
การหาประสิทธิภาพของแท่งเชื้อเพลิงจากถ่านกะลามะพร้าวและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการประกอบอาหาร

ศตพล มุ่งค้ำกลาง

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาค่าความร้อนและลักษณะทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตจากถ่านกะลามะพร้าวผสมกับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และศึกษาประสิทธิภาพของการใช้แท่งเชื้อเพลิงเป็นแหล่งพลังงานความร้อนในการประกอบอาหาร วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่นำมาใช้ผสมกับถ่านกะลามะพร้าวเพื่อผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิง ได้แก่ ฟางข้าว และขานอ้อย โดยมีอัตราส่วนของถ่านกะลามะพร้าวต่อฟางข้าวหรือขานอ้อยที่อัตราส่วน 9:1 8:2 7:3 6:4 และ 5:5 โดยปริมาตร จากการทดลองพบว่า แท่งเชื้อเพลิงจากถ่านกะลามะพร้าวผสมฟางข้าวมีค่าความร้อน 6,186.066,014.315,880.26 5,770.74 และ 5,667.04 Kcal/Kg ตามลำดับและมีค่าความชื้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ส่วนแท่งเชื้อเพลิงจากถ่านกะลามะพร้าวผสมขานอ้อย พบว่ามีค่าความร้อน 5,173.584,882.154,881.26 4,775.44 และ 4,710.80 Kcal/Kg ตามลำดับ ดังนั้นจึงมีเพียงอัตราส่วน 9:1 เท่านั้นที่มีค่าความร้อนเป็นไปตามมาตรฐาน ส่วนผลการประเมินคุณภาพอาหารโดยประสาทสัมผัส จากอาหารที่ประกอบขึ้นโดยใช้ถ่านอัดแท่งทั่วไปเปรียบเทียบกับแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตขึ้น เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการใช้แท่งเชื้อเพลิงเป็นแหล่งพลังงานความร้อนในการประกอบอาหาร โดยใช้วิธี 5 Point Hedonic Scale วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Paired Sample T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% อาหารที่ใช้ทดสอบได้แก่ เนื้อย่างและหมูย่าง พบว่าแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตขึ้นจากถ่านกะลามะพร้าวผสมฟางข้าวสามารถนำมาใช้งานเป็นเชื้อเพลิงเพื่อให้ความร้อนได้ตามมาตรฐานและมีประสิทธิภาพในการใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อนในการประกอบอาหาร ได้ใกล้เคียงกับถ่านอัดแท่งโดยทั่วไป ส่วนแท่งเชื้อเพลิงจากถ่านกะลามะพร้าวผสมขานอ้อยพบว่าหากนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อให้ความร้อนพบว่าต้องเป็นแท่งเชื้อเพลิงที่มีอัตราส่วนของขานอ้อยต่ำ และเมื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการประกอบอาหารประเภทปิ้งย่างโดยตรง พบว่ามีประสิทธิภาพต่ำกว่าถ่านอัดแท่งโดยทั่วไป

คำสำคัญ: แท่งเชื้อเพลิง, ถ่านกะลามะพร้าว, วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

Efficiency of Briquettes from Coconut Shell Charcoal and Agricultural Waste for Cooking

Satapon Moongkumglang

Environmental Science Program, Faculty of Science and Technology, ThepsatriRajabhat University

Abstract

This research aims to study on the calorific value and the physical of briquettes from coconut shell charcoal mixed with agricultural residues and to study on the efficiency of briquettes from coconut shell charcoal and agricultural residues for cooking. Agricultural residues in this research is straw and sugarcane bagasses. The ratios of coconut shell charcoal towards straw or sugarcane bagasses ranged from 9:1 8:2 7:3 6:4 and 5:5 by volume. The results of the examination on the calorific value of briquettes from coconut shell charcoal mixed with straw are 6,186.06 6,014.31 5,880.26 5,770.74 5,667.04 Kcal/Kg respectively. And moisture content exceeded Thai Community Product Standard in all ratios. For the calorific value of briquettes from coconut shell charcoal mixed with sugarcane bagasses are 5,173.584, 882.154, 881.26 4,775.44 and 4,710.80 Kcal/Kg respectively. Therefore, only 9:1 with the calorific value, according to standards. The quality of the food by the sensory test. The comparison of food was cooked by general briquettes charcoal and briquettes from our produced briquettes. To study the effectiveness of our produced briquettes about heat source for cooking by using 5 Point Hedonic Scale. Analyzed data by Paired Sample T-test at the 95% confidence ($p < 0.05$). Tested foods include roast beef and roast pork were found that the briquettes from coconut shell charcoal mixed with straw can apply according to community standard and effective to use for the source of heat for cooking was close to general briquettes charcoal. The briquettes from coconut shell charcoal mixed with sugarcane bagasses found that if used for heating that should have a low ratio of bagasse and when used for grill cooking directly found that underperform with general briquettes charcoal.

