย ไม่เปราะแตกหักง่ายหลังจากแห้งแล้ว เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด โดยทดสอบหาค่าปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า และค่าความร้อนทั้ง 4 อัตราส่วน พบว่าผ่านคุณลักษณะที่ต้องการตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) เมื่อนำค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดมาเปรียบเทียบกับค่าความร้อนของไม้หรือฟืน พบว่าค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรดต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความร้อนของถ่านไม้ แต่ค่าความร้อนยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน จึงเหมาะสมที่จะนำมาทดแทนเชื้อเพลิงในครัวเรือนได้ดี ซึ่งอัตราส่วนที่เหมาะสมและแนะนำให้ผลิตใช้จริงในทางปฏิบัติ คืออัตราส่วน 80:20 เนื่องจากสมบัติทางเชื้อเพลิงดีกว่าอัตราส่วนอื่น

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่เอื้อเฟื้อและอำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์เพื่อทดสอบหาคุณสมบัติของเชื้อเพลิงสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

### เอกสารอ้างอิง

- Chaiyod C. *An Investigation on Green Fuel Production from Crop Residues Mixed with Manila Grass*. Master of Science Program in Renewable Energy Thesis, Naresuan University, 2009.
- Demirbas A. Sustainable Charcoal Production and Charcoal Briquetting. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*. 2009; 31: 1694-1699.
- Mopoung S, Udeye V. Characterization and Evaluation of Charcoal Briquettes Using Banana Peel and Banana Bunch Waste for Household Heating. *American Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2017; 10(2): 353-365.
- Office of Agricultural Economics. Agricultural Statistics of Thailand year 2007-2016.2016.Available at: [http://www.oae.go.th/download/download\\_journal/2560/yearbook59.pdf](http://www.oae.go.th/download/download_journal/2560/yearbook59.pdf). Accessed October 2, 2016.
- Phutteesakul R. *The Production of Charcoal Briquette by Coconut Shell and Cassava Rhizome*. Master of Education (Industrial Education), Graduate School, Srinakharinwirot University. 2010.
- Pochan S. *Utilization of pineapple a beef cattle – cows*. 2009. Available at: [http://expert.dld.go.th/attachments/article/166/pine\\_ap.pdf](http://expert.dld.go.th/attachments/article/166/pine_ap.pdf). Accessed October 2, 2016.
- Poonkasemm T. *A Study of Fuel Briquette from Durian Peel Substitute for Firewood and Charcoal in Household Uses*. Master of Science (Appropriate Technology for Resources). Graduate School, Mahidol University, 1999.
- Reuben Shuma, Daniel M. Madyira. Production of Loose Biomass Briquettes from Agricultural and Forestry Residues. *Procedia Manufacturing*. 2017; 7: 98-105.
- Tangmankongworakoon A, Preedasuriyachai 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.
- Tantisattayakul T, Saidam K, Phusongsri S.et al. Feasibility Study of Biomass Briquettes Production from Pineapple Peel. *Thammasat University, Thai science and technology journal*. 2015; 23(5): 754-773.
- Ussawarujikulchai A, Semsayun C, Prapakdee N. et al. Utilization of Durian and Mangosteen Peels as Briquette Fuel. *Kasetsart University Conference*. 2011; 162-168.
- Uttamaprakrom W, Vitidsant T. Production of briquette charcoals from wet cake waste of ethanol industry. *Engineering journal*. 2012; 16(2): 5-17.
- Wattanachira L, Laapan N, Chatchavarn V. et al. Development of Biobriquettes from mixed rice-straw and longan waste residues. *KMUTT Research and Development Journal*. 2016; 39(2): 239-255.