



รายงานการวิจัย

การผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม Charcoal Produced from Shells Tamarind

หทัยนุช จันทรชัยภูมิ

สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตและการจัดการ
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ประจำปีงบประมาณ 2560

รหัสโครงการสัญญา PCRU_2560_Y001

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม

Charcoal Produced from Shells Tamarind

หทัยนุช จันทรัชชัยภูมิ

สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตและการจัดการ

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ทุนอุดหนุนโดยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ งบประมาณเงินรายได้

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

(ก)

ชื่องานวิจัย	การผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม
ผู้วิจัย	หทัยนุช จันทรชัยภูมิ
ผู้ร่วมวิจัย/ที่ปรึกษา	-
สาขาวิชา	วิศวกรรมการผลิตและการจัดการ
	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 2561

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม และเพื่อทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม โดยเริ่มจากการนำเปลือกมะขามหวานซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปมะขามมาทำการเผาให้กลายเป็นถ่าน จากนั้นนำถ่านเปลือกมะขามมาทำการบดย่อย แล้วนำผงถ่านจากเปลือกมะขามไปผสมกับแป้งมันสำปะหลังและน้ำ ในอัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมันสำปะหลัง : น้ำ ทั้งหมด 3 สูตร คือ 1: 1: 0.75, 2: 1: 0.50 และ 3: 1: 0.25 โดยน้ำหนัก แล้วนำเข้าสู่กระบวนการอัดเป็นแท่งด้วยวิธีการอัดเย็น แล้วนำไปไล่ความชื้นด้วยวิธีการอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จนกระทั่งความชื้นของถ่านอัดแท่งเท่ากับร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก ซึ่งทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามออกมา จากนั้นผู้วิจัยได้นำถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามทั้ง 3 สูตร ไปทำการทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม ได้แก่ การทดสอบค่าความร้อน การทดสอบปริมาณความชื้น การทดสอบดัชนีการแตกร่วนโดยวิธีทิ้งจากที่สูง และการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน พบว่าสูตรถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามที่มีคุณสมบัติดีที่สุด คือ สูตรที่มีอัตราส่วน 3: 1: 0.25 โดยน้ำหนัก รองลงมา คือ สูตรที่มีอัตราส่วนเท่ากับ 1: 1: 0.75 และ 2: 1: 0.50 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

คำสำคัญ : ถ่านอัดแท่ง, เปลือกมะขาม, เชื้อเพลิง

Title Charcoal Produced from Shells Tamarind
Author Hathainuch Janchaiyaphoom
Co-Researcher -
Branch Production Engineering and Management
Phetchabun Rajabhat University 2018

Abstract

This research aims to charcoal produced from shells tamarind and test the properties of charcoal from shells tamarind. The first step is to bring the tamarind shell, which is the waste from tamarind processing to burn into charcoal. From the tamarind shell, which is the waste from tamarind processing to burn into charcoal. Then the crushed shell charcoal tamarind to bring the charcoal to grind. Then charcoal from shells, tamarind mixed with cassava and water in a ratio charcoal powder: cassava: water 3 formula is 1: 1: 0.75, 2: 1: 0.50 and 3: 1: 0.25 weight ratio. Then introduced into the compression molding process with a cold compression. The moisture was then dried at 90 ° C. The moisture content of charcoal is 8% by weight which products are charcoal from shells tamarind include heating value, moisture content, drop shatter test and efficiency of heat test. It was found that the best formulas were 3: 1: 0.25 weight ratio. Second, the formula was 1: 1: 0.75 and 2: 1: 0.50 weight ratio in order.

Keywords: Charcoal, Shells Tamarind, Fuel

(ก)

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยคำแนะนำต่าง ๆ จากคณาจารย์และนักศึกษาในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และความร่วมมือช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายฝ่าย ที่เสียสละเวลาให้คำแนะนำ คำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้และขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้มา ณ ที่นี้ด้วย

หทัยนุช จันทร์ชัยภูมิ

22 กุมภาพันธ์ 2561

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย	2
1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย	3
1.5 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการ	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับมะขาม	5
2.2 การแปรรูปมะขาม	8
2.3 ชีวมวล.....	9
2.4 ถ่านอัดแท่ง.....	11
2.5 หลักการผลิตถ่านอัดแท่ง.....	12
2.6 กระบวนการในการผลิตถ่านอัดแท่ง	13
2.7 ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่ง.....	15
2.8 การทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง	16
2.9 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่งชุมชน.....	18
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	19

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3	วิธีการดำเนินการวิจัย 23
3.1	ขั้นตอนการสร้างเตาเผาและการเผาถ่านเปลือกมะขาม 23
3.2	ขั้นตอนการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม 27
3.3	ขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม 31
3.4	การวิเคราะห์ข้อมูล 42
3.5	ศึกษาความพึงพอใจผู้ใช้สื่อการเรียนการสอน 24
3.6	การเก็บรวบรวมข้อมูล 25
บทที่ 4	ผลการวิจัย 43
4.1	ผลการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม 43
4.2	ผลการทดสอบค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม 44
4.3	ผลการทดสอบปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม 45
4.4	ผลการทดสอบดัชนีการแตกร้าวโดยวิธีทิ้งจากที่สูง 46
4.5	ผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของถ่านอัดแท่ง 47
4.4	ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติถ่านอัดแท่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 49
บทที่ 5	สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 50
5.1	สรุปผลการวิจัย 50
5.2	ข้อเสนอแนะ 51
บรรณานุกรม	 52
ภาคผนวก	 54
ภาคผนวก ก	ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อน 55
ประวัติคณะผู้วิจัย	 60

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ผลการเปรียบเทียบถ่านกัมมันต์จากเปลือกมะขามและจากต่างประเทศ.....	19
4.1 ผลการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม	43
4.2 ผลการทดสอบค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม	45
4.3 ผลการทดสอบปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม	46
4.4 ผลการทดสอบดัชนีการแตกร่วนของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม	47
4.5 ผลการเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง	49
ก-1 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อนแต่ละสูตร	56

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงมะขาม 5 รส และท็อฟฟี่มะขาม	8
2.2 เตาเศรษฐกิจ	10
2.3 เตาเพิ่มประสิทธิภาพความร้อน	10
2.4 เตาแก๊สซีฟิเออร์	10
3.1 แสดงขั้นตอนการนำอิฐแดงวางกันถึง 200 ลิตร	24
3.2 แสดงลักษณะของการวางถึงขนาดเล็กลงไปจนถึงขนาดใหญ่	25
3.3 แสดงลักษณะของการจัดเรียงไม้เชื้อเพลิงลงไปจนถึงใหญ่	25
3.4 แสดงลักษณะของการจุดไฟเผาเชื้อเพลิง	26
3.5 แสดงการใช้ดินเหนียวอุดบริเวณฝาเตาเพื่อป้องกันอากาศเข้าสู่เตา	26
3.6 แสดงลักษณะของถ่านเปลือกมะขามที่ผ่านการเผาเรียบร้อยแล้ว	27
3.7 แสดงลักษณะของถ่านเปลือกมะขามที่ผ่านบดหยาบและบดละเอียด	27
3.8 แสดงลักษณะของส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่ง	28
3.9 แสดงขั้นตอนการผสมวัตถุดิบสำหรับผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม	29
3.10 แสดงขั้นตอนเทวัตถุดิบลงในถังผสมของเครื่องอัดแท่งถ่านแบบสกรูเดี่ยว	30
3.11 แสดงขั้นตอนการอัดแท่งถ่านจากเปลือกมะขาม	31
3.12 แสดงลักษณะของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามที่ผลิตได้	32
3.13 แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งจากเปลือก	33
3.14 แสดงการนำตัวอย่างมาชั่งน้ำหนัก (W_1) ก่อนอบ	34
3.15 แสดงการนำตัวอย่างไปอบในเตา	34
3.16 แสดงการนำตัวอย่างไปชั่งน้ำหนัก (W_2) หลังผ่านการอบ	35
3.17 แสดงการชั่งน้ำหนักก่อนทดสอบการแตกร้าวโดยวิธีทิ้งจากที่สูง	36
3.18 แสดงการนำตัวอย่างแต่ละสูตรบรรจุใส่ถุงพลาสติก	37
3.19 แสดงการกำหนดความสูงจากพื้นที่ 1.80 เมตร	37
3.20 แสดงการปล่อยตัวอย่างทิ้งดังผู้พื้นระดับความสูงที่ 1.80 เมตร	38
3.21 แสดงการร่อนถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามด้วยตะแกรงขนาด 20 มิลลิเมตร	38

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.22	แสดงการชั่งน้ำหนักก่อนการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน..... 40
3.23	แสดงตวงน้ำใส่ลงไปในหม้อต้มน้ำ 40
3.24	แสดงการนำถ่านอัดแท่งไปเผาไฟด้วยเตาแก๊ส..... 41
3.25	แสดงลักษณะการวางเรียงถ่านอัดแท่งใต้เตาอังโล่..... 41
3.26	แสดงการวัดอุณหภูมิของน้ำภายในหม้อต้มน้ำ 42
3.27	แสดงลักษณะถ่านเมื่อสิ้นสุดการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานความร้อน..... 42
4.1	ผลของอุณหภูมิภายในหม้อเทียบกับระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป..... 48

บทที่ 1

บทนำ

1.1ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากปัจจุบันมีการนำวัสดุเหลือใช้ทั้งทางการเกษตรมาแปรรูปเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยมีการนำวัสดุเหลือใช้ทั้งทางการเกษตรมาใช้ผลิตเป็นพลังงานเชื้อเพลิงในรูปแบบต่างๆ เช่น ถ่านอัดแท่ง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถทดแทนถ่านจากไม้ธรรมชาติได้ และเป็นการตอบสนองนโยบายรัฐบาลในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ถ่านอัดแท่งยังมีคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงที่ดีกว่าถ่านไม้ทั่วไป คือ ให้ความร้อนสูงและสม่ำเสมอ ไม่เกิดเปลวไฟ ไม่เกิดควันมาก ไม่แตกปะทุและเกิดประกายไฟ จี๊เจ้าที่มีจำนวนน้อย ไม่มีกลิ่นเหม็นและจุดใช้งานง่าย ไม่คาคิดมือมากเหมือนถ่านไม้ และประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บ ดังนั้นถ่านอัดแท่งจึงได้รับความนิยมในการใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้มในครัวเรือนและร้านอาหารต่างๆ โดยเฉพาะร้านอาหารประเภทปิ้งย่างที่มีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงส่งผลให้ความต้องการในการใช้ถ่านอัดแท่งเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ถ่านอัดแท่งที่มีจำหน่ายในท้องตลาดภายในประเทศและส่งออกต่างประเทศส่วนใหญ่จะผลิตจากกะลามะพร้าว แต่ในปัจจุบันต้นทุนราคากะลามะพร้าวเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากวัตถุดิบหายากมากขึ้น ดังนั้นจึงมีการนำวัสดุชนิดอื่นมาใช้ผลิตถ่านอัดแท่งทดแทนกะลามะพร้าว เช่น จี๊เลื้อย แกลบ ฟางข้าว กากอ้อย ชังข้าวโพด ผักตบชวา ฯลฯ แต่ก็ยังมีปริมาณคาร์บอนคงตัว และค่าความร้อนที่ต่ำกว่ากะลามะพร้าว (พงษ์ศักดิ์ อยู่มน, 2559)

เปลือกมะขามเป็นชีวมวลซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามหวานภายในจังหวัดเพชรบูรณ์มีปริมาณมากมหาศาล ซึ่งส่วนมากจะนำไปกองทิ้งเป็นขยะ ถึงแม้ว่าจะมีงานวิจัยที่มีการพยายามจะสร้างมูลค่าให้กับเปลือกมะขาม เช่น การนำเปลือกมะขามไปผลิตเป็นถ่านกัมมันต์เพื่อใช้เป็นตัวกรองอากาศ (นิชนันท์ คำวนสินธุ์ และคณะ, 2550) การนำเปลือกมะขามไปผลิตเป็นแผ่นดูดซับเสียง (ณัฐพร เมาระพงษ์, 2557) และการนำเปลือกมะขามไปทำเป็นไม้อัด (พรชัย ราชตะนะพันธ์, 2558) แต่ก็ยังไม่ได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์จริงในปัจจุบัน ดังนั้นเพื่อเป็นการกำจัดขยะประเภทเปลือกมะขาม และสร้างมูลค่าให้กับเปลือกมะขาม โดยสามารถนำไปใช้งานได้จริงได้ ควรนำเปลือกมะขามไปผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง ซึ่งมีขั้นตอนการผลิตที่ง่ายและไม่ยุ่งยาก และสามารถใช้ในการชีวิตประจำวันสำหรับการหุงต้มในครัวเรือนได้ จากการศึกษาคุณสมบัติของเปลือกมะขามเมื่อนำไปเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส จะมีค่าคาร์บอนคงตัวสูงถึง 89.31 เปอร์เซ็นต์ (นิชนันท์ คำวนสินธุ์ และคณะ, 2550) ซึ่งถือว่าเป็นคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงที่เหมาะสม

สำหรับนำไปใช้ผลิตถ่านอัดแท่งได้ หากนำไปผลิตเป็นถ่านอัดแท่งก็อาจจะส่งผลให้มีคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงที่ดีขึ้น โดยเฉพาะค่าความร้อน เมื่อเทียบกับกะลามะพร้าวที่มีค่าความร้อน 4,830 kcal/kg

ดังนั้นหากมีการนำเปลือกมะขามมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง ก็อาจจะสามารถทำให้เพิ่มคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งได้ และสามารถใช้ทดแทนถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวที่นิยมใช้และมีจำหน่ายตามท้องตลาดอยู่ในปัจจุบันได้ โดยการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามใช้ขึ้นรูปด้วยวิธีการแบบอัดเย็น โดยใช้ตัวประสาน คือ แป้งมันสำปะหลัง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามขึ้นมา โดยกำหนดอัตราส่วนผสมวัตถุดิบระหว่าง ผงถ่าน: ตัวประสาน: น้ำ ทั้งสิ้น 3 สูตร ได้แก่ อัตราส่วน 1 : 1 : 0.75, 2 : 1 : 0.50 และ 3 : 1 : 0.25 โดยน้ำหนัก ซึ่งอ้างอิงอัตราส่วนผสมมาจากการวิจัยของพงษ์ศักดิ์ อยู่มั่น แล้วทำการทดสอบเพื่อศึกษาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามที่ผลิตขึ้นมาตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่งชุมชน มพช. 238/2547 ได้แก่ ลักษณะของถ่านอัดแท่ง การใช้งานเมื่อติดไฟ ปริมาณความร้อน ค่าความชื้น และ ค่าดัชนีการแตกร่วน นอกจากนี้ยังทำการศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนที่ได้จากถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามที่ผลิตขึ้นมาอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1 เพื่อผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม
- 1.2.2 เพื่อทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม

1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

- 1.3.1 ศึกษาข้อมูล ทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 1.3.2 เตรียมวัตถุดิบสำหรับผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม
- 1.3.3 ทำการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม
- 1.3.4 ทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม และทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม
- 1.3.5 วิเคราะห์ผลการทดสอบ
- 1.3.6 สรุปและจัดทำเล่มรายงานวิจัย

1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.4.1 กิจกรรมที่ 1 ผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม

1.4.1.1. เปลือกมะขามที่ใช้สำหรับการผลิตถ่านอัดแท่ง คือ เปลือกมะขามจากจังหวัดเพชรบูรณ์

1.4.1.2. การผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม ใช้กระบวนการอัดเย็น

1.4.1.3. ตัวประสานที่ใช้ในการผลิต คือ แป้งมันสำปะหลัง

1.4.1.4. อัตราส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม คือ ผงถ่านจากเปลือกมะขาม โดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน อัตราส่วน 1 : 1 : 0.75, 2 : 1 : 0.50 และ 3 : 1 : 0.25 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ (พงษ์ศักดิ์ อยู่มน, 2559)

1.4.1.5. พื้นที่ใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่ง คือ โรงงานผลิตถ่านอัดแท่งที่ได้รับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่งในจังหวัดเพชรบูรณ์ และสาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตและการจัดการ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

1.4.2 กิจกรรมที่ 2 การทดสอบคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม

1.4.2.1. ตัวแปรที่ศึกษาในการทดสอบของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม คือ ปริมาณความร้อน, ค่าดัชนีการแตกร่วน และประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน

1.4.2.2. พื้นที่ในการทดสอบคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม คือ สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และหน่วยงานรับบริการทดสอบสมบัติของเชื้อเพลิง