Keywords: Briquettes, Coconut Shell Charcoal, Agricultural Residues

1. บทนำ

พลังงานนับว่าเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของประชาชน รวมถึงการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และยังมีส่วนเกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมทั้งด้านบวกและด้านลบ ในปี พ.ศ. 2558 พบว่า ประเทศไทยต้องพึ่งพาพลังงานจากฟอสซิล (Fossil) ในการขับเคลื่อนระบบต่าง ๆ เป็นหลัก โดยใช้พลังงานในเชิงพาณิชย์ ทั้งสิ้น 2,080 เทียบเท่าพันบาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2557 ร้อยละ 1.3 มีสัดส่วนการนำเข้าต่อการใช้คิดเป็นร้อยละ 60 โดยส่วนใหญ่มาจากก๊าซธรรมชาติคิดเป็นร้อยละ 44 รองมาเป็นน้ำมัน ร้อยละ 37 ที่เหลือเป็นถ่านหิน ร้อยละ 17 พลังงานน้ำและไฟฟ้านำเข้าร้อยละ 2 [1] ดังนั้นนโยบายด้านพลังงานของประเทศจึงให้ความสำคัญกับพลังงานทดแทน โดยเฉพาะพลังงานจากชีวมวลซึ่งมีวัตถุดิบในการผลิตพลังงานจำนวนมาก พลังงานชีวมวลประเภทแ่งเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นพลังงานที่ประชาชนทั่วไปสามารถเข้าถึงได้ง่ายและมีการนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในครัวเรือน แ่งเชื้อเพลิงอาจจะผลิตขึ้นจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรโดยตรงซึ่งวัสดุเหล่านี้มีการนำมาใช้งานจริงในการผลิตกระแสไฟฟ้า เช่น โรงไฟฟ้าพลังงานฟางที่ใหญ่ที่สุดในโลก ที่เมืองเอลี ในประเทศอังกฤษซึ่งสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากถึง 38 เมกะวัตต์ ซึ่งมากพอที่จะให้พลังงานแก่ 30,000 ครัวเรือน ใช้ฟางในการผลิตมากถึง 200,000 ตันต่อปี [2] หรืออยู่ในรูปของถ่านไม้ (Charcoal) ซึ่งผ่านกระบวนการเผาทำให้เกิดการกลั่นและสลายตัวของสารอินทรีย์ในรูปของแ่งด้วยความร้อนในสภาวะขาดออกซิเจน ซึ่งอุตสาหกรรมหลักในประเทศบราซิลใช้ถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตถึงกว่า 2,000,000 ตันต่อปี [2] ในงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะใช้กะลามะพร้าวซึ่งเป็นวัตถุดิบที่อยู่ในกลุ่มลิกโนเซลลูโลสซึ่งมีส่วนประกอบของคาร์บอนสูง[3] มีความเหมาะสมที่จะนำมาผลิตเป็นแ่งถ่าน จากการศึกษาของ W.M.A.W Daud, W.S.W. Ali พบว่ากะลามะพร้าวมีส่วนโดยน้ำหนักของปริมาณคาร์บอน ความชื้น ชี้เถ้า และสารระเหย ร้อยละ 18.60 8.21 0.10 และ 73.09 ตามลำดับ วิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ พบว่ามีองค์ประกอบของคาร์บอนไฮโดรเจน ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ และ ออกซิเจน

ร้อยละ 50.10 6.85 1.09 0.08 และ 44.64 ตามลำดับ [4] กะลามะพร้าวยังเป็นของเสียทางการเกษตรที่สำคัญของประเทศฟิลิปปินส์ และมีค่าความร้อนถึง 4,990.44 Kcal/Kg (20,880.0 J/g)[5]เมื่อแปรรูปเป็นถ่านจากกะลามะพร้าวพบว่าให้ค่าความร้อนสูงถึง 5,184.82 Kcal/Kg (21,693.3 J/g) [6] งานวิจัยนี้จึงนำมาใช้เป็นส่วนประกอบหลักของแ่งเชื้อเพลิง ผสมรวมกับฟางข้าวหรือชานอ้อย ซึ่งเป็นแหล่งวัตถุดิบที่มีลิกโนเซลลูโลสสูง และในประเทศไทยมีจำนวนหลายล้านตันในแต่ละปี [7] และนอกจากเป็นวัตถุดิบใช้ทางการเกษตรที่นิยมนำมาใช้เชื้อเพลิงชีวมวล ฟางและชานอ้อยยังถูกนำมาใช้เป็นส่วนหนึ่งในการเป็นแหล่งความร้อนเพื่อการประกอบอาหารในอดีตที่ผ่านมา เช่น ไก่อบฟาง เป็ดอบชานอ้อย เป็นต้น ในงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะศึกษาในมุมมองที่แตกต่างจากงานวิจัยที่ผ่านมา คือนอกจากศึกษาคุณสมบัติทางด้านค่าความร้อนและคุณลักษณะทางกายภาพของแ่งเชื้อเพลิงที่นำของเสียทางการเกษตรกลับมาใช้ประโยชน์ ยังทำการศึกษารอบคลุมถึงด้านการนำไปใช้ประโยชน์ด้วยการนำวิธีการประเมินคุณภาพอาหารโดยประสาทสัมผัสมาใช้เป็นเครื่องมือศึกษาและบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพจากการนำแ่งเชื้อเพลิงที่ผลิตขึ้นไปใช้เป็นพลังงานความร้อนในการประกอบอาหารโดยตรง เปรียบเทียบกับถ่านอัดแ่งที่มีการใช้กันอยู่ทั่วไป โดยอาหารที่นำมาทดสอบ ได้แก่ เนื้อย่างและหมูย่าง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการบูรณาการองค์ความรู้ทั้งด้านเทคโนโลยีพลังงาน แนวคิดทางสิ่งแวดล้อมในการนำของเสียจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรกลับมาใช้ประโยชน์ และทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์การอาหาร เพื่อสร้างนวัตกรรมใหม่ที่ใช้เทคโนโลยีไม่ซับซ้อนในการผลิตใช้งานได้จริง ประชาชนทั่วไปสามารถเข้าถึงได้ง่ายและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันหรือต่อยอดองค์ความรู้เพื่อเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจได้ต่อไป

