



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น

(Charcoal Briquette from Rural Residue Material)

โดย

รอกีเยาะ สาและ

ฮาดีมะะฮะ ฮูตูลู

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษาประจำปี 2554

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น

(Charcoal Briquette from Rural Residue Material)

โดย

รอกียะ สาและ

ฮาดีมาะ ฮูตู

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษาประจำปี 2554

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ใบรับรองการศึกษา

คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
สาขาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์

เรื่อง ถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น

Charcoal Briquette from Rural Residue Material

ผู้ศึกษา นางสาวรอกีเยาะ สาและ รหัสประจำตัวนักศึกษา 405113012

นางสาวฮาดีมะฮะ ฮูตู รหัสประจำตัวนักศึกษา 405113027

รายงานนี้ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชาวิธีวิจัย
วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์) ภาควิชาที่ 1 ปีการศึกษา 2554

.....ประธานกรรมการที่ปรึกษา

(อาจารย์อัสหะฮ์สนิโซ)

..... / /

..... กรรมการที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิวรรณัญญะศิริกุล)

..... / /

..... กรรมการที่ปรึกษา

(อาจารย์อาบีดิน คะแซฮะมาะ)

..... / /

..... อาจารย์ประจำวิชา

(อาจารย์อาบีดิน คะแซฮะมาะ)

..... / /

..... ประธานหลักสูตร

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิวรรณัญญะศิริกุล)

..... / /

ชื่อเรื่อง ถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น
 ผู้วิจัย นางสาวรอกีเยาะ สาและ
 นางสาวฮาดีมาะ ฮูตู
 ระดับการศึกษา ครุศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์)
 ปีการศึกษา 2554
 ประธานกรรมการที่ปรึกษา อาจารย์อัสลีหะ สะนิโซ
 กรรมการที่ปรึกษา ผศ.ฉวีวรรณ ัญญะศิริกุล
 กรรมการที่ปรึกษา อาจารย์อาบีดิน ดะแซสาเมาะ

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมและสมบัติทางกายภาพของถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น โดยทดลองพบว่าค่าความจุความร้อนที่เหมาะสมของถ่าน เฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ $1.002 \pm 0.109 \text{ cal/kg } ^\circ\text{C}$ ที่อัตราส่วนของน้ำต่อแป้งมันสำปะหลังเท่ากับ 2 โดยน้ำหนัก ค่าความหนาแน่นมีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ $4.7 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^3$ ที่อัตราส่วนของน้ำต่อแป้งมันสำปะหลังเท่ากับ 2 โดยน้ำหนัก ค่าสภาพการแตกหักเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.132 Pa ที่อัตราส่วนของน้ำต่อแป้งมันสำปะหลังเท่ากับ 2 โดยน้ำหนัก ค่าอัตราการเผาไหม้ที่ใช้เวลาเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 65 min ที่อัตราส่วนของน้ำต่อแป้งมันสำปะหลังเท่ากับ 2.5 โดยน้ำหนัก โดยถ่านอัดแท่งที่อัตราส่วนของน้ำต่อแป้งมันสำปะหลังเท่ากับ 2 โดยน้ำหนัก เหมาะสมที่สุด

คำสำคัญ : ถ่านอัดแท่ง วัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น พลังงานชีวมวล

Title Charcoal Briquette from Rural Residue Material
Author Miss. Rokeeyoh Saleah
Miss. Haleemoh Hulu
Degree Bachelor of Education (Science)
Academic year 2011
Advisory Mr. Eleeyah Saniso
Co-Advisor Assist. Prof. Chaweewan Thanyasirikul
Co-Advisor Mr. Abedeen Dasaesamoh

Abstract

This research has the objective for seeks physical property of the charcoal compresses from abundant inventory in the locality , by experience meet that , capacity heat value , share topmost equal to 1.002 ± 0.109 cal/kg °C at 2 ratios by the weight , density value is valuable share topmost equal to 4.7×10^{-4} kg/m³ at 2 ratios by the weight , state split value shares topmost equal to 0.132 Pa at 2 ratios s by the weight , rate combustion value that take time to share topmost equal to 65 min at 2.5 ratios s by the weight , by the charcoal compresses at 2 ratios s by the weight , be appropriate most

Keywords : Charcoal Briquette, Rural Residue Material, Biomass

กิตติกรรมประกาศ

รายงานเล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก
อาจารย์อิทธิชัย สนิโซ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฉวีวรรณ ชาญะศิริกุลและ
อาจารย์อับดิน คะแซสาเมะ กรรมการที่ปรึกษา ผู้ศึกษาขอขอบคุณเป็นอย่างสูงยิ่ง

ขอขอบคุณนายนิพนธ์ คงศรีรอด เจ้าของโรงอัดถ่าน ต.นาประดู่ อ.โคกโพธิ์ จ.ปัตตานี ที่ให้
ความสะดวกในการอัดถ่านในงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ นายสุเช็ง ชายดانا และนายนาหวา ลือแบหามะ นักวิทยาศาสตร์ ภาควิชา
วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการใช้เครื่องมือและความสะดวกใน
การใช้สถานที่ทำการทดลอง

รอกีเยาะ สาและ

ฮาดีเมะ ฮูดู

มีนาคม 2555

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(2)
กิตติกรรมประกาศ	(3)
สารบัญ	(4)
สารบัญภาพ	(6)
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 การดำเนินการวิจัย	16
3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล	22
3.3 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	22
บทที่ 4 ผลการวิจัย	24
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปและอภิปรายผล	28
5.2 ข้อเสนอแนะ	28
เอกสารอ้างอิง	29
ภาคผนวก	31
ภาคผนวก ก	32
ภาคผนวก ข	37
ภาคผนวก ค	41

(5)

ภาคผนวก ง

47

ภาคผนวก จ

50

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
3.1	17
3.2	17
3.3	18
3.4	19
3.5	20
3.6	20
3.7	21
3.8	21
3.9	22
4.1	24
4.2	25
4.3	26
4.4	27