1.5 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการ

1.5.1. เปลือกมะขามเป็นชีวมวลสามารถนำไปผลิตเป็นถ่านอัดแท่งได้

1.5.2. เปลือกมะขามเมื่อนำไปเผาที่อุณหภูมิสูงจะมีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูง สามารถนำเปลือกมะขามไปทำเป็นถ่านอัดแท่งที่มีคุณสมบัติตรงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่งชุมชน มผช. 238/2547 ได้

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.6.1. ได้ถ่านอัดแท่งที่เป็นเชื้อเพลิงพลังงานจากชีวมวล ซึ่งสามารถนำไปใช้หุงต้มได้
- 1.6.2. ได้ทราบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม
- 1.6.3. ได้ทราบผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามเทียบกับถ่านอัดแท่งที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับมะขาม

มะขาม เป็นต้นไม้เขตร้อน มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปแอฟริกาแถบประเทศซูดาน ต่อมามีการนำเข้ามาในประเทศแถบเขตร้อนของทวีปเอเชีย ประเทศแถบลาตินอเมริกา และประเทศเม็กซิโก (ณัฐพร เมาระพงษ์, 2557)

2.1.1 ลักษณะทั่วไปของมะขามหวาน

มะขามหวาน เป็นไม้ผลที่มีทรงพุ่มขนาดใหญ่ ปลูกได้ดีในสภาพพื้นที่ฝนตกไม่ชุกมากนัก ฤดูกาลเก็บเกี่ยวผลผลิตจะเริ่มตั้งแต่เดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์

ลักษณะฝักหรือผล (pods or fruits) ของมะขามหวาน มีลักษณะเป็นฝักเดี่ยวยาว มีหลายเมล็ดประมาณ 1–10 เมล็ด ฝักอ่อนจะมีสีเขียวและมีสะเก็ด (scurfy) สีน้ำตาลปกคลุม เมื่อฝักแก่จะแข็งเป็นสีน้ำตาล เปลือกจะแยกออกจากเนื้อ (pulp) ซึ่งหุ้มแต่ละเมล็ดเชื่อมต่อกันทั้งฝัก มะขามหวานมีฝักลักษณะรูปร่างต่าง ๆ มีขนาดเล็กจนถึงใหญ่ พอลูกจะแบ่งตามลักษณะของฝัก ได้ดังนี้

2.1.1.1 ฝักดิ่งหรือตรง เป็นมะขามที่มีลักษณะของฝักเหยียดตรงรูปร่างคล้ายกระบอกหัวท้ายมน ฝักไม่โค้งหรืองอ เวลาติดฝักอยู่กับต้น ปลายฝักจะห้อยชี้ลงเป็นแนวตรงได้แก่พันธุ์ขันตี, อินทผลัม และศรีชมพู

2.1.1.2 ฝักคาบ เป็นมะขามที่มีลักษณะของฝักคล้าย ๆ กับฝักดิ่งแต่จะโค้งงอเล็กน้อย เหมือนกับรูปมิดคาบ ฝักอาจจะกลมหรือค่อนข้างแบนได้แก่ พันธุ์แจ้ห่ม, ฟากเลย, ปากดุก และอินทผลัม

2.1.1.3 ฝักง้องหรือโค้ง เป็นมะขามที่มีลักษณะของฝักกลมยาวโค้งงอ บางทีเกือบเป็นวงกลมเหมือนง้องวง ได้แก่ พันธุ์หมื่นจง สีทอง และพันธุ์หลังเต๊ก

2.1.1.4 ฝักดุก เป็นมะขามที่มีลักษณะของฝักแบนเป็นเหลี่ยม ฝักเล็กอาจจะโค้งหรือตรง มีเนื้อน้อย น้ำหนักเบา บางทีเรียกว่ามะขามจี๊แมว มะขามกระดุก และมะขามฝักแป

2.1.2 สายพันธุ์ของมะขามหวาน

มะขามหวานที่มีการปลูกในประเทศไทยในแต่ละพื้นที่พันธุ์ที่ใช้ปลูกจะแตกต่างกันออกไป และพันธุ์มะขามหวานที่นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบูรณ์ (วิทยา หนูช่างสิงห์, 2552) มีดังนี้

2.1.2.1 พันธุ์หมื่นจง

ประวัติความเป็นมาของมะขามหวานพันธุ์หมื่นจง นายสิม พุทธสิมมา เป็นเจ้าของดั้งเดิม มีลักษณะประจำพันธุ์ของพันธุ์หมื่นจง เปลือกของฝักเป็นสีน้ำตาลเข้มเนื้อสีเหลืองเหมือนฟักทองกวนเปลือกลำต้นเข้มเกือบดำ ใบใหญ่สีเขียวสด ใบไม่มาก และไม่หนาทึบ ฝักมีขนาดปานกลาง ฝักโค้งเป็นรูปวงฆ้อง บางฝักโค้งเกือบจรดกัน เมล็ดเล็ก เนื้อหนา มีรสหวาน เป็นมะขามพันธุ์หนักเก็บเกี่ยวเข้าฝักแก่เก็บได้ประมาณเดือนกุมภาพันธ์ น้ำหนักฝักประมาณ 30-35 ฝักต่อกิโลกรัม มีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลสูงถึงร้อยละ 45.20 ข้อเสียของพันธุ์นี้คือ เป็นพันธุ์ที่มีใบน้อย ทำให้ติดดอกออกฝักไม่ค่อยดก และมักออกเว้นปีถ้ากระทบฝนช่วงฝักแก่ฝักจะแตก ในปัจจุบันไม่ค่อยนิยมปลูกกัน

2.1.2.2 พันธุ์สีทอง (พันธุ์นายหยัด)

มีลักษณะเปลือกของลำต้นสีค่อนข้างขาวนวลลายแตกของเปลือกละเอียด ใบใหญ่และบาง ใบมีน้อย ออกดอกช้ากว่าพันธุ์อื่น ๆ ถ้าฝนแรกมาช้าจะออกดอกช้า ลักษณะฝักโค้ง ใหญ่ยาว เมล็ดเล็ก เป็นพันธุ์ที่มีขนาดฝักใหญ่ เนื่องจากมะขามหวานพันธุ์นี้เป็นมะขามหวานพันธุ์หนัก ฝักเลยแก่ช้า ฝักแก่เก็บได้ราวๆ ปลายเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม การติดฝักไม่ค่อยจะดก และมักออกปีเว้นปี พันธุ์นี้เคยชนะเลิศการประกวดประเภทฝักโค้งใหญ่มาเกือบทุกปี จำนวนฝักประมาณ 25-30 ฝักต่อกิโลกรัม

2.1.2.3 พันธุ์ขันตี

ลักษณะประจำของพันธุ์ขันตี เข้าใจว่ากลายพันธุ์จากหมื่นจงหรือสีทอง เจ้าของเดิมคือ นายขันตี แก้ววงษ์ อยู่ที่ 31 หมู่ 11 ตำบลท่าพล อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ลักษณะประจำพันธุ์ของพันธุ์ขันตี ใบถี่และเล็ก ใบหนาสีเขียวเข้ม ลักษณะทรงพุ่มคล้ายพันธุ์น้ำผึ้งมาก ลำต้นคล้ายพันธุ์สีทอง คือเปลือกค่อนข้างขาว มีลายแตกตามยาวละเอียดกว่าพันธุ์สีทอง ฝักค่อนข้างตรง แต่ฝักสั้นกว่า และมองเห็นเป็นข้อปล้องชัดเจนกว่าพันธุ์ศรีชมภู ออกดอกเดือนพฤษภาคม และเก็บได้ประมาณต้นเดือนมกราคม ผลผลิตเฉลี่ย 50 กิโลกรัมต่อต้น (อายุ 6-7 ปี) พันธุ์นี้ได้รับการส่งเสริมโดย คุรุนิยม เหมพนม ครูใหญ่โรงเรียนบ้านท่าพล อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ เป็นพันธุ์ที่ผลผลิตดกดีมากเพราะว่าดกไม่เว้นปี

2.1.2.4 พันธุ์อินทผลัม

เจ้าของชื่อนายไผ่ ลักษณะประจำพันธุ์ของพันธุ์อินทผลัม ลายแตกของเปลือกลำต้นละเอียดพอ ๆ กับหมื่นจงแต่ว่าหยาบกว่าพันธุ์ขันธ์ดี ใบเขียวเข้มทึบ ใบใหญ่และถี่ปานกลาง ยอดอ่อนมีสีเขียวอ่อน ทรงพุ่มค่อนข้างไปทางทรงกระบอก ฝักค่อนข้างโค้งบ้างไม่มาก แบนเรียบ ค่อนข้างกลม เนื้อเป็นสีน้ำตาลเหมือนสีเนื้ออินทผลัม เนื้อฉ่ำ เมล็ดอ่อน มีรสชาติอร่อยเฉพาะตัว ฝักแก่ประมาณกลางเดือนธันวาคมถึงปลายเดือนธันวาคม ซึ่งแก่พร้อมกับพันธุ์ศรีชมภู ผลผลิตปานกลาง ทนแล้งได้ดีกว่าพันธุ์อื่น ๆ แต่มีข้อเสีย คือ มีเมล็ดใหญ่

2.1.2.5 พันธุ์ประกายทอง

ถิ่นกำเนิดที่บ้านโป่งตาเบา หมู่ที่ 14 ตำบลชนแดน อำเภอนนทบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ ลักษณะประจำพันธุ์ เปลือกของลำต้นเรียบเกลี้ยงเล็กน้อยพันธุ์อินทผลัม แต่สีของเปลือกเป็นสีเทาอ่อน ยอดอ่อนมีสีเขียวอมเหลือง ดอกเหลืองอ่อนเช่นเดียวกับพันธุ์อินทผลัม น่าจะกลายพันธุ์จากอินทผลัม แต่ฝักมีขนาดใหญ่กว่า ฝักกลมตรง โค้งเล็กน้อย รสชาติหวานสนิท เมล็ดเล็กกรอบ เปลือกบาง แก่เร็ว เป็นมะขามหวานพันธุ์เบาซึ่งเก็บเกี่ยวได้ในเดือนธันวาคม ในบางปีอาจสุกตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ ข้อเสียของพันธุ์ประกายทองคือเกิดเชื้อราสาเหตุมาจากเปลือกบาง เนื้อหนามาก ความชื้นในฝักสูง การเก็บฝักต้องเก็บอย่างระมัดระวังเป็นพิเศษ เนื่องจากเป็นมะขามหวานที่มีฝักขนาดใหญ่และติดฝักคกถ้าเสมอ จึงต้องให้ปุ๋ยอย่างพอเพียงเพื่อไม่ให้รสชาติเปลี่ยนแปลงไป

2.1.2.6 พันธุ์ศรีชมภู

เจ้าของต้นพันธุ์เดิมชื่อ นายตา คำเที่ยง นำมาจากเวียงจันทน์ ประเทศลาว พ.ศ. 2581 มาปลูกที่บ้านน้ำร้อน ตำบลน้ำร้อน อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ปี พ.ศ. 2503 ครูอุดม ศรีชมภู ครูใหญ่โรงเรียนบ้านน้ำร้อน ได้ทราบถึงมาปลูกและส่งเสริมให้โด่งดังมาจนถึงปัจจุบันนี้ แต่เดิมนั้นชื่อว่า “พันธุ์น้ำร้อน” ลักษณะประจำพันธุ์ของพันธุ์ศรีชมภู ใบสีเขียวแก่ยอดอ่อนสีแดงเข้มออกแดงปนเหลืองมองเห็นได้ชัด ยอดอ่อนกว่าอินทผลัม ทรงพุ่มเป็นทรงกระบอกแน่นทึบ เปลือกลำต้นสีน้ำตาลเข้มลายแตกของเปลือกต้นหยาบ ฝักใหญ่และยาวค่อนข้างตรงและกลม ที่ตรงฝักมีร่องอกแบนหรือเรียกว่า “ท้องปิง” เปลือกฝักสีน้ำตาลอ่อนปนเทา เนื้อมีรสหวานสนิท บางต้น อมเปรี้ยวนิด ๆ เนื้อสีน้ำตาลอมเหลือง สาแทรก (รก) มีเนื้อน้อย เชื้อหุ้มเมล็ดบางไม่เหนียว ความดกปานกลางถึงดกมาก เป็นมะขามหวานพันธุ์เบารองมาจากพันธุ์น้ำผึ้ง ฝักแก่เก็บได้ประมาณเดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ เป็นพันธุ์ที่เจริญเติบโตเร็ว มะขามหวานพันธุ์ศรีชมภูนี้มีข้อสังเกตอยู่ว่ารสชาติเปลี่ยนได้ง่ายในบางต้น ตามสภาพดินฟ้าอากาศของแต่ละปี คือถ้าปีไหนแล้งจัด ต้นไม่สมบูรณ์หรือฝนตกชุกเกินไป รสชาติออกมาอมเปรี้ยวบ้าง แต่ไม่ถึงกับเสียรสชาติ

มะขามหวานไปมากนัก จุดอ่อนอีกอย่างหนึ่งคือเปลือกบาง ฝักแตกง่าย การเก็บเกี่ยวหรือการบรรจุกล่องหรือการขนส่งต้องทำอย่างระมัดระวัง

2.2 การแปรรูปมะขาม

วิธีในการแปรรูปมะขามมีอยู่หลายวิธี ได้แก่ การแปรรูปโดยใช้ความร้อน การแปรรูปโดยใช้ความเย็น การแปรรูปโดยการทำให้แห้ง การแปรรูปโดยการหมักดอง การแปรรูปโดยใช้สารเคมี และการแปรรูปโดยการฉายรังสีอาหาร (food irradiation) ซึ่งการแปรรูปของมะขาม จะนำเอามะขามที่แกะเมล็ดแล้วมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น มะขามอบบ๊วย มะขาม 5 รส ท็อฟฟี่มะขาม มะขามกวน มะขามไร้มล็ด เป็นต้น (วิทยา หนูช่างสิงห์, 2552)



รูปที่ 2.1 แสดงมะขาม 5 รส และท็อฟฟี่มะขาม

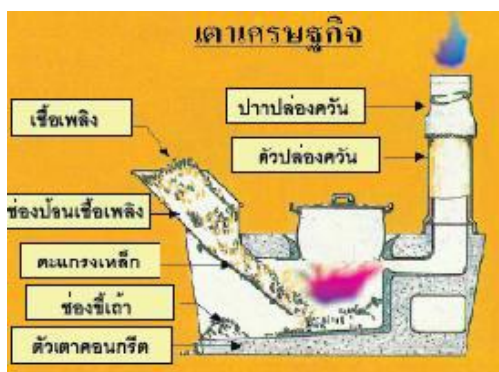
จากการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มะขามรูปแบบต่างๆ รวมไปถึงการส่งออกเนื้อมะขาม ทำให้มี ส่วนที่เหลือจากการใช้ประโยชน์จากมะขาม คือ เปลือกมะขาม โดยเปลือกมะขามจัดว่าเป็นชีวมวล ที่เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอีกชนิดหนึ่ง ที่ควรนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด มีงานวิจัยที่มีการพยายามจะเพิ่มมูลค่าให้กับเปลือกมะขาม แต่ถึงแม้ก็ยังไม่ได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์จริงในปัจจุบัน เช่น การผลิตถ่านกัมมันต์จากเปลือกมะขาม เพื่อใช้กรองอากาศในโรงงานอุตสาหกรรมพันธุกรรม (นิพนธ์ คำนวนสินธุ์ และคณะ, 2550) , การนำเปลือกมะขามมาทำเป็นแผ่นขึ้นไม้อัด (พรชัย ราชตะนันทน์, 2558) และการนำเปลือกมะขามมาทำเป็นแผ่นวัสดุดูดซับเสียง (ณัฐพร เมระพงษ์, 2557) เป็นต้น จะสังเกตเห็นได้ว่าเป็นการนำเปลือกมะขามไปสร้างมูลค่ากับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ถูกใช้งานอยู่เป็นประจำ ใช้ได้กับผู้ใช้งานที่ไม่หลากหลาย จึงไม่ได้ถูกนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์จริง ดังนั้นเพื่อเป็นสร้างมูลค่าให้กับเปลือกมะขาม โดยสามารถนำไปใช้งานได้จริงได้ สามารถใช้งานผลิตภัณฑ์ได้อย่างสม่ำเสมอ และผู้ใช้งานมีความหลากหลาย จึงควรนำเปลือกมะขามไปผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง ซึ่งมีขั้นตอนการผลิตที่ง่ายและไม่ยุ่งยาก และสามารถใช้ในการชีวิตประจำวันสำหรับการหุงต้มในครัวเรือนได้ นอกจากนี้ยังช่วยกำจัดขยะประเภทเปลือกมะขามจากการแปรรูปมะขามได้