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาค่าความร้อนและลักษณะทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตจากถ่านกะลามะพร้าวผสมกับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรได้แก่ ฟางข้าวและขานอ้อย

2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการใช้แท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตขึ้นเป็นแหล่งพลังงานความร้อนในการประกอบอาหาร

3. วิธีการศึกษา

3.1 การทำแท่งเชื้อเพลิงจากถ่านกะลามะพร้าวผสมกับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

1) นำกะลามะพร้าว ฟางข้าว และขานอ้อยมาตากให้แห้ง

2) การเผาถ่านกะลามะพร้าว โดยใช้เตาเผาถ่านแบบถัง 200 ลิตร แนวนอน

3) การนำถ่านกะลามะพร้าวมาบดละเอียดและนำฟางข้าวและขานอ้อยมาปั่นย่อยให้เป็นผงละเอียด

4) การผสมผงถ่านกะลามะพร้าว และผงจากฟางข้าวหรือขานอ้อย ในอัตราส่วนที่กำหนดโดยปริมาตรได้แก่ อัตราส่วน 9:1 8:2 7:3 6:4 และ 5:5 โดยทุกอัตราส่วนใช้ผงมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน 3 ส่วนโดยปริมาตร

5) การอัดแท่งเชื้อเพลิงโดยใช้เครื่องอัดแท่งแบบเกลียว



ภาพที่ 1 แท่งเชื้อเพลิงจากถ่านกะลามะพร้าวผสมฟางข้าวและแท่งเชื้อเพลิงจากถ่านกะลามะพร้าวผสมขานอ้อย

3.2 การศึกษาลักษณะทางกายภาพและค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง

1) วิเคราะห์ความชื้น (% Moisture) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3173 โดยการนำตัวอย่างไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

2) วิเคราะห์ปริมาณเถ้า (% Ash) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3174 โดยการนำตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

3) วิเคราะห์การหาปริมาณสารระเหย (% Volatile Matter) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3175 โดยการนำตัวอย่างไปเผาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส

4) วิเคราะห์การหาปริมาณคาร์บอนคงตัว (% Fixed Carbon) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3172 โดยการนำค่าร้อยละของปริมาณความชื้น ค่าร้อยละของปริมาณสารระเหย และค่าร้อยละของปริมาณเถ้า มาเข้าสู่สูตรคำนวณ

5) วิเคราะห์การหาค่าความร้อน (Calorific Value) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D5865 โดยใช้เครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ (Bomb Calorimeter)



ภาพที่ 2 เครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ (Bomb Calorimeter)

3.3 การศึกษาประสิทธิภาพของการใช้แท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตขึ้นเป็นแหล่งพลังงานความร้อนในการประกอบอาหาร

ใช้วิธีการประเมินคุณภาพอาหารโดยประสาทสัมผัสเป็นเครื่องมือศึกษาประสิทธิภาพ โดยเปรียบเทียบระหว่างความชอบของผู้บริโภคต่ออาหารที่ประกอบขึ้นโดยใช้แท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตขึ้นเป็นแหล่งพลังงานความร้อน