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ประเทศไทย มีผลผลิตทางการเกษตรเพียงพอต่อการบริโภคและส่งออกไปยังต่างประเทศในแต่ละปี นอกจากผลผลิตทางการเกษตรแล้วยังมีทรัพยากรธรรมชาติมากมาย เช่น เศษไม้ยางพารา เศษไม้ยูคาลิปตัส ขี้เถ้าไม้ ใยมะพร้าว กะลามะพร้าว แกลบ อ้อย ชังข้าวโพด กาบมะพร้าว จี้เลื่อย และกะลามะพร้าว การนำทรัพยากรธรรมชาติเหล่านั้นมาทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดเพิ่มมูลค่าโดยไม่ต้องลงทุนมาก อาทิเช่น การผลิตถ่านและการแปรรูปถ่านเป็นถ่านอัดแท่งหรือก้อน (Briquette) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้ประกอบการให้ความสนใจ เนื่องจากใช้สะดวก ไม่มีควัน และเผาไหม้ได้นานเมื่อเทียบกับถ่านก้อนที่ขายตามท้องตลาด แต่ส่วนใหญ่ถ่านอัดแท่งยังขาดประสิทธิภาพในการใช้งาน ได้แก่ มีลักษณะเปราะ มีความชื้นเมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ทำให้เกิดเชื้อรา ติดไฟยาก ระยะเวลาเผาไหม้สั้น และมีควัน นอกจากนี้การผลิตถ่านอัดแท่งเพื่อใช้ในการปรุงอาหาร ปิ้ง ย่าง ซึ่งส่วนมากเป็นถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากจี้เลื่อยและกะลามะพร้าว ส่วนถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเศษวัสดุอื่น ได้แก่ จี้เลื่อย แกลบ กาบมะพร้าว และชังข้าวโพดยังไม่แพร่หลาย ฉะนั้นจึงต้องการนำวัสดุเหล่านั้นเป็นวัตถุดิบในการผลิตเพราะเป็นวัตถุดิบที่มีอยู่ในท้องถิ่นและเหลือจากการใช้งานในปริมาณมาก (ถ่านอัดแท่ง, 2554)

ในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ถือว่าเป็นพื้นที่ที่อุดมสมบูรณ์ในด้านการเกษตร ทำให้มีวัสดุเหลือใช้ ได้แก่ จี้เลื่อย แกลบ และกะลามะพร้าว เหล่านี้เหลืออยู่เป็นจำนวนมาก ถ้าเราสามารถแปรรูปผลิตภัณฑ์เหล่านั้นให้สามารถนำมาใช้งานได้และเพิ่มมูลค่าทดแทนการใช้ไม้และแก๊สหุงต้มที่มีราคาแพง การผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น เป็นอีกวิธีการหนึ่งในการแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงที่มีประโยชน์ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและได้ศึกษาสมบัติทางกายภาพของถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญดังกล่าวและมีความสนใจวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น (จี้เลื่อย แกลบ และกะลามะพร้าว) มาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นพลังงานเชื้อเพลิง เพื่อช่วยลดการใช้พลังงานจากถ่านไม้ธรรมชาติ โดยมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งแล้วทดสอบสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความจุความร้อน ค่าความหนาแน่น ค่าสภาพการแตกหัก และค่าอัตราการเผาไหม้ เพื่อประยุกต์ใช้วัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์กับครัวเรือน

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมสำหรับถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น
2. เพื่อหาสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความจุความร้อน ค่าความหนาแน่น ค่าสภาพการแตกหัก และค่าอัตราการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ผู้วิจัยจึงกำหนดขอบเขตไว้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น (ขี้เลื่อย แกลบ และกะลามะพร้าว) โดยทำการเผาวัตถุดิบทั้งหมดด้วยเตาเผา ยี่ห้อ CABOLICE รุ่น OWS ที่อุณหภูมิ 300 °C เพื่อให้เป็นถ่านแล้วบดให้ละเอียด จากนั้นนำวัตถุดิบทั้งหมดมาผสมตามอัตราส่วนที่กำหนด โดยใช้มันสำปะหลังเป็นตัวเชื่อม และผสมส่วนผสมระหว่างขี้เลื่อย : แกลบ : กะลามะพร้าว ที่อัตราส่วน 1 : 1 : 1 โดยน้ำหนักโดยเปลี่ยนอัตราส่วนของน้ำต่อแป้งมันสำปะหลังดังนี้ 2 : 2.5 : 3 โดยน้ำหนักแล้วไปอัดให้ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดถ่านมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูกลวง 1.5 cm ความยาว 7 – 8 cm โดยอัดถ่านแท่ง ขนาดแรงอัด 10 แรงม้า จาก ตำบลนาประดู่ อำเภอโคกโพธิ์ จังหวัดปัตตานี จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการทำให้แห้ง โดยใช้ตู้อบ

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น คือ ถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น (ขี้เลื่อย แกลบ และกะลามะพร้าว)

ตัวแปรตาม คือ สมบัติทางกายภาพ

ตัวแปรควบคุม คือ

1. อัตราส่วนของ ขี้เลื่อย แกลบ และกะลามะพร้าว
2. มันสำปะหลัง
3. อุณหภูมิการเผา
4. น้ำ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความจุความร้อน ค่าความหนาแน่น ค่าสภาพการแตกหัก และค่าอัตราการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น
2. สามารถนำวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในครัวเรือน

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ถ่านอัดแท่ง (Briquette) คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผสมกันระหว่าง ขี้เลื่อย แกลบ และ กะลามะพร้าว ที่อัตราส่วนต่างๆแล้วอัดให้เป็นถ่าน

2. แป้งมันสำปะหลัง หมายถึง แป้งที่ได้จากมันสำปะหลังขูดละเอียดแล้วตากแดดให้แห้งแล้วนำมาบดให้เป็นผงละเอียด

3. อัตราส่วนผสม หมายถึง ส่วนผสมระหว่าง ขี้เลื่อย : แกลบ : กะลามะพร้าว ที่อัตราส่วน 1 : 1 : 1 โดยน้ำหนัก โดยเปลี่ยนอัตราส่วนของน้ำต่อแป้งมันสำปะหลังดังนี้ 2 : 2.5 : 3 โดยน้ำหนัก แล้วจึงนำไปอัดขึ้นรูปตามแบบที่กำหนด

4. สมบัติทางกายภาพ คือ ค่าความจุความร้อน ค่าความหนาแน่น ค่าสภาพการแตกหัก และ อัตราการเผาไหม้

4.1 ค่าความจุความร้อน (Heat capacity) คือ ปริมาณพลังงานความร้อนที่ทำให้ถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นนั้นมีอุณหภูมิเปลี่ยนไป 1 หน่วยองศา

4.2 ค่าความหนาแน่น (Density) คือ อัตราส่วนของน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น

4.3 ค่าสภาพการแตกหัก (Destruction state) คือ สภาพการแตกหักที่มีมวลเหลือคือน้ำหนัก 689 g มากระทบกับถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น