2.3 ชีวมวล

ชีวมวล (Biomass) คือ สารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติและสามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานได้ สารอินทรีย์เหล่านี้ได้มาจากพืชและสัตว์ต่างๆ เช่น เศษไม้ ขยะ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร การใช้งานชีวมวลเพื่อให้ได้พลังงานอาจจะทำได้โดย นำมาเผาไหม้เพื่อนำพลังงานความร้อนที่ได้ไปใช้ ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าทดแทนพลังงานจากฟอสซิล (เช่น น้ำมัน) ซึ่งมีอยู่อย่างจำกัดและอาจหมดลงได้ ชีวมวลเหล่านี้มีแหล่งที่มาต่างๆ กัน อาทิ พืชผลทางการเกษตร (agricultural crops) เศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร (agricultural residues) ไม้และเศษไม้ (wood and wood residues) หรือของเหลือจากจากอุตสาหกรรมและชุมชน ตัวอย่างเช่น แกลบ ได้จากการสีข้าวเปลือก, ชานอ้อย ได้จากการผลิตน้ำตาลทราย, เศษไม้ ได้จากการแปรรูปไม้ยางพาราหรือไม้ยูคาลิปตัสเป็นส่วนใหญ่ และสวนป่าที่ถูกไว้, กากปาล์ม ได้จากการสกัดน้ำมันปาล์มดิบออกจากผลปาล์มสด, กากมันสำปะหลัง ได้จากการผลิตแป้งมันสำปะหลัง ชังข้าวโพด ได้จากการสีข้าวโพดเพื่อนำเมล็ดออก, กาบและกะลามะพร้าว ได้จากการนำมะพร้าวมาปอกเปลือกออกเพื่อนำเนื้อ มะพร้าวไปผลิตกะทิ และน้ำมันมะพร้าว, ลำเหล้ม ได้จากการผลิตแอลกอฮอล์ เป็นต้น (วนิดา จาดคำ, 2548)

ศักยภาพชีวมวลของประเทศไทย หากพิจารณาจากความสะดวกต่อการนำมาใช้งาน จะเห็นได้ว่าชีวมวลจำพวก อ้อยและแกลบ มีศักยภาพ เพราะสามารถรวบรวมได้จากโรงงาน หากนำส่วนที่เหลือ จากการใช้ประโยชน์อย่างอื่นแล้ว มาใช้ประโยชน์ต่อไป สำหรับการใช้ประโยชน์จากพลังงานชีวมวล สามารถใช้ได้ทั้งในรูปของพลังงานความร้อน ไอน้ำ หรือผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า โดยจะใช้เชื้อเพลิงชีวมวลชนิดใดชนิดหนึ่ง ที่กล่าวมาข้างต้น หรือหลายชนิดรวมกันก็ได้ชีวมวล จึงเป็นแหล่งเชื้อเพลิงราคาถูก หากมีการใช้ประโยชน์ ในบริเวณที่ไม่ไกลจากแหล่งเชื้อเพลิงมากนัก เพื่อลดต้นทุนในการขนส่ง (สมเดช ศิริโสภณ และคณะ, 2554)

การใช้ประโยชน์จากพลังงานชีวมวล สามารถใช้ได้ทั้งในรูปของพลังงานความร้อน ไอน้ำ หรือผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า โดยจะใช้เชื้อเพลิงชีวมวลชนิดใดชนิดหนึ่ง ที่กล่าวมาข้างต้น หรือหลายชนิดรวมกันก็ได้ชีวมวล จึงเป็นแหล่งเชื้อเพลิงราคาถูก หากมีการใช้ประโยชน์ ในบริเวณที่ไม่ไกลจากแหล่งเชื้อเพลิงมากนัก เพื่อลดต้นทุนในการขนส่ง (สมเดช ศิริโสภณ และคณะ, 2554)



รูปที่ 2.2 เตาเศรษฐกิจ

ที่มา: <http://www.planenergy.co.th/node/431>



รูปที่ 2.3 เตาเพิ่มประสิทธิภาพความร้อน

ที่มา: <http://www.planenergy.co.th/node/431>



รูปที่ 2.4 เตาแก๊สซีฟิเออร์

ที่มา: <http://www.planenergy.co.th/node/431>

พื้นฐานง่าย ๆ ที่ประเทศเรานำชีวมวลมาใช้ในภาคชนบทคือ เป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้มอาหาร ผ่านเทคโนโลยีง่าย ๆ เช่น เตาฟืน เตาถ่านชนิดต่างๆ เตาแก๊ส เตาแก๊สชีฟไฟเออร์ เป็นต้น และผ่านเทคโนโลยีที่ซับซ้อนขึ้น เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า โดยมีระบบหลักๆ อยู่ทั้งหมด 5 ระบบ คือ

1. การเผาไหม้โดยตรง (Direct-Fired)
2. การเผาไหม้โดยใช้เชื้อเพลิงสองชนิดขึ้นไป (Cofiring)
3. แก๊สซิฟิเคชัน (Gasification)
4. การย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic Digestion)
5. ไพโรไลซิส (Pyrolysis) ชีวมวล มีอยู่ทั่วไปในประเทศไทย

ชีวมวล มีอยู่ทั่วไปในประเทศไทย การนำชีวมวลมาใช้ จึงช่วยลดการสูญเสียเงินตราต่างประเทศ ในการนำเข้าเชื้อเพลิง และสร้างรายได้ให้กับคนท้องถิ่น นอกจากนี้การผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิงชีวมวล ด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสม จะไม่ก่อให้เกิดมลภาวะ และไม่สร้างสภาวะเรือนกระจก เนื่องจากการปลูกทดแทน ทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดการหมุนเวียน และไม่มีการปลดปล่อยเพิ่มเติม เรายังมุ่งหวังว่าการพัฒนาโครงการ เกี่ยวกับชีวมวล จะสามารถเสริมสร้างความเข้มแข็ง และ การมีส่วนร่วมของชุมชนได้อีกด้วย (สมเดช ศิริโสภณ และคณะ, 2554)

2.4 ถ่านอัดแท่ง

ถ่านอัดแท่ง (charcoal briquettes) คำว่า charcoal หมายถึง ถ่าน หรือ คาร์บอน ส่วนคำว่า briquette หมายถึง วัสดุที่สามารถให้ความร้อนที่มีลักษณะเป็นก้อนหรือแท่ง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ ถ่านที่นำมาขึ้นรูปเป็นแท่งหรือก้อน เพื่อนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อนพุดถึงเรื่องพลังงานทางด้านเชื้อเพลิง “ถ่าน” ก็เป็นส่วนหนึ่งที่ใช้ในครัวเรือน ในการประกอบอาหารประเภทปิ้งย่าง ฯลฯ โดยเฉพาะอาชีพค้าขายประเภทดังกล่าว เช่น ไก่ย่าง เป็นต้น ที่ต้องใช้ถ่านเป็นประจำ วัตถุดิบในการผลิตถ่านอัดแท่ง มีหลากหลายชนิด เช่น ช้างข้าวโพด กะลามะพร้าว แกลบ จี่เลื้อย ฟางข้าว ชานอ้อย ต้นมันสำปะหลัง เหง้ามันสำปะหลัง หล้าคา หล้าขจรจบ ไมยราบ ผักตบชวา ใบจามจุรี กะลาปาล์ม ต้นฝ้าย ต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ กากทานตะวัน เปลือกทุเรียน เศษถ่านหุงต้มที่เหลือใช้จากการใช้แล้ว ฯลฯ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยต่างๆ มากมายที่ได้นำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง เช่น เปลือกทุเรียน (นริศ ชุตสว่าง, 2556) กากชาเขียว (วนิดา จาดคำ, 2548) เปลือกทุเรียนและไม้เงาะ (ไกรสร รวยป้อม และคณะ, 2559) กะลามะพร้าวและเหง้ามันสำปะหลัง (รุ่งโรจน์ พุทธิสกุล และคณะ, 2553) เปลือกมังคุด (ธเนศ ไชยชนะ, 2557) กะลามะพร้าวโดยใช้โสมลาส (ประสาน สถิตเรืองศักดิ์ และคณะ, 2548) กากมะพร้าว (ศิริชัย ต่อสกุล

และคณะ, 2555) กากกาแฟ (พงษ์ศักดิ์ อยู่มั่น, 2559) กากกาแฟและกากชา (นฤภัทร ตั้งมั่นคงวรกุล และคณะ, 2558) เป็นต้น

เมื่อหลายปีก่อน คนเราจะคุ้นเคยและเคยชินกับถ่านไม้เท่านั้น ซึ่งได้จากการนำแท่งฟืนไม้ มาเผาเป็นถ่าน แต่ด้วยพระอัจฉริยภาพอันยาวไกลของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว พระองค์ทรงเล็งเห็นเกี่ยวกับการขาดแคลนไม้ในอนาคต รวมทั้งพลังงานด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านน้ำมัน พระองค์ทรงมีพระราชดำริ ให้วิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนน้ำมันตั้งแต่ราคาน้ำมันยังถูกๆ แต่ด้วยสายพระเนตรอันยาวไกลของพระองค์ท่าน จึงเกิดโครงการในพระราชดำริต่างๆ มากมายในปัจจุบัน ในด้านการผลิตถ่าน พระองค์ทรงมีพระราชดำริในการนำวัสดุเหลือใช้ เช่น ผักตบชวา มาอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิง ซึ่งเรียกว่า “เชื้อเพลิงเขียว” และถ่านจากแกลบ ซึ่งปัจจุบันโครงการสวนพระองค์ในสวนจิตรดา ก็มีโครงการเกี่ยวกับการผลิตถ่านอัดแท่ง ซึ่งเปิดให้ประชาชนทั่วไปเข้าเยี่ยมชม เพื่อจะได้นำความรู้ไปพัฒนาสำหรับการประกอบอาชีพให้เหมาะสมกับตนเองเพื่อความ เป็นอยู่ที่พอเพียงต่อไป

2.5 หลักการผลิตถ่านอัดแท่ง

หลักการผลิตถ่านอัดแท่งมี 2 วิธี คือ

2.5.1 การอัดร้อน

การอัดร้อน เป็นการอัดวัสดุโดยที่วัสดุไม่จำเป็นต้องเป็นถ่านมาก่อน เมื่ออัดเป็นแท่งเสร็จแล้ว ค่อยนำเข้าเตาให้เป็นถ่านอีกครั้งหนึ่ง วัสดุที่สามารถผลิตโดยวิธีการอัดร้อน ขณะนี้มี 2 ชนิด คือ แกลบ และขี้เลื่อย เพราะวัสดุทั้ง 2 ชนิดนี้เมื่อโดนอัดด้วยความร้อน จะมีสารในเนื้อของ วัสดุยึดตัวมันเอง จึงทำให้สามารถยึดเกาะเป็นแท่งได้ โดยที่ไม่ต้องใช้ตัวประสาน โดยที่เครื่องอัด ต้องเป็นเครื่องอัดชนิดอัดร้อน ซึ่งราคาค่อนข้างสูง

2.5.2 การอัดเย็น

การอัดเย็น เป็นการอัดวัสดุที่เผาถ่านมาแล้ว แล้วนำมาผสมกับแป้งมันหรือวัสดุ ประสานอื่นๆ โดยทั่วไปจะเป็นแป้งมัน ถ้าวัสดุใดมีขนาดใหญ่ เช่น กะลามะพร้าว เมื่อผ่านการเผา แล้ว ต้องมีเครื่องบดให้ละเอียดก่อน แล้วค่อยนำมาผสมกับแป้งมันและนำไปอัดตามส่วนที่ ต้องการ (วนิดา จาคดำ, 2548)

2.6 กระบวนการในการผลิตถ่านอัดแท่ง

วัสดุเหลือใช้ต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ต้องผ่านการแปรรูปให้เหมาะสมก่อน โดยมีกระบวนการแปรรูปเพื่อผลิตถ่านอัดแท่ง (นริศ ชุคสว่าง, 2556) มีดังนี้

2.6.1 กระบวนการผลิตถ่าน

ถ่าน คือ ไม้ที่ได้จากการเผาไหม้ภายในบริเวณที่มีอากาศอยู่เบาบาง หรือ กระบวนการแยกสารอินทรีย์ภายในไม้ในสภาวะที่มีอากาศอยู่น้อยมาก เมื่อมีการให้ความร้อนระหว่างกระบวนการของคาร์บอนสูงและไม่มีความชื้น ทำให้ปริมาณพลังงานในถ่านสูง โดยมีค่าเป็นสองเท่าของปริมาณพลังงานในไม้แห้ง สำหรับกระบวนการที่ทำให้สารอินทรีย์ในเนื้อไม้เปลี่ยนรูปเป็นถ่าน เรียกว่า Carbonization ซึ่งสามารถแยกกระบวนการดังกล่าวออกเป็น 4 ขั้นตอน ขั้นตอนแรก คือ การเผาไหม้ (Combustion) เป็นกระบวนการที่ต้องการปริมาณออกซิเจนจำนวนมากระหว่างการเกิดคาร์บอนในเซชัน โดยให้ความร้อนกับวัสดุภายในเตาเผาถ่าน ในขั้นตอนที่ 2 จะเป็นปฏิกิริยาประเภทดูดความร้อน เพื่อไล่ความชื้นออกจากเนื้อวัสดุ ซึ่งในขั้นตอนนี้จะให้อุณหภูมิจนถึง 270 องศาเซลเซียส ความชื้นจะค่อยๆ ลดลงจนกระทั่งหมดไป ซึ่งสังเกตได้จากปริมาณไอน้ำสีขาวที่เกิดขึ้นจนหนาทึบ ส่วนในขั้นตอนที่ 3 ของกระบวนการจะเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน จะเกิดก๊าซต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) นอกจากนี้ยังเกิดกรดอะซิติก เมทิลแอลกอฮอล์ และสารพวกน้ำมันดิน ในขั้นตอนนี้อาจประกอบที่ระเหยได้ที่ยังคงอยู่ในกระบวนการจะถูกขับออกไป ซึ่งจะทำให้ปริมาณคาร์บอนของถ่านเพิ่มขึ้น สำหรับในขั้นตอนที่ 4 เป็นการนำผลิตภัณฑ์ถ่านมาทำให้เย็น ซึ่งจะใช้เวลาหลายชั่วโมง ขึ้นอยู่กับชนิดของเตาเผาที่ใช้ในการผลิต คุณภาพของถ่านที่ผู้ซื้อยอมรับได้ คือ ต้องมีปริมาณคาร์บอนคงตัว 70 เปอร์เซ็นต์ สารระเหยได้ต้องน้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ จีเถ้าประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ และความหนาแน่นประมาณ 0.25 – 0.30 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งถ่านจะมีคุณสมบัติเปราะปานกลาง

2.6.2 กระบวนการบดย่อย

ผงถ่านที่นำมาใช้ในการอัดแท่งจะต้องละเอียดพอที่จะนำไปขึ้นรูปได้ดี ขนาดของผงถ่านที่ใช้ขึ้นขึ้นอยู่กับชนิดของถ่านและวิธีการทำผงถ่านให้เป็นแท่ง วิธีการบดย่อยสามารถทำได้หลายวิธี ไม่ว่าจะเป็นการใช้เครื่องบด เครื่องสับ และเครื่องป่นวัสดุ จากการอัดขึ้นรูปผงถ่านขนาดต่างๆ พบว่าในปริมาณตัวประสารที่เท่ากันผงถ่านขนาดเล็กมีแนวโน้มในการขึ้นรูปได้ดีกว่าและสามารถรับน้ำหนักที่ทำให้ถ่านอัดแท่งแตกหักได้ดีกว่าผงถ่านที่มีขนาดใหญ่

2.6.3 กระบวนการผสม

การผสมวัตถุดิบสำหรับใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่ง ได้แก่ ผงถ่าน: ตัวประสาน : น้ำ ซึ่งจะทำให้การผสมตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้

2.6.4 กระบวนการอัดแท่ง

ขั้นตอนในการอัดส่วนผสมเป็นแท่งนี้ เป็นขั้นตอนในการกำหนดรูปร่างและความแน่นของเนื้อถ่านอัดแท่ง โดยที่ขนาดและรูปร่างนั้นขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการใช้งาน และความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งวิธีที่ง่ายที่สุดก็คือ การใช้มือปั้นและอัดส่วนผสมเป็นแท่ง แม้ว่าแรงอัดด้วยวิธีนี้จะไม่มากนัก จากการศึกษาถึงความหนาแน่นของฟืนอัด พบว่าฟืนอัดที่มีความหนาแน่นระหว่าง 0.35 – 0.45 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร นั้นเหมาะในการอัดด้วยวิธีการกระทุ้ง การตีไฟง่ายและไฟไม่มอดเมื่อเติมเชื้อเพลิง สำหรับฟืนอัดที่มีความหนาแน่น 0.50 – 0.55 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตีไฟยากและมอดง่ายเมื่อเติมเชื้อเพลิง ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นเหมาะสม จะช่วยให้เกิดการลุกไหม้ ให้ความร้อนได้นาน ส่วนเชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นน้อยเกินไปจะทำให้เกิดการลุกไหม้ยากและมอดเร็ว ไม่สะดวกต่อการใช้งาน เพราะต้องเติมเชื้อเพลิงบ่อยๆ แต่เชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นมากเกินไป จะทำให้การลุกไหม้เกิดความร้อนไม่สะดวก และบางครั้งอาจทำให้เชื้อเพลิงดับอีกด้วย