กับอาหารชนิดเดียวกันที่ใช้ถ่านอัดแท่งทั่วไปเป็นแหล่งความร้อน โดยแท่งเชื้อเพลิงที่นำมาทดสอบประสิทธิภาพนั้น ในแต่ละแบบจะเลือกเพียงอัตราส่วนเดียว โดยพิจารณาจากสัดส่วนของแท่งเชื้อเพลิงที่มีคุณสมบัติทางกายภาพและค่าความร้อนผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่งและมีสัดส่วนของฟางข้าวหรือขาน้อยมากที่สุด การทดสอบทำโดยให้คะแนนตามชอบ (Hedonic Scaling Test) ใช้ใบรายงานการทดสอบแบบ 5-Point Hedonic Scale มีรายการอาหารที่ทำการทดสอบได้แก่ หมูย่างและเนื้อย่าง

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

- 1) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- 2) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงวิเคราะห์ ได้แก่ การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่ากลางจากประชากรที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Paired Sample T-test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของ

ถ่านกะลามะพร้าวผสมฟางข้าว

จากผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของถ่านกะลามะพร้าวผสมฟางข้าว พบว่า ที่อัตราส่วน 9:1 8:2:3 6:4 และ 5:5 มีค่าความร้อน 6,186.06, 6,014.31, 5,880.26 และ 5,770.74 Kcal/Kg ตามลำดับ ส่วนคุณสมบัติทางกายภาพอื่นๆของถ่านกะลามะพร้าวผสมฟางข้าว พบว่า ความชื้นที่อัตราส่วน 5:5 มีค่าสูงสุด 0.1352% รองลงมาที่อัตราส่วน 6:4 มีค่า 0.1233% และค่าต่ำสุดที่อัตราส่วน 9:1 มีค่า 0.1013% สารระเหยที่อัตราส่วน 8:2 มีค่าสูงสุด 2.35% รองลงมาที่อัตราส่วน 6:4 มีค่า 2.14% และค่าต่ำสุดที่อัตราส่วน 5:5 มีค่า 1.73% ปริมาณเถ้าที่อัตราส่วน 9:1 มีค่าสูงสุด 3.95% รองลงมาที่อัตราส่วน 5:5 มีค่า 3.04% และค่าต่ำสุดที่อัตราส่วน 7:3 มีค่า 2.87% ปริมาณคาร์บอนคงตัวที่อัตราส่วน 7:3 มีค่าสูงสุด 94.98% รองลงมาที่อัตราส่วน 5:5 มีค่า 94.73% และค่า

ต่ำสุดที่อัตราส่วน 8:2 มีค่า 94.39% ดังที่แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและค่าความร้อนของถ่านกะลามะพร้าวผสมฟางข้าว

อัตราส่วน	ค่าความร้อน	ความชื้น	สารระเหย	เถ้า	คาร์บอนคงตัว (%)
(ถ่าน)	ร้อน	ชื้น	ระเหย		
กะลามะพร้าว: ฟางข้าว)	(Kcal/Kg)	(%)	(%)	(%)	(%)
9:1	6,186.06	0.1013	2.07	3.95	98.88
8:2	6,014.31	0.1021	2.35	3.16	94.39
7:3	5,880.26	0.1064	2.04	2.87	94.98
6:4	5,770.74	0.1233	2.14	3.25	94.48
5:5	5,667.04	0.1352	1.73	3.04	94.73

4.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและค่าความร้อนของถ่านกะลามะพร้าวผสมขาน้อย

จากผลการศึกษาคุณสมบัติค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงที่มีอัตราส่วนของถ่านกะลามะพร้าวต่อขาน้อยพบว่าอัตราส่วน 9:1 มีค่าความร้อนสูงสุดที่ 5,173.58 Kcal/kg ที่อัตราส่วน 8:2 7:3 6:4 และ 5:5 มีค่าความร้อน 4,885.15 4,881.26 4,975.44 และ 4,710.80 Kcal/Kg ตามลำดับ จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพด้านอื่นๆ ได้แก่ ความชื้น สารระเหย เถ้า และคาร์บอนคงตัว มีผลต่อไปนี้ ความชื้นที่อัตราส่วน 9:1 มีค่าสูงสุด 0.1005% รองลงมาที่อัตราส่วน 5:5 มีค่า 0.0689% และค่าต่ำสุดที่อัตราส่วน 8:2 มีค่า 0.0426% สารระเหยที่อัตราส่วน 9:1 มีค่าสูงสุด 2.40% รองลงมาที่อัตราส่วน 6:4 มีค่า 2.36% และค่าต่ำสุดที่อัตราส่วน 8:2 มีค่า 1.53% ปริมาณเถ้าที่อัตราส่วน 7:3 มีค่าสูงสุด 12.46% รองลงมาที่อัตราส่วน 8:2 มีค่า 12.40% และค่าต่ำสุดที่อัตราส่วน 5:5 มีค่า 8.276% ปริมาณคาร์บอนคงตัวที่อัตราส่วน 5:5 มีค่าสูงสุด 89.31%

รองลงมาที่อัตราส่วน 6:4 มีค่า 87.43% และค่าต่ำสุดที่อัตราส่วน 7:3 มีค่า 85.47% ดังที่แสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของถ่านกะลามะพร้าวผสมชานอ้อย