4.4 อัตราการเผาไหม้ (Combustion rate) คือ ระยะเวลาการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นไปเผาแล้วจับเวลาในการเผาไหม้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง คณะผู้วิจัยได้มีการรวบรวมข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการผลิตถ่านอัดแท่ง เพื่อใช้ในการศึกษา ค้นคว้าที่ต้องใช้ประกอบในงานวิจัย โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ เอกสารที่เกี่ยวข้อง และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ถ่านอัดแท่ง

ถ่านอัดแท่ง คือ วัสดุที่สามารถให้ความร้อนที่มีลักษณะเป็นก้อนหรือแท่ง เพื่อนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อน โดยส่วนมากแล้วจะใช้สำหรับประกอบการทำอาหารปิ้งย่าง เป็นถ่านที่ทำจากวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติ ซึ่งเป็นกะลามะพร้าวหรือเกล็ดและสามารถนำมาแทนถ่านไม้ธรรมชาติได้ คุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจะให้ความร้อนสูงสม่ำเสมอ ติดไฟทนนานกว่าถ่านธรรมชาติทั่วไปประมาณ 7 h เนื่องจากถ่านอัดแท่งได้ผ่านกระบวนการอัดความร้อนสูงและผ่านการอบที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นระยะเวลา 72 h ซึ่งจะช่วยให้ถ่านอัดแท่งมีความหนาแน่น แข็ง และทนทานกว่าถ่านธรรมชาติ นอกจากนี้ถ่านอัดแท่งสามารถจุดไฟติดได้ง่ายและไม่มีประกายไฟปะทุ ที่สำคัญถ่านอัดแท่งจะไม่มีควันที่เกิดจากถ่านอัดแท่งจะมีน้อย ช่วยให้ผู้ใช้บริโภคเกิดความปลอดภัยต่อสุขภาพ และภาชนะที่ใช้ในการหุงต้มไม่ดำ (ถ่านอัดแท่ง, 2554)

2.1.2 พลังงาน

พลังงาน (Energy) หมายถึง ความสามารถในการทำงาน เราใช้พลังงานในการทำกิจกรรมหรือทำงานต่างๆ เช่น เดิน หายใจ การเจริญเติบโต เพาะปลูก เป็นต้น พลังงานมีหลายรูปแบบ พลังงานสามารถเปลี่ยนจากรูปหนึ่งไปสู่อีกรูปหนึ่ง เช่น พลังงานเคมีจากน้ำมันเชื้อเพลิงเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานความร้อนในเครื่องยนต์ จากนั้นเปลี่ยนเป็นพลังงานกลทำให้เครื่องยนต์เคลื่อนที่ เราสามารถแบ่งพลังงานออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. พลังงานศักย์ (Potential energy) หมายถึง ศักยภาพที่จะทำให้เกิดงาน ซึ่งมีอยู่ในวัตถุที่หยุดนิ่ง เช่น เชื้อเพลิง อาหาร เป็นต้น

2. พลังงานจลน์ (Kinetic energy) หมายถึง พลังงานซึ่งเกิดจากการเคลื่อนที่ ตัวอย่างเช่น เมื่อเราใช้ก้อนตอกตะปู ก้อนทำให้เกิดพลังงานจลน์ดันตะปูให้เคลื่อนที่ ยิ่งก้อนมีมวลมากและมีความเร็วสูง พลังงานจลน์ก็ยิ่งมาก

พลังงานทดแทน หมายถึง พลังงานที่นำมาใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิง สามารถแบ่งตามแหล่งที่ได้มาเป็น 2 ประเภท คือ

1. พลังงานสิ้นเปลือง ได้แก่ ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ นิวเคลียร์ หินน้ำมัน และทรายน้ำมัน เป็นต้น
2. พลังงานพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) ได้แก่ แสงอาทิตย์ ลม ชีวมวล น้ำ และไฮโดรเจน เป็นต้น (ไกรพัฒน์, 2550)

2.1.3 มาตรฐานของถ่านอัดแท่ง

ถ่านอัดแท่งที่ใช้นั้น ควรมีมาตรฐานเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพ โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช.) กำหนดดังนี้

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะถ่านอัดแท่งที่ทำจากถ่านผงหรือถ่านเม็ดมาอัดเป็นแท่ง หรือทำจากวัสดุธรรมชาติมาอัดเป็นแท่งแล้วเผาจนเป็นถ่าน

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 ถ่านอัดแท่ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม ชังข้าวโพด มาเผาจนเป็นถ่าน อาจนำมาบดเป็นผงหรือเม็ดแล้วอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการ หรือนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น แกลบ จี่เลื้อย มาอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการแล้วจึงนำมาเผาเป็นถ่าน

2.2 ค่าความร้อน หมายถึง พลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาถ่านหนัก 1 กรัม มีหน่วยเป็นแคลอรีต่อกรัม

3. คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1 ลักษณะทั่วไป

ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปทรงเดียวกัน ขนาดใกล้เคียงกัน มีสีสม่ำเสมอ ไม่เปราะ อาจแตกหักได้บ้าง

3.2 การใช้งาน

เมื่อติดไฟต้องไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น ไม่มีควันและกลิ่น

3.3 ความชื้น

ต้องไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก

3.4 ค่าความร้อน

ต้องไม่น้อยกว่า 5000 cal/g

4. การบรรจุ

4.1 หากมีการบรรจุ ให้บรรจุถ่านอัดแท่งในภาชนะที่สะอาดแห้ง และสามารถป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับถ่านอัดแท่งได้

4.2 น้ำหนักสุทธิของถ่านอัดแท่งในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

5. เครื่องหมายและฉลาก

5.1 ที่ฉลากหรือภาชนะบรรจุถ่านอัดแท่งทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีตัวเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียด ต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่ายชัดเจน

(1) ชื่อผลิตภัณฑ์

(2) ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำ

(3) น้ำหนักสุทธิ

(4) เดือน ปีที่ทำ

(5) ข้อเสนอแนะในการใช้

(6) ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

6. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

6.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ถ่านอัดแท่งที่ทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

6.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี

6.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวนไม่น้อยกว่า 3 kg เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.1 ข้อ 4. และข้อ 5. จึงจะถือว่าถ่านอัดแท่งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

6.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบการใช้งาน ความชื้น และค่าความร้อน ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ 3.2 ถึงข้อ 3.4 จึงจะถือว่าถ่านอัดแท่งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