2.6.5 การตากแห้ง

เนื่องจากเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้ยังมีปริมาณความชื้นสูง จึงต้องนำไปตากให้แห้ง เพื่อเป็นการลดความชื้นให้ไม่เกิน 8% มาตรฐานแห้ง และเพื่อให้เชื้อเพลิงแข็งตัว เกาะกันแน่น ซึ่งวิธีที่ง่ายที่สุดและถูกที่สุด สำหรับการทำให้แห้งก็คือการนำไปผึ่งแดดประมาณ 3 – 4 วัน แต่หากใช้เป็นห้องอบโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ จะช่วยลดเวลาในการทำงานให้สั้นลง นอกจากนี้เราอาจใช้ความร้อนจากเตาเผามาไล่ความชื้นจากแท่งไม้แห้ง ข้อควรระวังสำหรับวิธีนี้ก็คือ ต้องรักษาอุณหภูมิภายในห้องอบไม่ให้สูงเกินกว่าที่ทำให้ถ่านลุกไหม้ สำหรับเวลาที่ใช้ในการอบไล่ความชื้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นของส่วนผสมและชนิดของห้องอบที่ใช้

2.7 ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่ง

ค่าความร้อน (Heating Value) นำไปจัดแบ่งคุณภาพของเชื้อเพลิง นอกจากนี้ยังเป็นตัวแปรสำคัญที่จะบ่งชี้ปริมาณความร้อนที่ปล่อยออกมา ถ่านอัดแท่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่งกำหนดให้มีค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 5,000 แคลอรีต่อกิโลกรัม และค่าความชื้นต้องไม่เกิน 8% โดยน้ำหนัก ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเป็นตัวชี้สมบัติของเชื้อเพลิงอย่างหนึ่ง เชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนสูงถือว่าเป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพดี เช่น ถ่านที่มีค่าความร้อนสูงถือว่าเป็นถ่านที่มีคุณภาพดี แต่สำหรับการใช้ถ่านในการหุงต้มในครัวเรือนนั้น ถ่านที่ถือว่ามีคุณภาพดีที่สุดนั้นไม่จำเป็นต้องเป็นถ่านที่มีค่าความร้อนสูงสุด แต่ต้องมีสมบัติที่ดีของถ่านทางด้านอื่นๆ ด้วยคือ

1) การแตกประทุขณะติดไฟ ถ่านที่แตกปะทุขณะติดไฟ ผู้ใช้จะไม่ชอบ ไม่นิยมใช้ ดังนั้นถ่านที่มีคุณภาพดีจะไม่มีการแตกปะทุเลย หรือมีการแตกปะทุเล็กน้อยในช่วงเวลาที่แรกที่ติดไฟ

2) น้ำหนักถ่าน ถ่านหนักจะลุกไหม้ให้ความร้อนแรงได้นาน

3) ควัน ถ่านที่มีคุณภาพดีไม่ควรจะมีควัน และกลืนควันในขณะลุกไหม้

4) ความแข็งแรง ถ่านที่มีความแข็งแรงสูงจะช่วยลดการแตกหักหรือป่นเป็นผง ทำให้สะดวกต่อการใช้งาน การขนส่งและการเก็บรักษา

คุณสมบัติของถ่านอัดแท่งที่ดี สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ข้อหลักๆ ข้อแรก คือ คุณสมบัติด้านการจัดการ หมายถึง ถ่านอัดที่ได้ไม่ควรรวน หรือแตกแยกออกเป็นส่วนๆ ในระหว่างการจัดการเก็บรักษาและการเคลื่อนย้าย และข้อที่ 2 คือ คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง โดยจะเกี่ยวเนื่องกับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ รูปร่าง และความหนาแน่นที่ได้ ซึ่งในการปรับปรุงคุณสมบัติด้านการจัดการ โดยเพิ่มความหนาแน่นของถ่านอัดแท่ง จะมีผลกระทบต่อคุณสมบัติการเผาไหม้ด้วย (นริศ ชุกล่าง, 2556) นอกจากนี้ถ่านอัดแท่งยังมีข้อดี ดังนี้

- 1) มีขนาดและรูปร่างแบบเดียวกัน สามารถใช้ป้อนเป็นเชื้อเพลิงได้อย่างสะดวก
- 2) คุณสมบัติทางกายภาพ มีความร้อนที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้มในครัวเรือน
- 3) ปราศจากมลภาวะ ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ควบคุมมลภาวะที่มีราคาสูง
- 4) มีประสิทธิภาพในการเผาไหม้ที่สมบูรณ์
- 5) สะดวกต่อการเก็บและนำมาใช้งาน

2.8 การทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง

การทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง จะทดสอบตามมาตรฐาน ASTM (American Society for Testing and Materials) ดังนี้

2.8.1 ค่าความร้อน (Heating value)

ค่าความร้อน (Heating value) ใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 5865 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.8.1.1 เครื่องมือ

- Oxygen bomb calorimeter
- ปีกเกอร์
- บิวเรต

2.8.1.2 สารเคมี

- Methyl orange indicator
- สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 0.0709 นิวตัน

2.8.1.3 วิธีการทดสอบ

- 1) ตัดลวด (fuse wire) ยาวประมาณ 10 เซนติเมตร ผูกที่ปลายทั้งสองของแท่งเหล็กด้านล่าง ของฝาบอมบ์
- 2) ใส่ถ่านอัดแท่งที่ได้ประมาณ 1 กรัม ลงไปในถ้วย
- 3) วางถ้วยบนช่วงปลายเหล็กด้านฝาบอมบ์ จัดลวดให้สัมผัสตัวอย่างเติมน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร ลงไปในถ้วยบอมบ์
- 4) ประกอบฝาบอมบ์กับถ้วยบอมบ์ นำไปอัดออกซิเจนให้ได้ความดันประมาณ 30 บรรยากาศ นำไปวางในถังบรรจุบอมบ์
- 5) ใส่น้ำกลั่นที่มีอุณหภูมิประมาณ 24 องศาเซลเซียส ปริมาณ 2 ลิตร ลงในถัง (bucker) เสียบสายไฟที่ใช้ในการจุดระเบิด 2 เส้น เข้ากับถ้วยบอมบ์ แล้วปิดฝาเครื่อง
- 6) เปิดสวิทช์ อ่านอุณหภูมิของน้ำในถังบรรจุบอมบ์ (bucket) กับน้ำที่อยู่ในตัวหุ้ม (jacket) เมื่ออุณหภูมิทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน กดปุ่มจุดระเบิด บันทึกค่าอุณหภูมิเริ่มต้นและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนกระทั่งคงที่ จึงหยุดการทดลอง

- 7) นำตัวบอมบ์ออก จากนั้นปล่อยก๊าซออกจากตัวบอมบ์อย่างช้าๆ
- 8) ล้างฝา ตัวบอมบ์และถ้วยที่บรรจุถ่านอัดแท่งด้วยน้ำกลั่น
- 9) วัดความยาวหลอดที่เหลือ แล้วป้อนค่าเข้าสู่เครื่อง เครื่องจะทำการคำนวณแล้วพิมพ์ค่าความร้อนของตัวอย่างออกมาทางเครื่องพิมพ์

2.8.2 ปริมาณความชื้น (Moisture Content)

ปริมาณความชื้น (Moisture Content) ใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 3173 นำตัวอย่างมาวิเคราะห์ โดยให้ความร้อนลงในเตาอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เพื่อให้ไอน้ำระเหยออกจากตัวอย่าง ค่าความชื้นที่ได้สามารถคำนวณจากน้ำหนักของตัวอย่างที่ลดลง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.8.2.1 เครื่องมือ

- เตาอบ (Moisture Oven)
- เครื่องชั่งดิจิทัล

2.8.2.2 วิธีการทดลอง

- 1) เตรียมตัวอย่างการทดลองเชื้อเพลิง
- 2) นำตัวอย่างมาชั่งน้ำหนัก (W_1)
- 3) นำไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ประมาณ 3 ชั่วโมง
- 4) แล้วทำให้เย็น จึงนำไปชั่งน้ำหนัก (W_2)

2.8.2.3 สูตรการคำนวณ

$$M = \frac{(W_1 - W_2)}{W \times 100}$$

เมื่อ M = ร้อยละของปริมาณความชื้น

W_1 = น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_2 = น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

2.8.3 ดัชนีการแตกร้าวโดยวิธีทิ้งจากที่สูง (Drop Shatter Test)

ดัชนีการแตกร้าวโดยวิธีทิ้งจากที่สูง (Drop Shatter Test) ใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 3033 โดยนำแท่งถ่านใส่ถุงพลาสติกประมาณ 300 กรัม แล้วปล่อยจากที่สูง 1.80 เมตร ลง

คู่พื้นซีเมนต์ซ้ำๆ กัน 3 ครั้ง จากนั้นนำถ่านอัดแท่งไปร่อนด้วยตะแกรงขนาด 20 มิลลิเมตร นำส่วนของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่เหลือไปชั่งน้ำหนัก แล้วนำค่ามาหาดัชนีการแตกร่วน หรือดัชนีการแตกละเอียด

$$\text{สูตร} \quad R = \frac{W_f}{W_i}$$

เมื่อ R = ดัชนีการแตกร่วน

W_i = น้ำหนักของแท่งเชื้อเพลิงก่อนทดสอบ (g)

W_f = น้ำหนักของแท่งเชื้อเพลิงที่เหลือหลังทดสอบ (g)

2.9 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่งชุมชน

2.9.1 ขอบข่าย มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนสำหรับผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่ง มพช. 238/2547 นี้ จะครอบคลุมเฉพาะถ่านอัดแท่งที่ทำจากถ่านผงหรือถ่านเม็ดมาเป็นแท่ง หรือทำจากวัสดุธรรมชาติ มาอัดเป็นแท่งแล้วเผาจนเป็นถ่าน

2.9.2 บทนิยาม ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังนี้

1) ถ่านอัดแท่ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม ชังข้าวโพดมาเผาจนเป็นถ่าน อาจนำมาบดเป็นผงหรือเม็ดแล้วอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการ หรือนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น แกลบ จี่เลื้อย มาอัดเป็นรูปทรงที่ต้องการ หรือนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น แกลบ จี่เลื้อย มาอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการแล้วจึงมาเผาเป็นถ่าน

2) ค่าความร้อน หมายถึง พลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาถ่านหนัก 1 กรัม มีหน่วยเป็นกิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม

2.9.3 คุณลักษณะที่ต้องการ

1) ลักษณะทั่วไป ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปทรงเดียวกัน ขนาดใกล้เคียงกันมีสีดำสม่ำเสมอ ไม่เปราะ อาจแตกหักได้บ้าง

2) การใช้งานเมื่อติดไฟต้องไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น ไม่มีควัน และกลิ่นฉุน

3) ความชื้น ต้องไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก

4) ค่าความร้อน ต้องไม่น้อยกว่า 5,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม

5) ค่าดัชนีการแตกร่วน ควรอยู่ที่ค่าระหว่าง 0.50 – 1.0

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วนิดา จาดคำ (2548) ได้ทำการศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากชาเขียวที่ผลิตโดยใช้เครื่องอัดแบบเกลียว โดยศึกษาวิธีการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากชาเขียวด้วยวิธีอัดแบบร้อนและอัดแบบเย็น ศึกษาขนาดกากชาเขียวที่มีผลต่อคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง ศึกษาสัดส่วนของการผสมแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานในอัตราส่วนต่างๆ จากการทดลองพบว่าวิธีการอัดแบบเย็นดีกว่าวิธีการอัดแบบร้อน ขนาดกากชาเขียวแบบบดละเอียดให้ผลดีกว่ากากชาเขียวแบบไม่บดในด้านคุณสมบัติด้านกายภาพ พบว่าอัตราส่วนของกากชาเขียวต่อแป้งมันสำปะหลังที่เหมาะสม คือ 9.5:0.5 เมื่อทำการทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากกากชาเขียว พบว่า ความชื้น เถ้า สารระเหย และค่าความร้อน มีค่าเท่ากับ 5.2 ± 0.26 เปอร์เซ็นต์, 7.67 ± 0.21 เปอร์เซ็นต์, 20.10 ± 0.46 เปอร์เซ็นต์ และ 6.110 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของถ่านอัดแท่ง แต่ค่าคาร์บอนคงตัวมีค่าเท่ากับ 66.67 ± 0.35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของถ่านอัดแท่ง

ณิชนันท์ คำนวนสินธุ์ และคณะ (2550) ได้ทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตถ่านกัมมันต์จากเปลือกมะขาม เพื่อใช้กรองอากาศในโรงงานอุตสาหกรรมพ่นสีรถยนต์ ทำการศึกษาตัวแปรต่างๆ ดังนี้ อุณหภูมิในการเผา ความชื้น ค่าร้อยละของเถ้า สารระเหย ปริมาณคาร์บอนคงตัวและการดูดซับไอโอดีน โดยทำการเผาถ่านเปลือกมะขามในเตาเผาอับอากาศที่อุณหภูมิการเผา 500 - 700 องศาเซลเซียส ได้คุณสมบัติทางกายภาพของถ่านกัมมันต์เปลือกมะขามดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ผลการเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพระหว่างถ่านกัมมันต์จากเปลือกมะขามและของถ่านกัมมันต์จากต่างประเทศ

สมบัติทางกายภาพ	ถ่านกัมมันต์เปลือกมะขาม ที่อุณหภูมิการเผาต่างๆ (°C)			ถ่านกัมมันต์ ต่างประเทศ
	500	600	700	
% ความชื้น	3.61	3.45	3.51	3.31
% เถ้า	1.37	1.23	1.09	1.38
% สารระเหย	5.70	5.23	4.30	4.91
% คาร์บอนคงตัว	89.31	90.09	91.11	90.41

แล้วทำการกระตุ้นทางกายภาพด้วยไอน้ำยิ่งยวดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพและประสิทธิภาพในการกรองอากาศ พบว่าที่อุณหภูมิการเผา 700 องศาเซลเซียส มีการดูดซับซับไอโอดีนสูงสุด 287.85 mg/g ค่าร้อยละของผลผลิตเฉลี่ยร้อยละ 29.62 ความชื้นร้อยละ 3.51 เถ้าร้อยละ 1.09 ปริมาณสารระเหยร้อยละ 4.30 และปริมาณคาร์บอนคงตัวร้อยละ 91.11 และจากการเปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์ที่นำเข้าจากต่างประเทศ พบว่าถ่านกัมมันต์ที่ผ่านกระบวนการกระตุ้นด้วยไอน้ำยิ่งยวดมีสมบัติทางกายภาพใกล้เคียงกับถ่านกัมมันต์ที่นำเข้าจากต่างประเทศ และความสามารถในการดูดซับไอโอดีนน้อยกว่าถ่านกัมมันต์ที่นำเข้าจากต่างประเทศ

พรชัย ราชตะนทะพันธุ์ และคณะ (2550) ได้ทำการศึกษาผลของปริมาณของกาบแป้งผสมและขนาดผงจากเปลือกมะขามต่อคุณสมบัติของแผ่นขึ้นไม้อัด ที่มีต่อคุณสมบัติเชิงกล (สัมประสิทธิ์การแตกหัก) และคุณสมบัติเชิงกายภาพ (ความหนาแน่น, ค่าการดูดซับน้ำ และค่าการพองตัวตามความหนา) ของแผ่นไม้อัดจากเปลือกมะขาม การผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดจะใช้เปลือกมะขามผสมกับกาบแป้ง แล้วอัดที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 1,500 psi เป็นเวลา 8 นาที จากการศึกษาพบว่าเมื่อปริมาณกาบเพิ่มขึ้น แผ่นขึ้นไม้อัดจะมีค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ทำให้สัมประสิทธิ์การแตกหักเพิ่มขึ้น แต่การดูดซับน้ำและการพองตัวตามความหนาลดลง และเมื่อลดขนาดผงเปลือกมะขามให้เล็กลง จะทำให้สัมประสิทธิ์การแตกหัก, ความหนาแน่น, ค่าการดูดซับน้ำ และการพองตัวตามความหนาเพิ่มขึ้น ในการศึกษาแผ่นไม้อัดที่มีคุณสมบัติดีที่สุด คือ ผงเปลือกมะขามขนาด 20 mesh ปริมาณกาบ 30 g/100 ml