อัตราส่วน (ถ่านกะลามะพร้าว : ชานอ้อย)	ค่าความร้อน (Kcal/Kg)	ความชื้น (%)	สารระเหย (%)	เถ้า (%)	คาร์บอนคงตัว (%)
9:1	5,173.58	0.1005	2.40	11.06	86.30
8:2	4,885.15	0.0426	1.53	12.40	86.01
7:3	4,881.26	0.0510	2.34	12.46	85.47
6:4	4,975.44	0.0529	2.36	10.13	87.43
5:5	4,710.80	0.0689	2.34	8.27	89.31

4.3 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ถ่านเชื้อเพลิงถ่านกะลามะพร้าวผสมฟางเป็นแหล่งพลังงานความร้อนในการประกอบอาหารประเภท เนื้อย่าง

คะแนนความชอบอาหารประเภทเนื้อย่างที่ประกอบขึ้นโดยใช้ถ่านอัดแห้งทั่วไปเป็นแหล่งพลังงานความร้อน ในเรื่องของสีมีค่าอยู่ที่ 3.65 ± 0.88 กลิ่น 4.20 ± 0.77 รสชาติ 4.00 ± 0.65 เนื้อสัมผัส 3.45 ± 0.69 และความชอบโดยรวม 3.75 ± 0.91 เนื้อย่างที่ประกอบขึ้นโดยใช้ถ่านเชื้อเพลิงจากกะลามะพร้าวผสมฟางข้าว คะแนนความชอบในเรื่องของสีเท่ากับ 3.85 ± 0.88 กลิ่น 3.65 ± 0.75 รสชาติ 4.20 ± 0.89 เนื้อสัมผัส 3.55 ± 1.15 และความชอบโดยรวม 4.00 ± 1.17 เมื่อเปรียบเทียบกันพบว่าในเรื่องของสี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ยกเว้นเรื่องของกลิ่นมีค่าต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติดังที่แสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ถ่านเชื้อเพลิงจากถ่านกะลามะพร้าวผสมฟางเป็นแหล่งความร้อนในการประกอบอาหารประเภท เนื้อย่าง

คุณลักษณะของเนื้อย่าง	ชนิด	ค่าเฉลี่ย	ค่า t	ค่า p	ผลวิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P > 0.05$)
สี	A	3.65 ± 0.88	-1.000	0.330	ไม่แตกต่าง
	B	3.85 ± 0.88			อย่างมีนัยสำคัญ
กลิ่น	A	4.20 ± 0.77	2.342	0.030	แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
	B	3.65 ± 0.75			นัยสำคัญ
รสชาติ	A	4.00 ± 0.65	-0.777	0.447	ไม่แตกต่าง
	B	4.20 ± 0.89			อย่างมีนัยสำคัญ
เนื้อสัมผัส	A	3.45 ± 0.69	-0.370	0.716	ไม่แตกต่าง
	B	3.55 ± 1.15			อย่างมีนัยสำคัญ
ความชอบโดยรวม	A	3.75 ± 0.91	-0.925	0.367	ไม่แตกต่าง
	B	4.00 ± 1.17			อย่างมีนัยสำคัญ

หมายเหตุ A คือ ถ่านอัดแห้งทั่วไป
B คือ ถ่านเชื้อเพลิงจากถ่านกะลามะพร้าวผสมฟางข้าว

4.4 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ถ่านเชื้อเพลิงถ่านกะลามะพร้าวผสมฟางเป็นแหล่งพลังงานความร้อนในการประกอบอาหารประเภท หมูย่าง

คะแนนความชอบอาหารประเภทหมูย่างที่ประกอบขึ้นโดยใช้ถ่านอัดแห้งทั่วไปเป็นแหล่งพลังงานความร้อนในการประกอบอาหาร ในเรื่องของสีมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.65 ± 0.58 กลิ่น 3.25 ± 0.97 รสชาติ 3.75 ± 0.85 เนื้อสัมผัส 3.85 ± 0.99 และความชอบโดยรวม 3.60 ± 0.99 หมูย่างที่ประกอบขึ้นโดยใช้ถ่านเชื้อเพลิงจากกะลามะพร้าวผสมฟางข้าว คะแนนความชอบในเรื่องของสีเท่ากับ 3.80 ± 0.70 กลิ่น 3.20 ± 0.95 รสชาติ 3.40 ± 0.94 เนื้อสัมผัส 3.40 ± 0.75 และความชอบโดยรวม 3.40 ± 1.05 เมื่อ

เปรียบเทียบกันพบว่าในเรื่องของสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พบว่าหมูย่างที่ประกอบขึ้นโดยใช้แท่งเชื้อเพลิงจากกะลามะพร้าวผสมฟางข้าวมีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติดังที่แสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการใช้แท่งเชื้อเพลิงจากถ่านกะลามะพร้าวผสมฟางเป็นแหล่งความร้อนในการประกอบอาหารประเภท หมูย่าง