6.3 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างถ่านอัดแท่งต้องเป็นไปตามข้อ 6.2.1 และข้อ 6.2.2 ทุกข้อ จึงจะถือว่าถ่านอัดแท่งรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานชุมชนนี้

7. การทดสอบ

7.1 การทดสอบลักษณะทั่วไป ภาชนะบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ใช้ตรวจพินิจ

7.2 การทดสอบการใช้งาน

ให้ทดสอบโดยการจุดตัวอย่างถ่านอัดแท่ง แล้วตรวจพินิจ

7.3 การทดสอบความชื้น

ให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D 3173

7.4 การทดสอบค่าความร้อน

ให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D 5865

7.5 การทดสอบน้ำหนักสุทธิ

ให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

2.1.3 ความจุความร้อน

ความจุความร้อน (Heat capacity) หมายถึง ปริมาณพลังงานความร้อนที่ทำให้วัตถุนั้นมีอุณหภูมิเปลี่ยนไป 1 หน่วยของศา เช่น การทำให้เหล็กก้อนหนึ่งมีอุณหภูมิสูงขึ้น ต้องใช้ความร้อน 1.13 Cal เรียกว่า เหล็กมีความจุความร้อน 1.13 Cal ในการคำนวณใช้ “C” เป็นสัญลักษณ์แทนความจุ

ความร้อน SI หน่วย ของความจุความร้อนเป็นหน่วย ปริมาณความร้อน/อุณหภูมิ (Cal/g °C) สามารถเขียนเป็นสมการดังนี้

$$M_c = \frac{M_c c_c (T - T_1) + M_w c_w (T - T_1)}{(T_2 - T)} \quad (2.1)$$

และความจุความร้อนของแคลอริมิเตอร์สามารถเขียนสมการดังนี้

$$M_c c_c = \frac{M_{w2} c_w (T_2 - T) - M_{w1} c_w (T - T_1)}{(T - T_1)} \quad (2.2)$$

ความจุความร้อนจำเพาะ (Specific heat capacity) หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ทำให้วัตถุมวล 1 หน่วยมีอุณหภูมิเปลี่ยนไป 1 องศา เช่น ในการทำให้น้ำ 1 กรัมมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น จะต้องให้ความร้อนกับน้ำ 1.007 Cal เรียกว่า น้ำที่มีความจุความร้อนจำเพาะเท่ากับ 1.007 Cal/g ในการคำนวณใช้ “c” เป็นสัญลักษณ์แทนความจุความร้อนจำเพาะของวัตถุ มีหน่วยเป็นปริมาณความร้อน/อุณหภูมิ (Cal/ g °C) สามารถเขียนสมการได้ดังนี้ (ความจุความร้อน, 2554)

$$c = \frac{M_c c_c (T - T_1) + M_w c_w (T - T_1)}{M(T_2 - T)} \quad (2.3)$$

เมื่อ	$M_c c_c$	คือ ความจุความร้อนของแคลอริมิเตอร์ (Cal/ g °C)
	M_w	คือมวลของน้ำ (m ³)
	c_w	คือความจุความร้อนของน้ำ (Cal/ g /m ³)
	M	คือ มวลของวัตถุ (g)
	T_1	คือ อุณหภูมิของวัตถุ (°C)
	T_2	คืออุณหภูมิของน้ำร้อน (°C)
	T	คืออุณหภูมิของวัตถุที่น้ำร้อนผสมอยู่ (°C)
	C	คือ ความจุความร้อนจำเพาะ (Cal/ g °C)

2.1.4 ความหนาแน่น (Density)

ความหนาแน่น (Density) หมายถึง อัตราส่วนของน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตร ยิ่งวัตถุมีความหนาแน่นมากขึ้น มวลต่อหน่วยปริมาตรก็ยิ่งมากขึ้น กล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ วัตถุที่มีความหนาแน่นสูง จะมีปริมาตรน้อยกว่าวัตถุที่มีความหนาแน่นต่ำ ที่มีมวลเท่ากัน

ความหนาแน่นปรากฏ (Apparent density) หมายถึง เป็นความหนาแน่นที่รวมช่องว่างที่เกิดขึ้นทั้งหมดในโครงสร้างหรือความหนาแน่นเฉลี่ย (Average density) ซึ่งหาได้จากผลหารระหว่างมวลรวมกับปริมาตรรวม ดังสมการนี้ (ความหนาแน่น, 2554)

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.4)$$

เมื่อ	ρ	คือ ความหนาแน่นของวัตถุ (kg/m^3)
	m	คือ มวลรวมของวัตถุ (kg)
	V	คือ ปริมาตรรวมของวัตถุ (m^3)

2.1.5 พลังงานศักย์โน้มถ่วง

พลังงานศักย์โน้มถ่วง (Gravitational potential energy) หมายถึง พลังงานที่สะสมอยู่ในวัตถุที่อยู่สูงจากพื้นโลกขึ้นไปและวัตถุนั้นอยู่ในแนวดิ่ง

ปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานศักย์โน้มถ่วง คือ

1. มวลของวัตถุ วัตถุที่มีมวลมาก แรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อวัตถุนั้นจะมากทำให้ค่าของพลังงานศักย์โน้มถ่วงมากตามไปด้วย

2. ตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุเป็นระยะความสูงของวัตถุที่อยู่ห่างจากผิวโลกวัตถุที่อยู่ห่างจากผิวโลกมากจะสะสมค่าพลังงานศักย์โน้มถ่วงไว้มากดังนั้นวัตถุที่อยู่สูงจึงมีค่าพลังงานศักย์โน้มถ่วงมากกว่าวัตถุที่อยู่ในระดับต่ำกว่าเมื่อวัตถุอยู่ ณ ตำแหน่งสูงสุดจะมีค่าพลังงานศักย์โน้มถ่วงมากที่สุดและเมื่อวัตถุตกลงถึงผิวโลกจะไม่มีค่าพลังงานศักย์โน้มถ่วงหรือมีค่าพลังงานศักย์โน้มถ่วงเป็นศูนย์ถ้าเรากำหนดให้ E_p แทนพลังงานศักย์โน้มถ่วงสามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุกับมวลและความสูงของวัตถุเป็นสมการได้ดังนี้ (พลังงานศักย์, 2554)

$$E_p = mgh \quad (2.5)$$

เมื่อ	m	คือมวลของวัตถุ (kg)
	g	คือความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (9.8 m/s^2)
	h	คือ ความสูงของวัตถุจากพื้น (m)
	E_p	คือพลังงานศักย์โน้มถ่วง (J)