รุ่งโรจน์ พุทธิสฤกุล และคณะ (2553) ได้ทำการศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวและเหง้ามันสำปะหลัง โดยทำการทดสอบสมรรถนะทางความร้อนตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 238/2547) และมลภาวะ ซึ่งผลทางด้านสมรรถนะทางความร้อน สรุปได้ว่า ถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังในอัตราส่วน 9 : 1 เป็นอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนสูงสุดเท่ากับ 6,580.10 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และอัตราส่วน 1 : 9 เป็นอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนต่ำสุดเท่ากับ 4,514.13 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ผลการทดสอบมลภาวะจากการเผาไหม้ถ่านอัดแท่ง พบว่า ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีปริมาณเท่ากับ 195 ppm ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ เท่ากับ 26 ppm คาร์บอนไดออกไซด์ 9.11 ppm และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ มีปริมาณมากกว่า 4,000 ppm มีการเปลี่ยนแปลงโดยมีค่าลดลง สัมพันธ์กับปริมาณคงเหลือของวัสดุหลังการเผาไหม้ ซึ่งในด้านสมรรถนะเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 238/2547)

นริศ ชุคุสว่าง (2556) ได้ทำการศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนเพื่อช่วยลดค่าใช้จ่ายให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนตำบลเกวียน จากผลการวิเคราะห์ทางด้านสมรรถนะทางความร้อน สรุปได้ว่าถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนมีค่าความร้อน 6,134 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งสูงกว่ามาตรฐาน มีปริมาณเถ้าร้อยละ 6.2 โดยน้ำหนัก ซึ่งในด้านสมรรถนะเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มพข.238/2547) ผลการวิเคราะห์ด้านการลดค่าใช้จ่ายจากการใช้ก๊าซหุงต้ม พบว่าถ้าสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนตำบลเกวียนหักใช้ก๊าซหุงต้มเพียงอย่างเดียวในปริมาณถึงละ 15 กิโลกรัม จะต้องเสียค่าใช้จ่าย 8.18 บาทต่อ แต่ถ้ามมีการใช้ถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนควบคู่กับการใช้แก๊สหุงต้มจะเสียค่าใช้จ่ายเพียงวันละ 6.80 บาทต่อวัน ถ้ากลุ่มได้ทำการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนในถังที่มีฉลากสินค้าขายโดยผลิตถ่านแห้งวันละ 300 กิโลกรัม จำหน่ายในราคา กิโลกรัมละ 10 บาท ทางกลุ่มจะมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 307 วัน

ณัฐพร เมาระพงษ์ (2557) ได้ทำการพัฒนาแผ่นวัสดุดูดซับเสียงที่เป็นส่วนผสมระหว่างเปลือกมะขามและวัสดุประสาน โดยนำเอาเปลือกมะขามที่มีขนาดชิ้นของเปลือกเป็น 100 และ 230 mesh ในอัตราส่วนระหว่างเปลือกมะขามกับกาวลาเท็กซ์เป็น 2:1 และ 4:1 มาทำการอัดขึ้นรูปด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 5 นาที ให้กลายเป็นแผ่นดูดซับ แล้วทำการทดสอบคุณสมบัติการดูดซับเสียงพบว่าแผ่นดูดซับเสียงจากเปลือกมะขามที่มีอัตราส่วนผสม 4:1 สามารถดูดซับเสียงได้มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงความถี่เสียงในการสนทนาของมนุษย์ และแผ่นดูดซับเสียงจากเปลือกมะขามที่มีอัตราส่วนผสม 2:1 มีความสามารถในการดูดซับเสียงได้มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงช่วงความถี่เสียงของเสียงเครื่องสัญญาณหรือเสียงเรียกเข้าโทรศัพท์ เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุดูดซับเสียงในท้องตลาด พบว่าแผ่นดูดซับเสียงจากเปลือกมะขามสามารถดูดซับเสียงได้ดีกว่าวัสดุดูดซับเสียงในท้องตลาดบางส่วน

ไกรสร รวยป้อม และคณะ (2559) ได้ทำการศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียน และไม้เงาะ จากการทดสอบสามารถได้อัตราส่วนที่สามารถนำมาขึ้นรูปเป็นถ่านอัดแท่ง ถ่าน: แป้งมัน: น้ำ คือ 5: 3: 2, 6: 2: 2 และ 7: 1: 2 จากการทดสอบเพื่อหาค่าความร้อน พบว่าความเร็วรอบการอัดแท่งที่ต่างกันของแต่ละอัตราส่วนผสมของถ่านอัดแท่งจะให้ค่าอุณหภูมิความร้อนที่ใกล้เคียงกัน

พงษ์ศักดิ์ อยู่มน (2559) ได้ทำการพัฒนาเครื่องอัดแท่งถ่านในรูปแบบเกลียวอัดเย็นสำหรับเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษวัสดุเหลือใช้จากกระบวนการผลิตกาแฟชุมชนและทำการศึกษาเพื่อหาคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงจากผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่ง จากนั้นทดสอบการอัดแท่งถ่านด้วยอัตราส่วนผสมต่าง ๆ ระหว่าง ผงถ่านเปลือกกาแฟ (ใช้เตาเผาถ่านชีวมวลถึง 200 ลิตร) ตัวประสาน (แป้งมันสำปะหลัง) และน้ำ พบว่า ผลิตภัณฑ์อัดถ่านเมื่อผสมองค์ประกอบต่าง ๆ ตามอัตราส่วนที่ได้กำหนดไว้ คือ ผงถ่าน แป้งมันสำปะหลังและน้ำ อัตราส่วน 2: 1: 0.50 มีลักษณะทางกายภาพที่มีรูปทรงที่ต้องการ เกาะตัวกันแน่น และไม่มีรอยร้าว ทำให้ความสามารถในการทำงานของเครื่องอัดถ่านชีวมวลที่ผลิตขึ้นทำงานสูงสุดเฉลี่ย 32 กิโลกรัมต่อ จากนั้นส่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์เข้าทดสอบคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงในห้องปฏิบัติการตามมาตรฐานของ ASTM ดังนี้ ความชื้นร้อยละ 10.33 เถ้าร้อยละ 22.02 คาร์บอนคงตัวร้อยละ 33.71 กำมะถันร้อยละ 3.52 ค่าความจุความร้อน 4,178 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม และสารระเหยร้อยละ 33.94 ซึ่งผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงอัดแท่งจากงานวิจัยครั้งนี้สามารถนำมาใช้ในการผลิต เพื่อจำหน่าย และใช้ประโยชน์ในครัวเรือนต่อไปได้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

เมื่อศึกษา ทฤษฎี และหลักการ องค์ประกอบที่จำเป็นในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม และการทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามแล้ว บทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการสร้างเตาเผาถ่านเปลือกมะขาม ขั้นตอนการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม และขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 ขั้นตอนการสร้างเตาเผาและการเผาถ่านเปลือกมะขาม

สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้จะทำการสร้างเตาสำหรับเผาเปลือกมะขามให้กลายเป็นถ่านก่อน เนื่องจากสถานที่วิจัยยังไม่มีเตาสำหรับเผาถ่านมาก่อน โดยหลักการสร้างเตาเผาดังกล่าวจะต้องสามารถทำให้เกิดการเผาไหม้ของเปลือกมะขามในบริเวณที่มีอากาศอยู่เบาบาง เพื่อให้เกิดกระบวนการที่ทำให้สารอินทรีย์ในเนื้อเปลือกมะขามเปลี่ยนรูปเป็นถ่าน ที่เรียกว่า Carbonization

อุปกรณ์ในการทำเตาเผาถ่านเปลือกมะขาม จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่สามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาด และสามารถทำได้ง่าย ประชาชนทั่วไปสามารถทำได้ด้วยตนเอง ซึ่งเตาเผาถ่านที่สร้างขึ้นมานี้จะอาศัยหลักการอบเปลือกมะขามด้วยความร้อนที่สูงในสภาวะอากาศที่จำกัด ด้วยถังเหล็ก 2 ชั้น ที่มีขนาดแตกต่างกัน เพื่อให้ได้ถ่านเปลือกมะขามที่มีคุณภาพดี โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเตาสำหรับเผาเปลือกมะขาม ได้แก่

- | | |
|--------------------------|-----------------|
| 1) ถังเหล็กขนาด 200 ลิตร | จำนวน 1 ถัง |
| 2) ถังเหล็กขนาด 50 ลิตร | จำนวน 1 ถัง |
| 3) ท่อเหล็ก | จำนวน 1 ท่อ |
| 4) ส่วนไฟฟ้า | จำนวน 1 เครื่อง |
| 5) เหล็กสกรัดปลายแหลม | จำนวน 1 อัน |

ขั้นตอนในการสร้างเตาเผาถ่านเปลือกมะขาม มีดังนี้

- 1) การเจาะฝาดัง 200 ลิตร เพื่อระบายควัน กำหนดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 4-5 นิ้ว
- 2) การเจาะรูถึงขนาด 200 ลิตร ให้สูงจากขอบด้านล่างประมาณ 15 เซนติเมตร จำนวน 16 รู โดยใช้สว่านไฟฟ้าเจาะ หลังจากนั้นใช้เหล็กสกัดปลายแหลม เพื่อตอกขยายให้มีขนาด 1.50 เซนติเมตร
- 3) การเจาะรู เพื่อระบายแก๊ส ขณะเผาไหม้ภายในเตา ถึงขนาดความจุ 50 ลิตร จำนวน 4 รู ขนาด 1 เซนติเมตร โดยให้ห่างจากขอบถึงด้านล่างประมาณ 5 เซนติเมตร

ขั้นตอนการเผาถ่านเปลือกมะขาม มีดังนี้

- 1) นำอิฐแดงวางกันถึงเหล็กขนาด 200 ลิตร จำนวน 3 ก้อน



รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการนำอิฐแดงวางกันถึง 200 ลิตร

- 2) จากนั้นวางถึงเหล็กขนาด 50 ลิตร ลงไปในถึงเหล็กขนาด 200 ลิตร จากนั้นทำการเทเปลือกมะขามใส่ในถึงเหล็กขนาด 50 ลิตร แล้วทำการปิดฝาดังเหล็กให้สนิท



รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะของการวางถังขนาดเล็กลงไปในถังขนาดใหญ่
แล้วบรรจุเปลือกมะขามลงไปจนถึงเล็ก

3) จากนั้นจัดเรียงไม้เชื้อเพลิงลงถังขนาด 200 ลิตร จนกระทั่งล้อมรอบถังขนาด 50 ลิตร ที่มีเปลือกมะขามบรรจุอยู่ด้านในถัง



รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะของการจัดเรียงไม้เชื้อเพลิงลงไปในถังใหญ่

4) จุดไฟเผา โดยเริ่มจุดไฟจากด้านบนเพื่อให้เชื้อเพลิงเผาไหม้ลงไปด้านล่างจนหมด หรือประมาณ 1 วัน หรือจนกว่าควันจะหมด



รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะของการจุดไฟเผาเชื้อเพลิง

5) ทำการปิดฝาถังให้สนิท แล้วนำท่อเหล็กไปวางไว้ด้านบนฝาที่ทำการเจาะรูระบายควันเอาไว้เพื่อช่วยในการระบายควันออกจากเตาเผาถ่าน จากนั้นใช้ดินเหนียวอุดฝาถัง 200 ลิตรให้สนิท เพื่อไม่ให้อากาศจากภายนอกเตาเผาให้เข้าสู่เตาได้ และป้องกันไม่ให้ความร้อนภายในเตารั่วไหลออกสู่สภาวะแวดล้อม ส่งผลให้อุณหภูมิภายในเตาเผามีอุณหภูมิที่สูงมาก จากนั้นทิ้งให้เปลือกมะขามและเชื้อเพลิงภายในเตาเกิดการเผาไหม้จนหมด สังเกตดูจากบริเวณปล่องระบายควันไม่มีควันออกมาแล้ว จึงจะทำการเปิดฝาเตาเผาถ่าน



รูปที่ 3.5 แสดงการใช้ดินเหนียวอุดบริเวณฝาเตาเพื่อป้องกันอากาศเข้าสู่เตา

6) เมื่อเปิดฝาดังเรียบร้อยแล้ว ให้นำถึงที่บรรจุเปลือกมะขามที่เผาเสร็จแล้วออกมา



รูปที่ 3.6 แสดงลักษณะของถ่านเปลือกมะขามที่ผ่านการเผาเรียบร้อยแล้ว

3.2 ขั้นตอนการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม

3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม มีดังนี้

1) พงถ่านเปลือกมะขาม: ได้จากการนำเปลือกมะขามไปเผาให้เป็นถ่าน แล้วนำมาบดละเอียดใช้เป็นวัตถุดิบในการทำถ่านอัดแท่ง



รูปที่ 3.7 แสดงลักษณะของถ่านเปลือกมะขามที่ผ่านบดหยาบและบดละเอียด

- 2) แป้งมันสำปะหลัง : ใช้เป็นตัวประสาน
- 3) น้ำ : ใช้เป็นตัวประสาน



รูปที่ 3.8 แสดงลักษณะของส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่ง

ผงถ่าน : แป้งมันสำปะหลัง : น้ำ

- 4) เครื่องชั่งดิจิตอล : ใช้ในการชั่งน้ำหนักตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้
- 5) ถังน้ำ : ใช้สำหรับผสมน้ำกับแป้งมันก่อนที่จะนำไปผสมกับผงถ่านเปลือกมะขาม
- 6) กระดาษ : ใช้ในการผสมวัตถุดิบตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้

โดยวัตถุดิบต่างๆ สำหรับใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามนั้น จะถูกเก็บไว้ใน อุณหภูมิห้อง โดยควบคุมความชื้นของผงถ่านเปลือกมะขามและแป้งมันสำปะหลังให้มีค่าความชื้น อยู่ระหว่าง 10-20 เปอร์เซ็นต์ (w/w) ตามมาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 4004-2555 หากวัตถุดิบมี ความชื้น ผู้วิจัยจะนำไปผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้ค่าความชื้นอยู่ ในช่วงที่มาตรฐานกำหนดไว้

3.2.2 อัตราส่วนผสมสำหรับผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม

จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการทำถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้จากกระบวนการ ผลิตกาแฟหมขน (พงษ์ศักดิ์ อยู่มน, 2559) จึงทำให้ผู้วิจัยได้กำหนดอัตราส่วนผสมสำหรับผลิตถ่าน อัดแท่งจากเปลือกมะขามโดยอ้างอิงจากผลงานวิจัยดังกล่าว คือ ผงถ่านเปลือกมะขาม : แป้งมัน

ลำปะหลัง : น้ำ ด้วยกันทั้งหมด 3 สูตร คือ สูตรที่ 1 ใช้อัตราส่วน 1 : 1 : 0.75 โดยน้ำหนัก, สูตรที่ 2 ใช้อัตราส่วน 2 : 1 : 0.50 โดยน้ำหนัก และสูตรที่ 3 ใช้อัตราส่วน 3 : 1 : 0.25 โดยน้ำหนัก

3.2.3 ผลิตภัณฑ์อัดแท่งจากเปลือกมะขาม

1) เตรียมวัตถุดิบ ผงถ่านเปลือกมะขาม : แป้งมันสำปะหลัง : น้ำ ตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ คือ 1 : 1 : 0.75 , 2 : 1 : 0.50 และ 3 : 1 : 0.25 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

2) นำแป้งมันสำปะหลังมาละลายในน้ำตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ แล้วจึงนำมาผสมกับผงถ่านเปลือกมะขามตามอัตราส่วนที่กำหนด ทำการคลุกเคล้าให้ส่วนผสมเข้ากัน



รูปที่ 3.9 แสดงขั้นตอนการผสมวัตถุดิบสำหรับผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม

3) นำวัตถุดิบที่ผสมเรียบร้อยแล้วมาเทลงในถังผสมวัตถุดิบของเครื่องอัดแท่งถ่านแบบสกรูเดี่ยว ซึ่งการอัดแท่งถ่านสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ จะทำการผลิต ณ โรงงานผลิตและจำหน่ายถ่านอัดแท่ง คือ ชนภูมิถ่านอัดแท่ง ต.ยางงาม อ.หนองไผ่ จ.เพชรบูรณ์



รูปที่ 3.10 แสดงขั้นตอนเทวัตถุดิบลงในถังผสมของเครื่องอัดแท่งแบบสกรูเดี่ยว

4) เมื่อส่วนผสมสำหรับการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามผ่านถังผสมแล้วจะไหลลงมายังถาดรองรับวัตถุดิบ แล้วจึงเข้าสู่เครื่องอัดแท่งแบบสกรูจนกลายเป็นถ่านอัดแท่ง ที่มีรูปร่างทรงกระบอก มีหกกรีบ และมีรูตรงกลางแท่งทรงกระบอก



รูปที่ 3.11 แสดงขั้นตอนการอัดแท่งถ่านจากเปลือกมะขาม



รูปที่ 3.12 แสดงลักษณะของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามที่ผลิตได้