คุณลักษณะของเนื้อย่าง	ชนิด	ค่าเฉลี่ย	ค่า t	ค่า p	ผลวิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P>0.05)
สี	A	3.65±0.58	-1.000	0.330	ไม่แตกต่าง
	B	3.80±0.70			อย่างมีนัยสำคัญ
กลิ่น	A	3.25±0.97	0.203	0.841	ไม่แตกต่าง
	B	3.20±0.95			อย่างมีนัยสำคัญ
รสชาติ	A	3.75±0.85	1.505	0.149	ไม่แตกต่าง
	B	3.40±0.94			อย่างมีนัยสำคัญ
เนื้อสัมผัส	A	3.85±0.99	1.630	0.119	ไม่แตกต่าง
	B	3.40±0.75			อย่างมีนัยสำคัญ
ความชอบโดยรวม	A	3.60±0.99	0.777	0.447	ไม่แตกต่าง
	B	3.40±1.05			อย่างมีนัยสำคัญ

หมายเหตุ A คือ ถ่านอัดแท่งทั่วไป
B คือ แท่งเชื้อเพลิงจากถ่านกะลามะพร้าวผสมฟางข้าว

4.5 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการใช้แท่งเชื้อเพลิงถ่านกะลามะพร้าวผสมฟางเป็นแหล่งพลังงานความร้อนในการประกอบอาหารประเภทเนื้อย่าง

คะแนนความชอบอาหารประเภทเนื้อย่างที่ประกอบขึ้นโดยใช้ถ่านอัดแท่งทั่วไปเป็นแหล่งพลังงานความร้อน ในเรื่องของสีมีค่าอยู่ที่ 3.65±0.88 กลิ่น 4.20±0.77 รสชาติ 4.00±0.65 เนื้อสัมผัส 3.45±0.69 และความชอบโดยรวม 3.75±0.91 เนื้อย่างที่ประกอบขึ้นโดยใช้

แท่งเชื้อเพลิงจากกะลามะพร้าวผสมฟางอ้อย คะแนนความชอบในเรื่องของสีเท่ากับ 3.95±0.89 กลิ่น 2.25±1.02 รสชาติ 2.80±1.15 เนื้อสัมผัส 3.05±1.05 และความชอบโดยรวม 2.60±1.19 เมื่อเปรียบเทียบกับถ่านอัดแท่งทั่วไปพบว่าเรื่องของสีและเนื้อสัมผัสมีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนเรื่องของกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม พบว่ามีค่าเฉลี่ยที่น้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังที่แสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการใช้แท่งเชื้อเพลิงจากถ่านกะลามะพร้าวผสมฟางอ้อยเป็นแหล่งความร้อนในการประกอบอาหารประเภท เนื้อย่าง

คุณลักษณะของเนื้อย่าง	ชนิด	ค่าเฉลี่ย	ค่า t	ค่า p	ผลวิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P>0.05)
สี	A	3.65±0.88	-1.371	0.186	ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
	B	3.95±0.89			นัยสำคัญ
กลิ่น	A	4.20±0.77	7.322	0.000	แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
	B	2.25±1.02			นัยสำคัญ
รสชาติ	A	4.00±0.65	3.943	0.001	แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
	B	2.80±1.15			นัยสำคัญ
เนื้อสัมผัส	A	3.45±0.69	1.566	0.134	ไม่แตกต่าง
	B	3.05±1.05			อย่างมีนัยสำคัญ
ความชอบโดยรวม	A	3.75±0.91	3.929	0.001	แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
	B	2.60±1.19			นัยสำคัญ

หมายเหตุ A คือ ถ่านอัดแท่งทั่วไป
B คือ แท่งเชื้อเพลิงจากถ่านกะลามะพร้าวผสมฟางอ้อย

4.6 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการใช้แท่งเชื้อเพลิง ถ่านกะลามะพร้าวผสมขานอ้อยเป็นแหล่งพลังงานความร้อนในการประกอบอาหารประเภท หมูย่าง

คะแนนความชอบอาหารประเภทหมูย่างที่ประกอบขึ้นโดยใช้ถ่านอัดแท่งทั่วไปเป็นแหล่งพลังงานความร้อนในการประกอบอาหาร ในเรื่องของสีมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่อยู่ที่ 3.65 ± 0.58 กลิ่น 3.25 ± 0.97 รสชาติ 3.75 ± 0.85 เนื้อสัมผัส 3.85 ± 0.99 และความชอบโดยรวม 3.60 ± 0.99 หมูย่างที่ประกอบขึ้นโดยใช้แท่งเชื้อเพลิงจากกะลามะพร้าวผสมขานอ้อย คะแนนความชอบในเรื่องของสีเท่ากับ 3.60 ± 1.10 กลิ่น 2.40 ± 0.88 รสชาติ 3.00 ± 1.26 เนื้อสัมผัส 3.65 ± 0.93 และความชอบโดยรวม 3.25 ± 1.25 เมื่อเปรียบเทียบกับถ่านอัดแท่งทั่วไป พบว่าทั้งด้านสี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนเรื่องของกลิ่น รสชาติ พบว่ามีค่าเฉลี่ยที่น้อยกว่าและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังที่แสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการใช้แท่งเชื้อเพลิงจากถ่านกะลามะพร้าวผสมขานอ้อยเป็นแหล่งพลังงานความร้อนในการประกอบอาหารประเภท หมูย่าง