2.1.6 สภาพการแตกหัก หาได้จากความเค้นอัด

ความเค้นอัด (Bearing stress) เกิดขึ้นบนพื้นผิวสัมผัสระหว่างชิ้นส่วน 2 ชิ้นที่ประกอบ อัดแน่นเข้าด้วยกัน พื้นที่อัด Ab ระหว่างหัวสลักเกลียวและแป้นเกลียว และความเค้นอัดที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวสัมผัสระหว่างแผ่นประกอบด้านข้างของสลักเกลียวหรือสลักยึด พื้นที่อัดในกรณีนี้ใช้เป็นพื้นที่ฉายของสลักเกลียวบนหน้าตัดของแผ่นประกอบ สมมติว่าความเค้นอัดกระจายอย่างสม่ำเสมอบนพื้นที่อัด Ab

พื้นที่หน้าตัดของ Ab หาได้จาก

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

ดังนั้นความเค้นเฉลี่ยคือ

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.6)$$

เมื่อ	σ	คือ ความเค้นเฉลี่ย (Pa)
	F	คือ แรงดึงแนวแกน (N)
	A	คือ พื้นที่อัดแรงภายใน (m^2)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นพพร สุคใจธรรม (2546) ได้ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากกาแฟโดยใช้เครื่องอัดเย็นและมีตัวประสานที่ใช้ในงานวิจัย 3 ชนิดคือ ผักตบชวาหมักเศษมันสำปะหลัง และแป้งเปียก โดยทำการทดลองผลิตทั้งหมด 14 ตัวอย่าง คือ เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากกาแฟผสมผักตบชวาหมักที่อัตราส่วน 5 : 5, 6 : 4, 7 : 3, 8 : 2, 9 : 1 จำนวน 5 ตัวอย่าง เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากกาแฟผสมเศษมันสำปะหลังที่อัตราส่วนเดียวกันกับใช้ผักตบชวาหมักเป็นตัวประสานจำนวน 5 ตัวอย่าง และเชื้อเพลิง

อัดแท่งจากกากกาแฟผสมแป้งเปียกที่อัตราส่วน 7 : 3, 8 : 2, 9 : 1 จำนวน 3 ตัวอย่าง เปรียบเทียบกับการทดลองผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากกาแฟล้วน 1 ตัวอย่าง ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองพบว่ากากกาแฟมีค่าความร้อน 6,038 kcal/kg (25.28 MJ/kg) ซึ่งมีค่าสูงกว่าฟืน (4,436 kcal/kg) แต่ต่ำกว่าถ่านไม้เบญจพรรณ (6,552 kcal/kg) ค่าความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 0.5 - 0.9 g/cm³ ค่าดัชนีแตกร่วนอยู่ระหว่าง 0.82 - 0.99 และมีค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานของความร้อน 13.30 - 23.40 % ซึ่งใกล้เคียงกับฟืนไม้เบญจพรรณ ดังนั้น เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากกาแฟจึงมีความเหมาะสมในการผลิตเพื่อใช้งานโดยเฉพาะใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนในกระบวนการอุตสาหกรรมตลอดจนการใช้งานในระดับครัวเรือน นอกจากนี้ ยังเป็นการลดปริมาณกากกาแฟซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการอุตสาหกรรมที่เป็นปัญหาดอสิ่งแวดล้อม

กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี (2547) ได้ศึกษาปัญหาเชื้อเพลิงในปัจจุบันเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เศรษฐกิจของประเทศตกต่ำลงจึงมีความจำเป็นต้องหาวัสดุที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิง โดยเฉพาะการใช้เป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้มปิ้งย่างของครัวเรือนและร้านอาหารต่างๆ จึงทำให้มีความสนใจในการนำวัสดุคิบหรือวัสดุทางการเกษตรได้แก่ กะลามะพร้าว เศษไม้ยางพารา ขี้เถ้า ไม้ไผ่ กะลาปาล์ม ขี้เลื่อย ช้างข้าวโพด เศษไม้ต่างๆ เป็นต้น มาผลิตเป็นเชื้อเพลิง กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงเป็นการเผาแล้วนำมาอัดเพื่อให้อยู่ในรูปแบบของถ่านอัดแท่งหรือถ่านอัดเป็นก้อนเนื่องจากใช้สะดวกไม่มีควันเผาไหม้ได้นานและราคาไม่สูงมาก เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงอื่น

จุฑามาศ บุษราคัมวดี (2547) ได้ศึกษาสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเห้งมันสำปะหลัง โดยอ้างแหล่งที่มาของวัตถุดิบ 3 แหล่ง คือ โรงงานมันเส้น โรงงานมันสำปะหลัง และแปลงปลูก อัตราส่วนประสานโดยใช้แป้งมันสำปะหลังและน้ำ 3 อัตราส่วน ดังนี้ 0.1 : 0.9 , 0.2 : 0.8 และ 0.3 : 0.7 และขนาดผงดวง 3 ขนาด คือ 5, 10 และ 15 mm จากนั้นศึกษาสมบัติด้านเชื้อเพลิงแบบประมาณตามมาตรฐาน ASTM สมบัติเชิงกล ประกอบด้วย การทนแรงกดตามแนวตั้งและแนวนอน ความหนาแน่น ดัชนีการแตกร่วน และประสิทธิภาพการใช้งานความร้อน รวมถึงศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุน ผลการวิจัยพบว่า ถ่านเห้งมันสำปะหลัง 1 kg จากโรงงานมันเส้น ขนาดผงดวง 10 mm เมื่อผสมตัวประสานอัตราส่วน 0.1 : 0.9 มีสมบัติดีที่สุด ทั้งทางด้านเชื้อเพลิงเชิงกล และประสิทธิภาพการใช้งานความร้อน โดยมีค่าความร้อน 6,281.08 cal/g และค่าประสิทธิภาพการใช้งานความร้อน 33.11 % ในส่วนของเห้งมันสำปะหลังจากแปลงปลูก ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดจากทั้ง 3 แหล่ง มีปริมาณสูงถึง 2.3 ล้านตันต่อปี เมื่อนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งการใช้ขนาดผงดวง 10 mm ผสมตัวประสาน 0.1 : 0.9 ทำให้มีสมบัติดีที่สุด มีค่าความร้อน 5,479.01 cal/g และประสิทธิภาพการใช้ความร้อน 28.68 % จากผลการศึกษานี้บ่งชี้ถึงความเป็นไปได้ในการนำเห้งมันสำปะหลังมาผลิตเป็นถ่าน