5) หลังจากที่ได้ถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามแล้ว ก็จะนำไปทำการไล่ความชื้น ด้วยวิธีการอบแห้งเพื่อลดความชื้นที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส โดยทำการวัดความชื้นของถ่านอัดแท่งเป็นระยะๆ ด้วยเครื่องวัดความชื้น จนกระทั่งถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามมีความชื้นให้ไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก เนื่องจากตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง มพข. 238/2547 ความชื้นของถ่านอัดแท่งจะต้องไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก

6) จากนั้นทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ก่อนที่จะนำไปทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามต่อไป

3.3 ขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม

ในงานวิจัยนี้จะทำการทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามที่ทำการผลิตขึ้นมาทั้ง 3 สูตร ตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ คือ ผงถ่านเปลือกมะขาม : แป้งมันสำปะหลัง : น้ำ คือ 1 : 1 : 0.75, 2 : 1 : 0.50 และ 3 : 1 : 0.25 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ โดยจะทำการทดสอบโดยยึดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง มพข. 238/2547 นอกจากนี้จะเพิ่มหัวข้อการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนจากถ่านที่ได้อีกด้วย โดยมาตรฐานวิธีการทดสอบจะใช้ตามมาตรฐาน ASTM (American Society for Testing and Materials) ดังนี้

- 1) ค่าความร้อน (Heating value) ใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 5865
- 2) ปริมาณความชื้น (Moisture Content) ใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 3173
- 3) ดัชนีการแตกร้าวโดยวิธีทิ้งจากที่สูง (Drop Shatter Test) ใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 3033

3.3.1 ขั้นตอนการทดสอบค่าความร้อน (Heating value)

สำหรับการหาค่าความร้อน (Heating value) ของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม จะใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 5865 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.3.1.1 เครื่องมือ

- Oxygen bomb calorimeter
- ปิกเกอร์
- บิวเรต

3.3.1.2 สารเคมี

- Methyl orange indicator
- สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 0.0709 นิวตัน

3.3.1.3 วิธีการทดสอบ

- 1) ตัดลวด (fuse wire) ยาวประมาณ 10 เซนติเมตร ผูกที่ปลายทั้งสองของแท่งเหล็กด้านล่างของฝาบอมบ์
- 2) ใส่ถ่านอัดแท่งที่ได้ประมาณ 1 กรัม ลงไปในถ้วย
- 3) วางถ้วยบนช่วงปลายเหล็กด้านฝาบอมบ์ จัดลวดให้สัมผัสตัวอย่างเติมน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร ลงไปในถ้วยบอมบ์
- 4) ประกอบฝาบอมบ์กับถ้วยบอมบ์ นำไปอัดออกซิเจนให้ได้ความดันประมาณ 30 บรรยากาศ นำไปวางในถังบรรจุบอมบ์
- 5) ใส่น้ำกลั่นที่มีอุณหภูมิประมาณ 24 องศาเซลเซียส ปริมาณ 2 ลิตร ลงในถัง (bucker) เสียบสายไฟที่ใช้ในการจุดระเบิด 2 เส้น เข้ากับถ้วยบอมบ์ แล้วปิดฝาเครื่อง
- 6) เปิดสวิตช์ อ่านอุณหภูมิของน้ำในถังบรรจุบอมบ์ (bucket) กับน้ำที่อยู่ในตัวหุ้ม (jacket) เมื่ออุณหภูมิทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน กดปุ่มจุดระเบิด บันทึกค่าอุณหภูมิเริ่มต้นและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนกระทั่งคงที่ จึงหยุดการทดลอง
- 7) นำถ้วยบอมบ์ออก จากนั้นปล่อยก๊าซออกจากถ้วยบอมบ์อย่างช้าๆ
- 8) ล้างฝา ถ้วยบอมบ์และถ้วยที่บรรจุถ่านอัดแท่งด้วยน้ำกลั่น
- 9) วัดความยาวลวดที่เหลือ แล้วป้อนค่าเข้าสู่เครื่อง เครื่องจะทำการคำนวณแล้วพิมพ์ค่าความร้อนของตัวอย่างออกมาทางเครื่องพิมพ์

สำหรับการทดสอบค่าความร้อนของถ่านเปลือกมะขามที่ผลิตมาทั้ง 3 สูตร ผู้วิจัยได้ส่งตัวอย่างไปทดสอบที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) อำเภอกลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120 ให้เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM D 5865

3.3.2 ขั้นตอนการทดสอบปริมาณความชื้น (Moisture Content)

สำหรับการทดสอบปริมาณความชื้น (Moisture Content) ของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามจะใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 3173 นำตัวอย่างมาวิเคราะห์ โดยให้ความร้อนคงที่ในเตาอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เพื่อให้ไอน้ำระเหยออกจากตัวอย่าง ค่าความชื้นที่ได้สามารถคำนวณจากน้ำหนักของตัวอย่างที่ลดลง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.3.2.1 เครื่องมือ

- เตาอบ (Moisture Oven)
- เครื่องชั่งดิจิทัล



รูปที่ 3.13 แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งจากเปลือก

3.3.2.2 วิธีการทดลอง

- 1) เตรียมตัวอย่าง แล้วนำตัวอย่างถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามมาชั่งน้ำหนัก (W_1)



รูปที่ 3.14 แสดงการนำตัวอย่างมาชั่งน้ำหนัก (W_1) ก่อนอบ

- 2) นำตัวอย่างถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ประมาณ 3 ชั่วโมง



รูปที่ 3.15 แสดงการนำตัวอย่างไปอบในเตา

3) นำตัวอย่างออกจากเตาอบ รอจนเย็นตัวลง จึงนำไปชั่งน้ำหนัก (W_2)



รูปที่ 3.16 แสดงการนำตัวอย่างไปชั่งน้ำหนัก (W_2) หลังผ่านการอบ

3.3.2.3 สูตรการคำนวณ

$$M = \frac{(W_1 - W_2)}{W \times 100}$$

เมื่อ M = ร้อยละของปริมาณความชื้น

W_1 = น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_2 = น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

3.3.3 ขั้นตอนการทดสอบดัชนีการแตกร้าวโดยวิธีทิ้งจากที่สูง (Drop Shatter Test)

สำหรับการทดสอบดัชนีการแตกร้าวโดยวิธีทิ้งจากที่สูง (Drop Shatter Test) ของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม จะใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 3033 โดยนำแท่งถ่านใส่ถุงพลาสติกประมาณ 300 กรัม แล้วปล่อยจากที่สูง 1.80 เมตร ลงสู่พื้นซีเมนต์ซ้ำๆ กัน 3 ครั้ง จากนั้นนำถ่านอัดแท่งไปร่อนด้วยตะแกรงขนาด 20 มิลลิเมตร นำส่วนของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่เหลือไปชั่งน้ำหนัก แล้วนำค่ามาหาดัชนีการแตกร้าว หรือดัชนีการแตกละเอียด ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.3.3.1 อุปกรณ์สำหรับการทดสอบหาค่าดัชนีการแตกร้าวโดยวิธีทิ้งจากที่สูง (Drop Shatter Test) มีดังนี้

- ถังพลาสติก
- เครื่องชั่งดิจิตอล
- ตะแกรงลวดขนาด 20 มิลลิเมตร
- คัลิบเมตร

3.3.3.2 วิธีการทดลอง

1) เตรียมตัวอย่าง แล้วนำตัวอย่างถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามมาชั่งน้ำหนัก



รูปที่ 3.17 แสดงการนำตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักก่อนทดสอบการแตกร้าวโดยวิธีทิ้งจากที่สูง

2) นำตัวอย่างถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามแต่ละสูตรบรรจุใส่ถังพลาสติกแล้วปิดถังให้สนิท

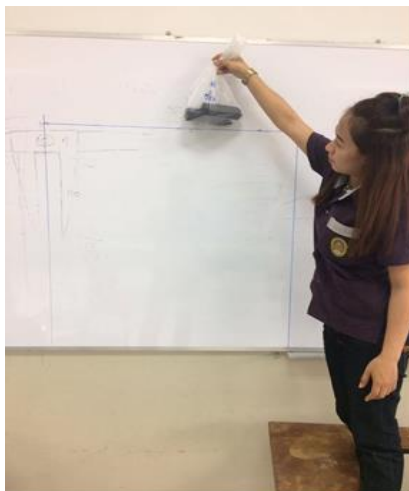


รูปที่ 3.18 แสดงการนำตัวอย่างแต่ละสูตรบรรจุใส่ถุงพลาสติก

3) ทำการกำหนดความสูงจากพื้นที่ 1.80 เมตร โดยใช้ตลับเมตรวัด จากนั้นทำการปล่อยตัวอย่างถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามที่บรรจุอยู่ในถุงพลาสติกทั้งตั้งคู่พื้นลงมาจากระดับความสูงที่กำหนดไว้ ทำการปล่อยทั้งตั้งลงมาซ้ำกัน 3 ครั้ง



รูปที่ 3.19 แสดงการกำหนดความสูงจากพื้นที่ 1.80 เมตร



รูปที่ 3.20 แสดงการปล่อยตัวอย่างที่บรรจุอยู่ในถุงพลาสติกทั้งตั้งสูงที่ระดับความสูงที่ 1.80 เมตร

- 4) จากนั้นนำตัวอย่างถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามมาร้อน โดยใช้ตะแกรงขนาด 20 มิลลิเมตร เป็นเวลา 2 นาที



รูปที่ 3.21 แสดงการร้อนถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามด้วยตะแกรงขนาด 20 มิลลิเมตร

- 5) นำตัวอย่างถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามที่ผ่านการร่อนเรียบร้อยแล้วมาชั่งน้ำหนักเพื่อวิเคราะห์หาค่าดัชนีการแตก่วนหรือดัชนีการแตกละเอียด

3.3.3.3 สูตรการคำนวณ

$$R = \frac{W_f}{W_i}$$

เมื่อ R = คำนวณการแตกกร่อน หรือคำนวณการแตกละเอียด
 W_i = น้ำหนักของแท่งเชื้อเพลิงก่อนทดสอบ (g)
 W_f = น้ำหนักของแท่งเชื้อเพลิงที่เหลือหลังทดสอบ (g)

นอกจากนี้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM (American Society for Testing and Materials) สำหรับถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามที่ผลิตขึ้นมาทั้ง 3 สูตร เพื่อหาค่าความร้อน ค่าความชื้น และค่าคำนวณการแตกกร่อน แล้วนั้น ผู้วิจัยยังได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนจากถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามที่ผลิตขึ้นมาทั้ง 3 สูตร เปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการใช้งานถ่านอัดแท่งที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

3.3.4 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน

สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของถ่านอัดแท่งในงานวิจัยนี้เป็นการนำถ่านอัดแท่งไปประยุกต์ใช้ในการต้มน้ำ แล้วบันทึกข้อมูลอุณหภูมิของน้ำทุกๆ 5 นาที อย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งน้ำในหม้อต้มน้ำมีอุณหภูมิลดลงเป็น 50 องศาเซลเซียส จะหยุดการเก็บข้อมูลอุณหภูมิของน้ำภายในหม้อต้ม และตลอดเวลาในการทดสอบนั้นจะทำการสังเกตด้วยว่ามีสะเก็ดไฟกระเด็น ควัน และกลิ่นหรือไม่ หากมีก็จะทำการจดบันทึกผลไว้ด้วย โดยจะทำการทดสอบด้วยตัวอย่างถ่านอัดแท่งแต่ละสูตรทั้งสิ้น 3 ครั้งการทดลอง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของถ่านอัดแท่งแต่ละสูตร โดยรายละเอียดในการทดสอบมีดังนี้

3.3.4. อุปกรณ์สำหรับการทดสอบหาประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน

- 1) หม้อต้ม
- 2) เตาอังไถ่
- 3) เข็มนักตวงน้ำ
- 4) เตาแก๊ส
- 5) เครื่องชั่งดิจิตอล
- 6) เครื่องวัดอุณหภูมิ

3.3.4.2 วิธีการทดลอง

- 1) ชั่งถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามแต่ละสูตร และถ่านอัดแท่งที่ซื้อมาจากท้องตลาด อย่างละ 500 กรัม



รูปที่ 3.22 แสดงการชั่งน้ำหนักถ่านอัดแท่งก่อนการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน

- 2) ทำการตวงน้ำใส่ลงไปในห้องต้มน้ำปริมาณ 2,000 มิลลิลิตร และวัดอุณหภูมิของน้ำก่อนทำการทดสอบ



รูปที่ 3.23 แสดงตวงน้ำใส่ลงไปในห้องต้มน้ำ

- 3) นำถ่านอัดแท่งแต่ละสูตรไปเผาไฟด้วยเตาแก๊สเป็นเวลา 5 นาที ในอัตราส่วนการไหลของแก๊สที่เท่ากัน จากนั้นนำถ่านอัดแท่งไปวางใส่เตาอั้งโล่ที่เตรียมไว้ โดยจัดเรียงถ่านอัดแท่งในการทดสอบแต่ละครั้งในลักษณะเดียวกัน



รูปที่ 3.24 แสดงการนำถ่านอัดแท่งไปเผาไฟด้วยเตาแก๊ส



รูปที่ 3.25 แสดงลักษณะการวางเรียงถ่านอัดแท่งใส่เตาอั้งโล่

4) นำหม้อต้มน้ำที่เตรียมไว้แล้วมาตั้งบนเตาอั้งโล่ แล้วปิดฝา จากนั้นเริ่มทำการบันทึกผลอุณหภูมิของน้ำภายในหม้อต้มทุก ๆ 5 นาที อย่างต่อเนื่อง จนกว่าอุณหภูมิของน้ำในหม้อต้มจะลดลงเป็น 50 องศาเซลเซียส จึงสิ้นสุดการเก็บบันทึกข้อมูล นอกจากนี้ตลอดระยะเวลาในการทดสอบนั้นจะทำการสังเกตด้วยว่ามีสะเก็ดไฟกระเด็น ควั่น และกลิ่นหรือไม่ หากมีก็จะทำการจดบันทึกผลไว้ด้วย



รูปที่ 3.26 แสดงการวัดอุณหภูมิของน้ำภายในหม้อต้มน้ำ



รูปที่ 3.26 แสดงลักษณะถ่านอัดแท่งเมื่อสิ้นสุดการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน

- 5) ทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ครั้งการทดลอง แล้วนำผลมาหาค่าเฉลี่ย

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยนำผลที่ได้จากการทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามมาพิจารณาว่าถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามที่ผลิตขึ้นมาแต่ละสูตรในงานวิจัยนี้ได้มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนสำหรับผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่ง มพช. 238/2547 หรือไม่ โดยพิจารณารูปทรงของถ่านอัดแท่งจะต้องมีรูปทรงเดียวกัน ขนาดใกล้เคียงกันมีสีดำสม่ำเสมอ ไม่เปราะ อาจแตกหักได้บ้าง, เมื่อติดไฟต้องไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น ไม่มีควัน และกลิ่นฉุน, ปริมาณความชื้น ไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก, ค่าความร้อน ไม่น้อยกว่า 5,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม และค่าดัชนีการแตกร่วนมีค่าระหว่าง 0.50 – 1.0

หากข้อมูลผลที่ได้จากการทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามตรงตามข้อกำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนสำหรับผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่ง มพช. 238/2547 ทุกข้อกำหนด จึงจะสามารถสรุปได้ว่าถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามสูตรนั้นๆ สามารถนำมาใช้ในชีวิตประจำวันสำหรับการหุงต้มในครัวเรือนได้

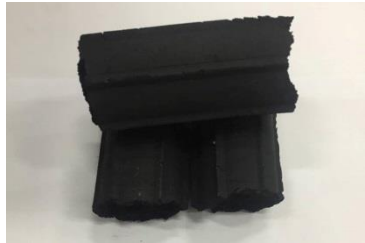
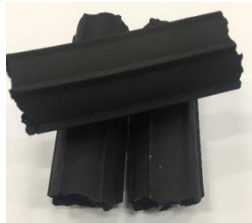
บทที่ 4

ผลการวิจัย

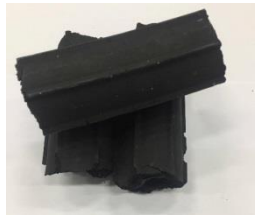
3.1 ผลการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม

จากการทดลองผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม โดยได้กำหนดอัตราส่วนผสมสำหรับผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม คือ ผงถ่านเปลือกมะขาม : แป้งมันสำปะหลัง : น้ำ ด้วยกันทั้งหมด 3 สูตร คือ สูตรที่ 1 ใช้อัตราส่วน 1 : 1 : 0.75 โดยน้ำหนัก และ สูตรที่ 2 ใช้อัตราส่วน 2 : 1 : 0.50 โดยน้ำหนัก และสูตรที่ 3 ใช้อัตราส่วน 3 : 1 : 0.25 โดยน้ำหนัก ซึ่งผู้วิจัยเริ่มจากการสร้างเตาเผาถ่านเพื่อนำเปลือกมะขามที่เหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปมะขามมาทำการเผาให้กลายเป็นถ่าน จากนั้นนำถ่านเปลือกมะขามมาทำการบดย่อยละเอียด แล้วนำมาผสมกับแป้งมันสำปะหลังและน้ำตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ จากนั้นทำการผสมให้เข้ากัน แล้วนำไปทำการอัดเป็นแท่งด้วยเครื่องอัดถ่านแบบสกรูเดียว จนได้ถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามออกมา ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม

ลำดับที่	อัตราส่วนผสม ผงถ่านเปลือกมะขาม : แป้งมันสำปะหลัง : น้ำ (โดยน้ำหนัก)	ลักษณะรูปทรงของถ่านอัดแท่ง จากเปลือกมะขาม
1	1 : 1 : 0.75	
2	2 : 1 : 0.50	

ตารางที่ 4.1 ผลการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม (ต่อ)

ลำดับที่	อัตราส่วนผสม ผงถ่านเปลือกมะขาม : แป้งมันสำปะหลัง : น้ำ (โดยน้ำหนัก)	ลักษณะรูปทรงของถ่านอัด แท่งจากเปลือกมะขาม
3	3 : 1 : 0.25	

จากการพิจารณาตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นลักษณะรูปทรงของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม ที่ผลิตออกมาตามอัตราส่วนผสม ผงถ่านเปลือกมะขาม : แป้งมันสำปะหลัง : น้ำ คือ สูตรที่ 1 ใช้ อัตราส่วน 1 : 1 : 0.75 โดยน้ำหนัก, สูตรที่ 2 ใช้อัตราส่วน 2 : 1 : 0.50 โดยน้ำหนัก และสูตรที่ 3 ใช้อัตราส่วน 3 : 1 : 0.25 โดยน้ำหนัก พบว่าลักษณะรูปทรงของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง คือ ถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามมีรูปทรง เดียวกัน มีขนาดใกล้เคียงกัน มีสีดำสม่ำเสมอ ไม่เปราะ อาจมีการแตกหักบ้างเล็กน้อย

4.2 ผลการทดสอบค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม

จากการส่งตัวอย่างถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามไปทดสอบค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจาก เปลือกมะขามที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) โดยใช้วิธีการ ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 5865 สามารถดูผลการทดสอบค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจาก เปลือกมะขามที่ผลิตมาทั้ง 3 สูตร คือ 1 : 1 : 0.75 , 2 : 1 : 0.50 และ 3 : 1 : 0.25 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม

ลำดับที่	อัตราส่วนผสม ผงถ่านเปลือกมะขาม : แป้งมันสำปะหลัง : น้ำ (โดยน้ำหนัก)	ค่าความร้อน (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)
1	1 : 1 : 0.75	5,240
2	2 : 1 : 0.50	5,730
3	3 : 1 : 0.25	5,270

จากการพิจารณาตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม ทั้ง 3 สูตร พบว่าสูตรการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามที่มีค่าความร้อนสูงที่สุด คือ สูตรที่ 2 อัตราส่วน 2 : 1 : 0.50 โดยน้ำหนัก มีค่าความร้อนเท่ากับ 5,730 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม รองลงมาคือ ถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามสูตรที่ 3 อัตราส่วน 3 : 1 : 0.25 โดยน้ำหนัก มีค่าความร้อนเท่ากับ 5,270 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามสูตรที่ 1 อัตราส่วน 1 : 1 : 0.75 โดย น้ำหนัก มีค่าความร้อนเท่ากับ 5,240 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ จากการพิจารณาค่าความร้อน ถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามสูตรที่ 1 กับสูตรที่ 3 มีค่าความร้อนที่ใกล้เคียงกัน

4.3 ผลการทดสอบปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม

จากการทดสอบปริมาณความชื้น (Moisture Content) ของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามแต่ละสูตรด้วยวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 3173 ทำโดยการนำตัวอย่างถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามทั้ง 3 สูตร คือ 1 : 1 : 0.75 , 2 : 1 : 0.50 และ 3 : 1 : 0.25 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ มาให้ความร้อนคงที่ในเตาอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เพื่อให้ไอน้ำระเหยออกจากตัวอย่างถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม แล้วทำการหาค่าปริมาณความชื้นโดยการคำนวณจากน้ำหนักของตัวอย่างที่ลดลง ซึ่งผลการทดสอบปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามนั้นเป็นดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม

ลำดับ ที่	อัตราส่วนผสม ผงถ่าน: แป้งมันสำปะหลัง : น้ำ (โดยน้ำหนัก)	ปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม (%)			
		ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ค่าเฉลี่ย
1	1 : 1 : 0.75	4.8	5.6	5.1	5.2
2	2 : 1 : 0.50	5.4	6.2	6.7	6.1
3	3 : 1 : 0.25	4.9	5.6	6.0	5.5

จากการพิจารณาตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามทั้ง 3 สูตร พบว่าสูตรการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามที่มีปริมาณความชื้นสูงที่สุด คือ สูตรที่ 2 อัตราส่วน 2 : 1 : 0.50 โดยน้ำหนัก มีปริมาณความชื้นเท่ากับ 6.1 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามสูตรที่ 3 อัตราส่วน 3 : 1 : 0.25 โดยน้ำหนัก มีปริมาณความชื้นเท่ากับ 5.5 เปอร์เซ็นต์ และถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามสูตรที่ 1 อัตราส่วน 1 : 1 : 0.75 โดยน้ำหนัก มีปริมาณความชื้นเท่ากับ 5.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากการพิจารณาปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามสูตรที่ 1 กับสูตรที่ 3 มีปริมาณความชื้นที่ใกล้เคียงกัน

4.4 ผลการทดสอบดัชนีการแตกร้าวโดยวิธีทิ้งจากที่สูงของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม

จากการทดสอบดัชนีการแตกร้าวโดยวิธีทิ้งจากที่สูง (Drop Shatter Test) ของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามแต่ละสูตรด้วยวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 3033 โดยนำแท่งถ่านใส่ถุงพลาสติกประมาณ 300 กรัม แล้วปล่อยจากที่สูง 1.80 เมตร ลงสู่พื้นซีเมนต์ซ้ำๆ กัน 3 ครั้ง จากนั้นนำถ่านอัดแท่งไปร่อนด้วยตะแกรงขนาด 20 มิลลิเมตร นำส่วนของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่เหลือไปชั่งน้ำหนัก แล้วนำค่ามาหาดัชนีการแตกร้าว ซึ่งผลการทดสอบดัชนีการแตกร้าวโดยวิธีทิ้งจากที่สูงของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามเป็นดังแสดงในตารางที่ 4.4

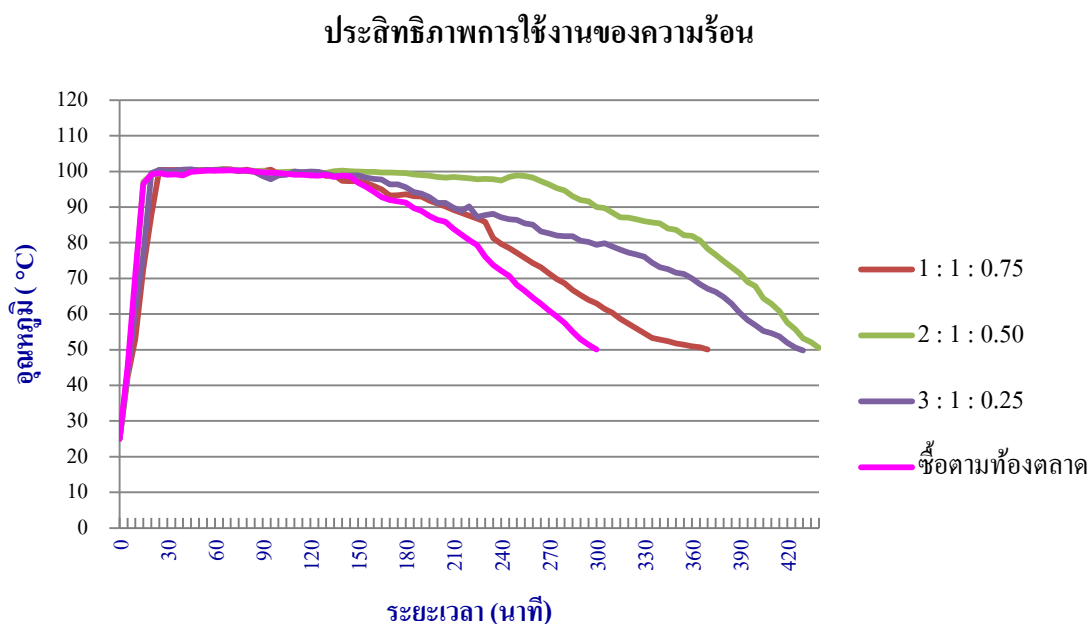
ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบดัชนีการแทรก่วนของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม

ลำดับ ที่	อัตราส่วนผสม ผงถ่าน: แป้งมันสำปะหลัง : น้ำ (โดยน้ำหนัก)	ค่าดัชนีการแทรก่วนของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม			
		ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ค่าเฉลี่ย
1	1 : 1 : 0.75	0.96	0.94	0.95	0.95
2	2 : 1 : 0.50	0.98	0.97	0.97	0.97
3	3 : 1 : 0.25	0.97	0.95	0.96	0.96

จากการพิจารณาตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบดัชนีการแทรก่วนของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามทั้ง 3 สูตร พบว่าค่าดัชนีการแทรก่วนของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามทั้ง 3 สูตร มีค่าที่ใกล้เคียงกัน คือ สูตรที่ 1 อัตราส่วน 1 : 1 : 0.75 โดยน้ำหนัก มีค่าดัชนีการแทรก่วนเท่ากับ 0.95 , สูตรที่ 2 อัตราส่วน 2 : 1 : 0.50 โดยน้ำหนัก มีค่าดัชนีการแทรก่วนเท่ากับ 0.97 และสูตรที่ 3 อัตราส่วน 3 : 1 : 0.25 โดยน้ำหนัก มีค่าดัชนีการแทรก่วนเท่ากับ 0.96 ตามลำดับ

4.5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของถ่านอัดแท่ง

จากการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของถ่านอัดแท่งในงานวิจัยนี้เป็นการนำถ่านอัดแท่งแต่ละสูตรไปประยุกต์ใช้ในการต้มน้ำ แล้วบันทึกข้อมูลอุณหภูมิของน้ำทุกๆ 5 นาทีอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งน้ำในหม้อต้มน้ำมีอุณหภูมิลดลงเป็น 50 องศาเซลเซียส จึงหยุดการเก็บข้อมูลอุณหภูมิของน้ำภายในหม้อต้ม ซึ่งจะทำให้การทดลองทั้งสิ้น 3 ครั้ง แล้วนำผลมาหาค่าเฉลี่ยผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของถ่านอัดแท่งโดยตลอดระยะเวลาในการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานนั้น ถ่านอัดแท่งทุกสูตรที่เมื่อติดไฟ พบว่าไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น ไม่มีควัน และไม่มีการออกมาขณะที่ถ่านเกิดการเผาไหม้ สำหรับผลของการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ต้มน้ำภายในหม้อเมื่อเทียบกับระยะเวลาเปลี่ยนไปเมื่อใช้ถ่านอัดแท่งแต่ละสูตร จะเป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของถ่านอัดแท่งได้ ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของถ่านอัดแท่งสามารถดูได้ในภาคผนวก ก และผลของอุณหภูมิภายในหม้อเทียบกับระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อใช้ถ่านอัดแท่งแต่ละสูตรเป็นดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ผลของอุณหภูมิน้ำภายในหม้อเทียบกับระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป

จากการพิจารณารูปที่ 4.1 ผลของอุณหภูมิน้ำภายในหม้อเทียบกับระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อใช้ถ่านอัดแท่งแต่ละสูตร พบว่ามีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำภายในหม้อเมื่อระยะเวลาเปลี่ยนไปในทิศทางเดียวกัน โดยในช่วงแรกของการใช้งานจะให้ความร้อนกับน้ำภายในหม้อต้มที่อุณหภูมิใกล้เคียงกัน และเมื่อใช้งานต่อไปเรื่อยๆ ถ่านอัดแท่งแต่ละสูตรจะให้ความร้อนกับน้ำที่อุณหภูมิลดลงเรื่อยๆ อย่างช้าๆ ซึ่งผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำเมื่อเวลาเปลี่ยนไปจะเป็นตัวสะท้อนถึงประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของถ่านอัดแท่งได้

จากการพิจารณารูปที่ 4.1 และตารางในภาคผนวก ก พบว่าประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของถ่านอัดแท่งสูตรที่ให้ความร้อนได้ยาวนานที่สุด คือ ถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามสูตรที่ 2 อัตราส่วน 2 : 1 : 0.50 โดยน้ำหนัก ซึ่งทำให้น้ำในหม้อมีอุณหภูมิลดลงประมาณ 50 องศาเซลเซียส ที่เวลา 440 นาที รองลงมา ถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามสูตรที่ 3 อัตราส่วน 3 : 1 : 0.25 โดยน้ำหนัก มีอุณหภูมิลดลงประมาณ 50 องศาเซลเซียส ที่เวลา 430 นาที รองลงมาอันดับ 3 คือ ถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามสูตรที่ 3 อัตราส่วน 3 : 1 : 0.25 โดยน้ำหนัก มีอุณหภูมิลดลงประมาณ 50 องศาเซลเซียส ที่เวลา 370 นาที และถ่านอัดแท่งที่มีประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนต่ำที่สุด คือ ถ่านอัดแท่งที่ซื้อตามท้องตลาด มีอุณหภูมิลดลงประมาณ 50 องศาเซลเซียส ที่เวลา 300 นาที

4.6 ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติถ่านอัดแท่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

จากการทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามและการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนนั้น จึงได้นำผลมาทำการเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง มพข. 238/2547 เป็นดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง

ลำดับ ที่	มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง (มพข. 238/2547)		ผลการทดสอบ ถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามแต่ละสูตร		
			1 : 1 : 0.75	2 : 1 : 0.50	3 : 1 : 0.25
1	ลักษณะ ทั่วไป	ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปทรงเดียวกัน ขนาดใกล้เคียงกัน มีสีดำสม่ำเสมอ ไม่เปราะ อาจแตกหักได้บ้าง	ตาม มาตรฐาน	ตาม มาตรฐาน	ตาม มาตรฐาน
2	ค่าความร้อน	ไม่น้อยกว่า 5,000 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม	5,240	5,730	5,270
2	ความชื้น	ไม่เกิน 8 %	5.2	6.1	5.5
3	ดัชนี การแตกร่วน	มีค่าระหว่าง 0.50 - 1.0	0.95	0.97	0.96
4	การใช้งาน	เมื่อติดไฟต้องไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น ไม่มีควันและกลิ่น	ตาม มาตรฐาน	ตาม มาตรฐาน	ตาม มาตรฐาน

จากการพิจารณาตารางที่ 4.5 ผลการเปรียบเทียบถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามทั้ง 3 สูตรเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง พบว่าถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามทั้ง 3 สูตรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง มพข. 238/2547

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยนี้ได้ทำการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม โดยเริ่มจากการสร้างเตาเผาถ่านเพื่อนำเปลือกมะขามที่เหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปมะขามมาทำการเผาให้กลายเป็นถ่าน จากนั้นนำถ่านเปลือกมะขามมาทำการบดย่อยละเอียด แล้วนำมาผสมกับแป้งมันสำปะหลังและน้ำตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ คือ ผงถ่านเปลือกมะขาม : แป้งมันสำปะหลัง : น้ำ ในอัตราส่วน 1: 1: 0.75 2: 1: 0.50 และ 3: 1: 0.25 โดยน้ำหนัก นำมาทำการอัดเป็นแท่งด้วยเครื่องอัดถ่านแบบสกรูเดี่ยว จนได้ถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามออกมา แล้วจึงนำไปทำการทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม พบว่าลักษณะรูปทรงของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามทั้ง 3 สูตร มีรูปทรงเดียวกัน มีขนาดใกล้เคียงกัน มีสีดำสม่ำเสมอ ไม่เปราะ มีการแตกหักบ้างเล็กน้อย เมื่อติดไฟไม่มีสะเก็ด ไม่มีควันและกลิ่น สำหรับการทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามทั้ง 3 สูตร ตามอัตราส่วน 1: 1: 0.75 2: 1: 0.50 และ 3: 1: 0.25 โดยน้ำหนัก จะทำการทดสอบเพื่อหา 1) ค่าความร้อน 2) ปริมาณความชื้น 3) ดัชนีการแตกร่วน และ 4) ประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน พบว่าผลการทดสอบค่าความร้อนเท่ากับ 5,240 5,730 และ 5,270 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณความชื้นเท่ากับ 5.2 6.1 และ 5.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ค่าดัชนีการแตกร่วนเท่ากับ 0.95 0.97 และ 0.96 ตามลำดับ และประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน พบว่ามีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในหม้อต้มน้ำเมื่อเวลาเปลี่ยนไปในทิศทางเดียวกัน โดยใช้ระยะเวลาที่ทำให้ให้น้ำในหม้อต้มลดลงประมาณ 50 องศาเซลเซียส ที่เวลาเท่ากับ 330 440 และ 430 นาที ตามลำดับ

จากผลทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามทั้ง 3 สูตร ในงานวิจัยครั้งนี้เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง มผช. 238/2547 พบว่าถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามทั้ง 3 สูตร เป็นไปตามข้อกำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง มผช. 238/2547 ทุกข้อกำหนด คือ รูปทรงของถ่านอัดแท่งจะต้องมีรูปทรงเดียวกัน ขนาดใกล้เคียงกันมีสีดำสม่ำเสมอ ไม่เปราะ อาจแตกหักได้บ้าง, ปริมาณความชื้น ไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก, ค่าความร้อน ไม่น้อยกว่า 5,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม และค่าดัชนีการแตกร่วนมีค่าระหว่าง 0.50 – 1.0 นอกจากนี้ยังพบว่าถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามมีประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อนที่ดี เมื่อติดไฟต้องไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น ไม่มีควัน และกลิ่นฉุน และยังสามารถให้ความร้อนเป็นระยะเวลา

ที่ยาวนาน จึงสามารถสรุปได้ว่าเปลือกมะขามซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามสามารถนำมาใช้ประโยชน์เพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นถ่านอัดแท่งได้ โดยถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามทั้ง 3 สูตร ในงานวิจัยครั้งนี้ สามารถนำมาใช้ในชีวิตประจำวันสำหรับการหุงต้มในครัวเรือนได้จริง โดยสูตรที่ดีที่สุด คือ ผงถ่านเปลือกมะขาม : แป้งมันสำปะหลัง : น้ำ ในอัตราส่วน 2: 1: 0.50 โดยน้ำหนัก หากในอนาคตมีการนำเปลือกมะขามมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งใช้ในครัวเรือนกันอย่างแพร่หลาย ก็จะเป็นการกำจัดขยะประเภทเปลือกมะขามที่มีปริมาณมาก และเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเปลือกมะขามได้อีกด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรทำการศึกษาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามเทียบกับถ่านอัดแท่งที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดโดยใช้อัตราส่วนผสมในการผลิตที่มีปริมาณเท่ากัน เพื่อให้ผลการทดสอบมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

5.2.2 ควรเลือกทำการผลิตถ่านอัดแท่งในช่วงที่ไม่มีฝน เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตและถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้จะมีปริมาณความชื้นที่สูง จึงมีข้อจำกัดของการทำให้แห้ง

5.2.3 ในการวิจัยครั้งต่อไปควรทำการศึกษาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเปลือกมะขามแต่ละสายพันธุ์

5.2.4 ในการวิจัยครั้งต่อไปควรทำการศึกษาหาวัตถุดิบชนิดอื่นๆ มาใช้เป็นตัวประสานทดแทนแป้งมันสำปะหลัง โดยวัตถุดิบที่ใช้เป็นตัวประสานจะต้องมีต้นทุนต่ำ หาได้ง่าย และไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อร่างกายมนุษย์

5.2.5 ในการวิจัยครั้งต่อไปควรทำการศึกษาคุณสมบัติอื่นๆ ด้วย เช่น ความหนาแน่น, ค่าคาร์บอนคงตัว, ปริมาณเถ้า และการทดสอบผลของการเกิดมลพิษต่อร่างกายมนุษย์ เมื่อมีการนำถ่านอัดแท่งไปใช้งานในการปิ้งย่าง

บรรณานุกรม

- ไกรสร รวยป้อม และอัครพงศ์ สถากรินทุ. (2559). **พลังงานทดแทนในการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทางการเกษตร**. รายงานการวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศวันออก ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559. มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศวันออก. ชลบุรี.
- ณัฐพร เมาระพงษ์. (2557). **แผ่นดูดซับเสียงจากเปลือกมะขาม**. ปรินญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา นวัตกรรมอาคาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาคาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- ณิชนันท์ คำวนสินธุ์ และ สมชาย มณีวรรณ, และอนุสรณ์ วรสิงห์. (2551). **การผลิตถ่านกัมมันต์จากเปลือกมะขามเพื่อนำไปประยุกต์ใช้เป็นตัวกรองอากาศในโรงเรียนอุตสาหกรรมพนัสนิคม**. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์งบประมาณรายได้คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ 2561.
- ธนศ ไชยชนะ และจอมภพ แววศักดิ์ และจตุพร แก้วอ่อน และอุษา อันทอง. (2557). **สมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของถ่านเปลือกมังคุด**. บทความประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 24 ประจำปี 2557. หน้า 29 – 36.
- นริศ ชุติสว่าง. (2556). **การผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนในกลุ่มวิสาหกิจชุมชนตำบลเกวียนหักอำเภอขลุ้ง จังหวัดจันทบุรี**. ปรินญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี. จันทบุรี.
- นฤภัทร ตั้งมั่นคงวรกุล และ พัทธี ปรีดาสุริยะชัย. (2558). **การศึกษาการเผาไหม้และค่าการใช้ประโยชน์ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง**. บทความวารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). ปีที่ 7. ฉบับที่ 13. มกราคม - มิถุนายน 2558. หน้า 15 – 26.
- ประสาน สติธธิ์และศักดิ์ และฐานิตย์ เมธิยานนท์ และสมชาติ โสภณธรรมฤทธิ์. (2549). **การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชันจากกะลามะพร้าวโดยใช้ฟางข้าวหมักและโมลาสเป็นตัวประสาน**. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 2549. ปีที่ 28. ฉบับที่ 6. พฤศจิกายน – ธันวาคม 2549. หน้า 1305-1316.
- พงษ์ศักดิ์ อยู่มน. (2559). **การพัฒนาเครื่องอัดแท่งถ่านในรูปแบบเกลียวอัดเย็นสำหรับเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษวัสดุเหลือใช้จากกระบวนการผลิตกาแฟชุมชนและการหาคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงจากผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่ง**. บทความวารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ปีที่ 9 ฉบับที่ 1. มกราคม – มิถุนายน 2559. หน้า 34 – 48.

- พรชัย ราชตะนະพันธุ์, กนกศักดิ์ ลอยเลิศและ ดำรง ใจเขื่อนแก้ว. (2553). ผลของปริมาณของกา
แป้งผสมและขนาดผงจากเปลือกมะขามต่อคุณสมบัติของแผ่นขึ้นไม้อัด. บทความการ
ประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48. 3 – 5 กุมภาพันธ์ 2553. หน้า 1-7.
- รุ่งโรจน์ พุทธิสกุล และอุปวิทย์ สุวคันทรกุล และอัมพร ภูษรรัตน์. (2553). การผลิตถ่านอัดแท่ง
จากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเห้งน้ำมันล้าปะหลัง. ปรินญาการศึกษาหาบัณฑิต สาขาวิชา
อุตสาหกรรมการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. กรุงเทพฯ.
- วนิดา จาดคำ. (2548). การศึกษาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากกากชาเขียวที่ผลิตโดยเครื่องอัดแบบ
เกลียว. ปรินญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชวมงคล
ตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี. จันทบุรี.
- วิทยา หนูช่วงสิงห์. (2552). การออกแบบและสร้างเครื่องปั้นเนื้อมะขามแก้ว. ปรินญาเทคโนโลยี
บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. เพชรบูรณ์.
- ศิริชัย ต่อสกุล และคุณทล ทองศรี และจงกล สุภารัตน์. (2555). การพัฒนาถ่านอัดแท่งจากกาก
มะพร้าวเป็นพลังงานทดแทน. บทความประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม
ประจำปี 2555. 17 – 19 ตุลาคม 2555 ชะอำ เพชรบุรี. หน้า 1381 – 1386.
- สมเดช ศิริโสภณ, วิโรจน์ โชคอุดมชัย และปริญญ เทียนนาวา. (2554). การศึกษาความเป็นไปได้
ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดโดยกลุ่มอาชีพของจังหวัดเพชรบูรณ์. ปรินญา
เทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.
เพชรบูรณ์.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อนแต่ละสูตร

ตารางที่ ก.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อนแต่ละสูตร

ระยะเวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°C) ของน้ำที่ต้มด้วยถ่านอัดแท่งแต่ละสูตร			
	1 : 1 : 0.75	2 : 1 : 0.50	3 : 1 : 0.25	ซื้อตามท้องตลาด
0	25	25	25	25
5	42.3	43.4	43.8	45.2
10	53	68.9	60.8	71.1
15	72.7	97.1	76.5	96.5
20	87.7	99.1	99.5	99.2
25	100.4	99.4	100.4	99.5
30	100.4	100.1	100.2	99.1
35	100.4	100.1	100.2	99.2
40	100.4	100.4	100.5	98.9
45	100.4	100.4	100.6	99.9
50	100.4	100.3	100.2	100.1
55	100.4	100.2	100.4	100.2
60	100.2	100.5	100.4	100.2
65	100.7	100.6	100.4	100.2
70	100.6	100.4	100.3	100.3
75	100.1	100.3	100.2	100.2
80	100.5	100.1	100.2	100.2
85	100.1	100	99.9	100
90	100.1	100.2	98.7	99.8
95	100.5	99.39	97.8	99.6
100	99.4	99.8	98.9	99.6
105	99.7	99.9	99.1	99.3
110	99.4	100	100	99.1
115	99.7	99.7	99.8	99.1

ตารางที่ ก.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อนแต่ละสูตร (ต่อ)

ระยะเวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°C) ของน้ำที่ต้มด้วยถ่านอัดแท่งแต่ละสูตร			
	1 : 1 : 0.75	2 : 1 : 0.50	3 : 1 : 0.25	ซื้อตามท้องตลาด
120	98.9	99.8	100	98.9
125	99.7	99.6	99.9	98.8
130	98.7	99.6	99.3	99.1
135	99.1	100.1	98.8	98.4
140	97.4	100.2	98.7	98.9
145	97.3	100.1	98.9	98.6
150	97.3	100	98.9	96.8
155	96.7	99.9	98.3	95.7
160	95.9	99.9	97.9	94.3
165	94.9	99.7	97.7	92.8
170	93.2	99.7	96.4	92
175	93.3	99.6	96.4	91.6
180	93.6	99.5	95.6	91.3
185	93.1	99.2	94.2	89.7
190	93	99	93.8	88.9
195	91.8	98.8	92.8	87.5
200	91	98.4	91.2	86.4
205	90.2	98.3	91.2	85.9
210	89.2	98.4	89.8	83.9
215	88.4	98.3	88.9	82.3
220	87.6	98.1	90.2	80.8
225	86.8	97.8	87.2	79.3
230	85.9	97.9	87.8	76.1
235	81.3	97.8	88.1	73.8

ตารางที่ ก.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อนแต่ละสูตร (ต่อ)

ระยะเวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°C) ของน้ำที่ต้มด้วยถ่านอัดแท่งแต่ละสูตร			
	1 : 1 : 0.75	2 : 1 : 0.50	3 : 1 : 0.25	ซื้อตามท้องตลาด
240	79.7	97.5	87.1	72.1
245	78.5	98.4	86.6	70.7
250	77.2	98.9	86.4	68.2
255	75.7	98.7	85.4	66.5
260	74.3	98.3	85.1	64.6
265	73.1	97.3	83.2	62.9
270	71.4	96.4	82.6	61
275	69.8	95.3	82	59.3
280	68.6	94.7	81.8	57.5
285	66.8	93.1	81.8	55.1
290	65.3	92	80.6	52.9
295	64	91.6	80.2	51.4
300	63	90	79.4	50.1
305	61.5	89.7	79.9	
310	60.4	88.5	79	
315	58.7	87.1	78.1	
320	57.3	87	77.3	
325	56	86.6	76.7	
330	54.6	86.1	76.1	
335	53.3	85.7	74.4	
340	52.8	85.4	73.1	
345	52.4	84	72.6	
350	51.8	83.6	71.6	
355	51.4	82.1	71.2	

ตารางที่ ก.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อนแต่ละสูตร (ต่อ)

ระยะเวลา (นาทีก)	อุณหภูมิ (°C) ของน้ำที่ต้มด้วยถ่านอัดแท่งแต่ละสูตร			
	1 : 1 : 0.75	2 : 1 : 0.50	3 : 1 : 0.25	ซื้อตามท้องตลาด
360	51	81.9	70	
365	50.7	80.7	68.4	
370	50.1	78.3	67.1	
375		76.6	66.2	
380		74.8	64.8	
385		73.1	62.9	
390		71.4	60.4	
395		69	58.3	
400		67.8	56.9	
405		64.4	55.3	
410		62.9	54.6	
415		60.8	53.7	
420		57.6	51.9	
425		55.7	50.6	
430		53.2	49.8	
435		52.1		
440		50.5		

ประวัติคณะผู้วิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล นางสาวหทัยนุช จันทร์ชัยภูมิ
Miss Hathainuch Janchaiyaphoom
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 1670400078671
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก
สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตและการจัดการ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและ
เทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์
67000
โทรศัพท์ 056-717164 ต่อ 1608, 1609 โทรสาร 056-717164
E-mail hathainuch.jan@gmail.com
5. ประวัติการศึกษา
วศ.ม. (วิศวกรรมการจัดการพลังงาน)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
วศ.บ. (วิศวกรรมอุตสาหการ)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
พลังงาน
วัสดุวิศวกรรม
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย ผู้อำนวยการโครงการวิจัย :-
 - 7.1. หัวหน้าโครงการวิจัย :-
 - 7.2. งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :
 - การออกแบบและพัฒนาชุดคันเร่งใหม่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บรังสีใหม่จากจ่อไม้โดยใช้วัสดุที่มีความยืดหยุ่น. นำเสนอในวารสารการประชุมวิชาการ ระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 1 เครือข่ายสถาบันวิจัย และพัฒนาร่วมกับเครือข่ายวิชาการทางด้านคณิตศาสตร์ “งานวิจัยเพื่อพัฒนาท้องถิ่น” ประจำปี 2557

- การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซลสำหรับใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนวิชาการจัดการพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม นำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยายในการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 2 ประจำปี 2558
- การออกแบบและสร้างอุปกรณ์จับยึดหมุนเพลานางานตัดด้วยแท่นตัดไฟเบอร์ นำเสนอภาคบรรยาย (Oral Presentation) การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ “ราชภัฏวิจัย ครั้งที่ 3” 21 พฤษภาคม 2558 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
- การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ปั๊มโลหะเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตสินค้าของที่ระลึกพวงกุญแจโลหะรูปฝักมะขาม กลุ่มสตรีก้าวหน้า อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ และสำรวจความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์. วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง. 2558; 8(1) : /24-33. TCI กลุ่ม 1
- การพัฒนาวัสดุกันกระแทกจากเกล็ดผสมฟองน้ำยางธรรมชาติเพื่อการขนส่งมะม่วงน้ำดอกไม้. ในการประชุมวิชาการระดับชาติและระดับนานาชาติ มหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปี 2559 วันที่ 29 เมษายน 2559. หน้า 352 - 360.
- การประยุกต์ใช้วิธีอานานิคมดเพื่อจัดเส้นทางการท่องเที่ยวในอำเภอเขาค้อ. ในการประชุมวิชาการการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า (EENET) ประจำปี 2559 ระหว่างวันที่ 25-27 พฤษภาคม พ.ศ. 2559. หน้า 501 - 504.
- การพัฒนาชุดกระทุ้งถ่านสำหรับเตาแก๊สซีฟเอร์. ในการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 3 วันที่ 22 กรกฎาคม 2559; มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.
- การประยุกต์ใช้วิศวกรรมคั่นไซในการพัฒนาเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ขนมทองม้วนของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปบ้านกุดกุ่ม ตำบลบึงคล้า อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ เสนอขอกุณวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 2559

- การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ OTOP ด้วยวิศวกรรมการเคลือบผิว:
กรณีศึกษาสินค้ากลุ่มตีมิดบ้านใหม่และสินค้ากลุ่มสตรี
ข้าวหน้า อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ เสนอขอทุนวิจัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 2559