คุณลักษณะ	ชนิดเชื้อเพลิง	ค่าเฉลี่ยคะแนน	ค่า t	ค่า p	ผลวิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P>0.05)
สี	A	3.65 ± 0.58	0.165	0.871	ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
	B	3.60 ± 1.10			
กลิ่น	A	3.25 ± 0.97	3.101	0.006	แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
	B	2.40 ± 0.88			
รสชาติ	A	3.75 ± 0.85	2.380	0.028	แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
	B	3.00 ± 1.26			
เนื้อสัมผัส	A	3.85 ± 0.99	0.657	0.519	ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
	B	3.65 ± 0.93			
ความชอบโดยรวม	A	3.60 ± 0.99	1.129	0.273	ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
	B	3.25 ± 1.25			
หมายเหตุ	A คือ ถ่านอัดแท่งทั่วไป B คือ แท่งเชื้อเพลิงจากถ่านกะลามะพร้าวผสมขานอ้อย				

5. อภิปรายและสรุป

จากการศึกษาค่าความร้อนและคุณสมบัติของแท่งเชื้อเพลิง เปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 238/2557) ที่กำหนดให้มีค่าความร้อนไม่น้อยกว่า 5,000 Kcal/Kg และค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก พบว่าแท่งเชื้อเพลิงจากถ่านกะลามะพร้าวผสมขานอ้อย ทั้ง 5 อัตราส่วนมีค่าความร้อนสูงเกินค่ามาตรฐาน ดังที่แสดงในตารางที่ 4.1 และค่าความร้อนแปรผันตามอัตราส่วนขานอ้อยต่อถ่านกะลามะพร้าว ยิ่งมีขานอ้อยมากค่าความร้อนยิ่งน้อยลง ส่วนแท่งเชื้อเพลิงจากถ่านกะลามะพร้าวผสมขานอ้อยโดยรวม มีค่าความร้อนต่ำกว่าแท่งเชื้อเพลิงจากถ่านกะลามะพร้าวผสมขานอ้อย คือมีค่าความร้อนที่เกิดเกณฑ์มาตรฐานเพียงแค่อัตราส่วนเดียวคือ ที่อัตราส่วน 9:1 มีค่าสูงกว่า 5,000 Kcal/Kg ดังที่แสดงในตารางที่ 4.2 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ N.M.M. Mitan และ M.N.S.A. Razimi [8] ที่พบว่าแท่งเชื้อเพลิงจากถ่านกะลามะพร้าวและขานอ้อย ที่อัตราส่วน 1:1 1:3 1:5 โดยน้ำหนักมีค่าความร้อนอยู่ที่ 18.80-19.00 MJ/Kg หรือ 4,493-4,541 Kcal/Kg ทั้งนี้เนื่องจากขานอ้อยมีค่าความร้อนต่ำ (Low Heating Value) ต่ำกว่าขานอ้อยโดยขานอ้อยมีค่าความร้อนต่ำ ที่ 7.37 MJ/Kg ส่วนขานอ้อยมีค่าความร้อนต่ำที่ 12.33 MJ/Kg [9] ที่มีค่าความร้อนส่วนใหญ่แปรผันตามปริมาณของถ่านกะลามะพร้าว แต่เมื่อเปรียบเทียบกับพบว่าแท่งเชื้อเพลิงจากถ่านกะลามะพร้าวผสมขานอ้อยเมื่อศึกษาคุณสมบัติอื่นๆ ได้แก่ ความชื้น สารระเหย ปริมาณเถ้าและคาร์บอนคงตัวพบว่าทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มีค่าความชื้นและสารระเหยต่ำซึ่งทำให้เกิดควันในขณะที่เกิดการเผาไหม้มีน้อย ส่วนปริมาณคาร์บอนคงตัวของแท่งเชื้อเพลิงจากถ่านกะลามะพร้าวผสมขานอ้อยสูงกว่าแท่งเชื้อเพลิงจากถ่านกะลามะพร้าวผสมขานอ้อยและมีปริมาณเถ้าที่ต่ำกว่าสอดคล้องกับค่าความร้อนที่แตกต่างกันของแท่งเชื้อเพลิงทั้งสอง

ส่วนประสิทธิภาพในการใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อนในการประกอบอาหารประเภท หมูย่างและหมูย่าง พบว่าจากการยอมรับในผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคโดยอาหารที่ใช้ทดสอบได้แก่ เนื้อย่างและหมูย่าง พบว่าคะแนนความชอบอาหารประเภทเนื้อย่างที่ประกอบขึ้นโดยใช้ถ่าน

อัดแห้งทั่วไปเป็นแหล่งพลังงานความร้อน เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อเยื่อที่ประกอบขึ้นโดยใช้แห้งเชื้อเพลิงจากกะลามะพร้าวผสมฟางข้าว พบว่าในเรื่องของสี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ยกเว้นเรื่องของกลิ่นมีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนคะแนนความชอบอาหารประเภทหมูย่างที่ประกอบขึ้นโดยใช้ถ่านอัดแห้งทั่วไปเป็นแหล่งพลังงานความร้อนในการประกอบอาหารเปรียบเทียบกับหมูย่างที่ประกอบขึ้นโดยใช้แห้งเชื้อเพลิงจากกะลามะพร้าวผสมฟางข้าว พบว่าในเรื่องของสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในส่วนแห้งเชื้อเพลิงจากถ่านกะลามะพร้าวผสมขานอ้อยเมื่อนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อนในการประกอบอาหารเปรียบเทียบกับถ่านอัดแห้งทั่วไป พบว่าเนื้อเยื่อที่มีสีและเนื้อสัมผัสมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนเรื่องของกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม พบว่ามีค่าเฉลี่ยที่น้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนหมูย่างพบว่าทั้งด้านสี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนเรื่องของกลิ่น รสชาติ พบว่ามีค่าเฉลี่ยที่น้อยกว่าและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ดังนั้นประสิทธิภาพของแห้งเชื้อเพลิงในการประกอบอาหารจากถ่านกะลามะพร้าวผสมฟางใกล้เคียงกับถ่านอัดแห้งโดยทั่วไป มีข้อควรระวังเพียงอย่างเดียวในเรื่องของกลิ่น จึงควรหาอัตราส่วนที่เหมาะสมหากต้องการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อประกอบอาหารประเภทปิ้งย่างโดยตรง ส่วนแห้งเชื้อเพลิงจากถ่านกะลามะพร้าวผสมขานอ้อยพบว่าหากนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อให้ความร้อนพบว่าต้องเป็นแห้งเชื้อเพลิงที่มีอัตราส่วนของขานอ้อยต่ำ และเมื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการประกอบอาหารประเภทปิ้งย่างโดยตรง พบว่ามีประสิทธิภาพต่ำกว่าถ่านอัดแห้งโดยทั่วไป โดยเฉพาะเรื่องกลิ่นและรสชาติ เนื่องจากแห้งเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของขานอ้อย ถึงแม้จะมีควันที่น้อยแต่มีกลิ่นที่เกิดขณะเผาไหม้ที่แรง จนส่งผลต่อกลิ่นและรสชาติของอาหาร

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักนโยบายและแผนพลังงาน , “สถานการณ์พลังงานไทย 2558” [online], เข้าถึงจาก <http://km.eppo.go.th/resources/uploaded/97/20160422146131493166.pdf>, วันที่ 5 มิถุนายน2559.
- [2] สุทธิลักษณ์ จันทรศิริ, “พลังงานโลก:เชื้อเพลิงชีวภาพ WORLD ENERGY ISSUE: BIOFUEL A threat To Food ?” .กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น หน้า 11, 2557.
- [3] J. Sarki, S.B. Hassan, V.S. Aigbodion, J.E. Oghenewata, “Potential of using coconut shell partical fillers in eco-composite material,” *Journal of Alloys and Compounds*, vol. 509, no. 5.pp. 2381-2385, 2011.
- [4] W.M.A.W. Daud, W.S.W. Ali, “Comparison on pore development of activated carbon produced from palm shell and coconut shell.” *Bioresource Technology*, vol. 93, pp. 63-69, 2004.
- [5] E.G.Sundaram, E.Natarajan, “Pyrolysis of coconut shell: an experimental investigation.” *The journal of Engineering Research*, vol 6(2), pp. 33-39.2009.
- [6] G.M.T.Arellano, Y.S.Kato, F.T.Bacani, “*Proceedings of the DLSU Research Congress* .” vol.3, 2015.
- [7] อรุณี ศุภสินสาธิต, “พลังงานจากชีวมวลที่มีลิกโนเซลลูโลส,” *วารสารสิ่งแวดล้อม*, ปีที่ 16 เล่ม 2 หน้า 36-43, ม.ป.ป.
- [8] N.M.M.Mitan ,M.N.S.Razimi, “Potential co-processing of coconut shell and sugarcane residue as a solid biofuel,” *Proceeding of Mechanical Engineering Research Day 2016*. pp. 83-84, March 2016.
- [9] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, “คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน,” กรุงเทพฯ: บริษัท เอเบิล คอนซัลแตนท์ จำกัด หน้า 13. 2554.