อัดแท่ง ทดแทนไม้และยังเป็นแรงจูงใจในการเกษตรกรตัดเห้งไม้ก่อนนำไปจำหน่าย ซึ่งเป็น การส่งเสริมโครงการมันสะอาด

วรุณทิพย์ฉัตรจุฑามณี (2547) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ของการนำวัชพืช เช่น ฐูปถาญี หญ้าคา และไมยราบ มาประยุกต์ใช้เป็นถ่านอัดแท่งด้วยวิธีอัดร้อนและอัดเย็น ที่ส่วนผสมระหว่างวัชพืชและ ตัวประสานอัตราส่วนต่างๆ ทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของถ่านอัดแท่งตาม มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 238/2547 วัดค่าความร้อนของการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งด้วยเครื่อง บอมป์แคลอริมิเตอร์ รวมทั้งหาค่าความชื้น และความสามารถในการอัดตัว ผลการทดลองพบว่าถ่าน อัดแท่งจากฐูปถาญีมีคุณภาพดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับถ่านอัดแท่งจากวัชพืชอีกสองชนิด โดยมีค่า ความร้อน 5.29 kcal/g ความชื้น 1.73 % เถ้า 12.83 % และความทนต่อแรงกด 850 N ส่วนไมยราบไม่ สามารถอัดเป็นแท่งได้

ปานใจ สือประเสริฐสิทธิ และคณะ (2551) ได้ศึกษาการผลิตถ่านชีวภาพจากขุยมะพร้าว ซึ่ง จัดว่าเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่สำคัญของประเทศไทย โดยขั้นตอนการศึกษาประกอบด้วย การนำถ่านขุยมะพร้าวมารวมกับตัวประสาน คือ กากมันสำปะหลังและขานอ้อย จำนวน 6 อัตรา ส่วนผสม คือ 4 : 1, 5 : 1, 6 : 1, 7 : 1, 8 : 1 และ 9 : 1 โดยปริมาณ ตามลำดับ จากนั้นนำถ่านชีวภาพ จากขุยมะพร้าวที่อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมมาศึกษาคุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงและประสิทธิภาพการ ใช้งานความร้อน ผลการวิจัยพบว่า อัตราส่วนผสมระหว่างถ่านขุยมะพร้าวกับกากมันสำปะหลังและ ถ่านขุยมะพร้าวกับขานอ้อยที่เหมาะสมในการผลิตถ่านชีวภาพจากขุยมะพร้าว คือ อัตราส่วนผสมที่ 5 : 1 ซึ่งเมื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงพบว่า ให้ปริมาณความร้อนเท่ากับ 16,885.08 kJ/kg และ 19462.69 kJ/kg และประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนเท่ากับ 11.08 และ 12.28 ตามลำดับ ซึ่งผลการทดสอบที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง จากผลการวิจัยจึงสรุป ได้ว่า ถ่านชีวภาพจากขุยมะพร้าวจัดเป็นพลังงานทางเลือกที่น่าสนใจชนิด

อภิรักษ์ สวัสดิ์กิจที่ปรกร และคณะ (2551) ได้ศึกษาถึงการผลิตเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่ง จากชีว มวลโดยอาศัยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชันแบบอัดรีดเย็น และใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน วัตถุประสงค์เพื่อ เพิ่มมูลค่าให้กับขี้เถ้าแกลบโดยการนำมาผสมวัตถุดิบอื่น เพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง วัตถุดิบหลักที่ ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ขี้เถ้าแกลบที่ได้จากกระบวนการอบข้าวเปลือก ในโรงสีข้าว โดยการนำมาบด ผสมกับผงถ่านซังข้าวโพดและผงถ่านกะลามะพร้าว โดยมีสัดส่วนการผสมอยู่ที่ 30 : 70, 40 : 60 และ 50 : 50 ตามลำดับ ส่วนแป้งมันจะมีสัดส่วนการผสมต่อน้ำหนักวัตถุดิบเท่ากับ 1 : 10 จากการศึกษา พบว่า ค่าความหนาแน่นและความต้านทานแรงกด จะแปรผันตามสัดส่วน การผสมของผงซังข้าวโพด และผงกะลามะพร้าวแต่ละจะแตกต่างกันไม่มากนัก การทดสอบค่าความร้อนเชื้อเพลิงพบว่า โดยเฉลี่ยมี ค่าอยู่ระหว่าง 6,048 - 6,943 kcal/kg ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชน ความชื้นอยู่ระหว่าง

5.70 - 5.83 % โดยน้ำหนัก อัตราการผลิตแท่งเชื้อเพลิงเฉลี่ย 2.50 kg/min ความหนาแน่นอยู่ในช่วง 800 - 833 kg/m³ ค่าความต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงจะอยู่ในช่วง 1.07 - 1.23 MPa ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าที่ยอมรับได้ในเชิงพาณิชย์ จุดคุ้มทุนของการผลิตถ่านเชื้อเพลิงประมาณ 9,448 kg จากการศึกษาพบว่ามีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ในครัวเรือนหรือผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์

ปานใจ สือประเสริฐสิทธิ และคณะ (2552) ได้ศึกษาการผลิตถ่านชีวภาพจากตาล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตถ่านชีวภาพจากเปลือกและกะลาตาล ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมในครัวเรือนและเกษตรกรรม โดยในตอนการทดลองเปลือกและกะลาตาลจะถูกเผาจนกลายเป็นถ่านตาล จากนั้นนำไปบดให้ละเอียดและผสมกับตัวประสาน ซึ่งมีทั้งสิ้น 2 ชนิด คือ กากมันสำปะหลังและขานอ้อย ในอัตราส่วนผสมต่างกัน โดยน้ำหนัก ถ้าการศึกษาสมบัติทางกายภาพของถ่านชีวภาพ เพื่อหาตัวประสานและอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม จากนั้นศึกษาสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงและประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากความร้อนของถ่านชีวภาพที่อัตราส่วนผสมที่เหมาะสม จากผลการวิจัยพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตถ่านชีวภาพจากตาล คือ การใช้กากมันสำปะหลังเป็นตัวประสานที่อัตราส่วนผสมระหว่างถ่านตาลกับกากมันสำปะหลังเท่ากับ 14 : 1 โดยถ่านชีวภาพจากตาลที่ผลิตได้นี้ให้พลังงานความร้อน 19.60 kJ/kg และประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากความร้อน 11.25 % ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง ดังนั้นกล่าวได้ว่า ถ่านชีวภาพจากตาลจัดเป็นพลังงานทางเลือกที่น่าสนใจ นอกจากนี้การผลิตถ่านชีวภาพจากเปลือกและกะลาตาลยังเป็นการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้งและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

พัชฎาภรณ์ เจริญรอย และอรพิน นวลวอ (2552) ได้ศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำแท่งเชื้อเพลิงจากฟางข้าวและแกลบ โดยใช้ผักตบชวาเป็นตัวเชื่อมประสาน พร้อมทั้งศึกษาหาค่าความร้อน อัตราการให้ค่าความร้อน และก๊าซเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ของแท่งเชื้อเพลิง ในการศึกษาได้นำวัสดุเหลือใช้มาอัดให้เป็นแท่งด้วยวิธีการอัดแบบเปียกโดยใช้เครื่องอัดไฮโดรลิกและแม่แรงอย่างง่าย ในอัตราส่วน 1 : 1, 1 : 3 และ 1 : 4 โดยน้ำหนัก จากการศึกษาพบว่า อัตราส่วนฟางข้าว : ผักตบชวา และแกลบ : ผักตบชวา ในอัตราส่วน 1 : 3 โดยน้ำหนัก ทำให้แท่งเชื้อเพลิงอยู่ตัวไม่แตกเปราะสามารถยัดเคาะได้ดีและให้ค่าความร้อน 3,956 kcal/kg และ 2,358 kcal/kg ตามลำดับ อัตราส่วนของฟางข้าว : ผักตบชวา ที่อัตราส่วน 1 : 1, 1 : 3 และ 1 : 4 ต้มน้ำจนเดือดใช้เวลา 7, 8 และ 9 นาที ตามลำดับ แกลบ : ผักตบชวา ในทุกอัตราส่วนใช้เวลาต้มน้ำจนเดือดที่ 7 นาทีเท่ากัน ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ของแท่งเชื้อเพลิงจากฟางข้าวและแกลบ มีปริมาณ CO₂ 2.27 % CO 0.37 % SO₂ 0.00 % และ CO₂ 1.82 % CO 0.38 % SO₂ 0.0013 % ตามลำดับ เมื่อนำค่าของปริมาณก๊าซมาเทียบกับค่ามาตรฐานสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงานเผาขยะมูลฝอยของกระทรวงอุตสาหกรรมพบว่าปริมาณก๊าซ CO ที่เกิดขึ้นในทุกอัตราส่วนเกินค่ามาตรฐาน

รุ่งโรจน์ พุทธิสกุล (2553) ได้ศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสาปะหลัง โดยทำการทดสอบสมรรถนะทางความร้อนตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มพข. 238/2547) จากการผลิตถ่านอัดแท่งผู้วิจัยได้ทำการทดลองนำวัสดุทั้ง 2 ชนิดดังกล่าว มาผสมกัน 5 อัตราส่วน ถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสาปะหลังในอัตราส่วน 9 : 1 ให้ค่าความร้อนสูงสุดเท่ากับ 6,580.10 kcal/kg และอัตราส่วน 1 : 9 ให้ค่าความร้อนต่ำสุดเท่ากับ 4,514.13 kcal/kg สรุปได้ว่าการทดสอบด้านสมรรถนะเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มพข. 238/2547) จากผลการวิจัยสามารถนำไปส่งเสริมให้เกษตรกรนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้แก่ เหง้ามันสาปะหลังมาใช้ประโยชน์ในการเพิ่มมูลค่าได้โดยการใช้ถ่านเหง้ามันสาปะหลังเป็นส่วนผสมหลัก และใช้ถ่านกะลามะพร้าวเป็นส่วนผสมรองสามารถบรรลุผลสอดคล้องกับสมมุติฐานของผู้วิจัย

บุญรัตน์ (2554) ได้ทำการศึกษาเพื่อพัฒนาเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งและรูปแบบการจัดการไมยราบยักษ์ด้านพลังงานทดแทน ของชุมชน พบว่ากระบวนการคาร์บอนในเขชนให้ปริมาณถ่านไมยราบยักษ์ประมาณ 20 % โดยมวล และการแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่ง ส่งผลให้ค่าพลังงานความร้อนเพิ่มสูงขึ้น 15 – 36 % ค่ากำมะถัน เก้า ความชื้น สารระเหยได้ และคาร์บอนคงตัวของเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งไมยราบยักษ์ที่ทดสอบอยู่ในช่วง $0.17-0.20 \pm 0.01$, $6.8-20.1 \pm 0.61-1.01$, $7.0-8.6 \pm 0.52-0.84$, $27.3-32.8 \pm 0.71-1.21$ และ $44.5-53.5 \pm 0.82-1.27$ % ตามลำดับ เชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งไมยราบยักษ์ผสมแป้งมันที่ 6 % เป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมของการศึกษานี้โดยให้ค่าพลังงานความร้อนสูงสุด ($5,432 \pm 101.5$ cal/g) และประสิทธิภาพการใช้งานเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด (มพข. 238/2547) การศึกษาพบว่าอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนและระยะเวลาคืนทุนของการผลิตเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งไมยราบยักษ์เท่ากับ 5.50 และ 1.20 ปี นอกจากกระบวนการจัดการไมยราบยักษ์ด้านพลังงานทดแทนที่ได้นำเสนอ ชุมชนยังให้ความตระหนักต่อมาตรการควบคุมมลพิษและมาตรการคืนกำไรสู่ชุมชนในรูปแบบกองทุน

Carranza (2005) ได้ศึกษาการอัดแท่งเชื้อเพลิงทั้งแบบอัดร้อน (Hot press process) และอัดเย็น (Cold press process) ของเปลือกต้นยูคาลิปตัส การศึกษาโดยการนำเปลือกยูคาลิปตัสที่เหลือทิ้งมาสับด้วยเครื่องหั่นย่อยซากพืชให้มีขนาดประมาณ 8 mm นำไปตากแดดให้มีความชื้นพอเหมาะต่อการอัดแท่ง แล้วนำไปอัดแท่งเชื้อเพลิงทั้งชนิดแบบอัดร้อนและอัดเย็น นำแท่งเชื้อเพลิงแข็งมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงโดยวิเคราะห์หาค่าความร้อน (Heating value) ผลค่าความร้อนของเปลือกต้นยูคาลิปตัสอัดแท่งทั้งแบบอัดร้อนและอัดเย็นอยู่ระหว่าง 3,600 – 3,894 cal/g โดยแท่งเชื้อเพลิงแบบอัดร้อนจะให้ค่าความหนาแน่นสูงกว่าแบบอัดเย็น ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.9 g/cm^3 และ 1.6 g/cm^3 ตามลำดับ

Juléan (2005) ได้ศึกษาเปรียบเทียบค่าพลังงานเชื้อเพลิงระหว่างมะพร้าวและมันสำปะหลัง โดยการศึกษาจากการนำมะพร้าวและมันสำปะหลังมาสกัดให้อยู่ในรูปของน้ำมัน โดยค่าที่ได้ของน้ำมันมะพร้าว คือ 36.7×10^6 kcal หรือเทียบเท่าน้ำมันเบนซิน 4500 l และน้ำมันจากมันสำปะหลัง ซึ่งได้ค่าเท่ากับ 25.9×10^6 kcal หรือเทียบเท่าน้ำมันเบนซิน 3210 l จะเห็นได้ว่ามะพร้าวนำมาสกัดเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงได้ผลดีกว่ามันสำปะหลัง

Zuniga (2007) ได้ศึกษาเปรียบเทียบค่าพลังงานความร้อนจากกาบมะพร้าวและกะลามะพร้าว และเปรียบเทียบปริมาณควันในการเผาไหม้ โดยค่าที่ได้จากการทดลองของกะลามะพร้าวมีค่า คือ 5.535 kcal/kg ส่วนค่าพลังงานความร้อนของกาบมะพร้าวมีค่า คือ 4.986 kcal/kg และปริมาณควันในการเผาไหม้จากกะลามะพร้าวมีปริมาณมากกว่าการเผาไหม้จากกาบมะพร้าว โดยถ่านที่ได้จากกาบมะพร้าวจะมีฝุ่นมากกว่า ทำให้ประสิทธิภาพในการอัดถ่านแท่งน้อยลง

Oladeji (2010) ได้ศึกษาเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากซังข้าวโพดและแกลบ โดยทดสอบกำลังอัด ค่าความชื้น ค่าความหนาแน่น และค่าความร้อน จากการศึกษาพบว่า ถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดดีกว่าถ่านอัดแท่งจากแกลบ ซึ่งมีค่าความร้อนกำลังอัดที่ 22.34 KN/m ความชื้นปานกลาง 13.47 % ความหนาแน่นสูงที่ 650 kg/m^3 และค่าความร้อนที่สูงถึง 20,890 KJ/kg

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การดำเนินการวิจัย

3.1.1 วัสดุอุปกรณ์

- 1.1 ถาดกว้าง 19 cm ยาว 27 cm สูง 4.5 cm
- 1.2 เตาเผาเชื้อเพลิง CARBOLICE รุ่น OWS 1200 อุณหภูมิสูงสุด 1200 °C
- 1.3 วัตถุดิบ ได้แก่ ขี้เลื่อย แกลบ กะลามะพร้าว และมันสำปะหลัง
- 1.4 เครื่องอัดแท่งกะลาอัดแท่ง มอเตอร์ 10 hp
- 1.5 ครกหินสีลา (สำหรับบดให้ละเอียด)
- 1.6 มีด (สำหรับปอกมันสำปะหลัง)
- 1.7 ตะแกรงเบอร์ 8 mm
- 1.8 ตู้อบ

3.1.2 วิธีการทดลอง

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนการเตรียมแป้งมันสำปะหลัง

1. นำมันสำปะหลังมาปอกเปลือกออก
2. นำมันสำปะหลังที่ปอกแล้วมาขูดให้ละเอียด
3. นำมันสำปะหลังที่ขูดละเอียดแล้วไปตากแดดให้แห้ง
4. นำมันสำปะหลังที่ตากแดดแห้งแล้วมาบดให้ละเอียดเป็นผง

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการเผาวัตถุดิบต่างๆ

1. นำวัตถุดิบ ขี้เลื่อย แกลบ และกะลามะพร้าว ไปตากแดดให้แห้ง
2. นำวัตถุดิบ ขี้เลื่อย แกลบ และกะลามะพร้าว ใส่ถาดแล้วนำเข้าเครื่องเผาที่อุณหภูมิ 300 °C เพื่อให้เป็นถ่าน
3. นำวัตถุดิบ ขี้เลื่อย แกลบ และกะลามะพร้าว ที่ผ่านการเผาแล้วมาร่อนเพื่อคัดขนาดให้เท่ากันด้วยตะแกรงเบอร์ 8 mm

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นตอนการอัด

1. นำวัตถุดิบ ขี้เลื่อย แกลบ และกะลามะพร้าว ที่อัตราส่วน 1 : 1 : 1 มาเผาและบดให้ละเอียดแล้วมาผสมกับอัตราส่วนของน้ำต่อแป้งมันสำปะหลัง 2, 2.5, 3 โดยน้ำหนัก

2. นำเข้าเครื่องอัดแท่ง

3. นำถ่านที่ได้ไปอบในตู้อบ

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นตอนการทดสอบ

1. ทดสอบสมบัติทางกายภาพของถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น (จาก จี เลื่อย แกลบ และกะลามะพร้าว)

1.1 ทดสอบหาความจุความร้อนของถ่านอัดแท่ง

1.1.1 หาค่าความจุความร้อนของแคลอรีมิเตอร์ (M_c)

1) ชั่งแคลอรีมิเตอร์พร้อมเครื่องกวนและบันทึกค่ามวลที่อ่านได้ลงในตารางบันทึก



ภาพที่ 3.1 ชั่งแคลอรีมิเตอร์พร้อมเครื่องกวน

- 2) เติมน้ำลงในแคลอรีมิเตอร์ประมาณ $1/3$ ของปริมาณกระป๋อง
- 3) ชั่งกระป๋องเครื่องกวนและน้ำ แล้วบันทึกค่าลงในตาราง
- 4) คำนวณมวลของน้ำ โดยนำค่าที่ได้ในข้อ 3 ลบด้วยค่าในข้อ 1 แล้วบันทึกลงในตาราง
- 5) วัดอุณหภูมิของน้ำ บันทึกเป็นค่า t_1 ในตาราง



ภาพที่ 3.2 วัดอุณหภูมิของน้ำ

6) นำกระป๋องแคลอรีมิเตอร์ซึ่งมีน้ำอยู่ มาเติมน้ำร้อนที่ทราบอุณหภูมิ (บันทึกอุณหภูมิเป็น t_2) จนปริมาณน้ำเป็น $\frac{1}{2}$ กระป๋อง

7) ให้กวนน้ำในกระป๋องจนมีอุณหภูมิผสมคงที่บันทึกค่าอุณหภูมิเป็น t

8) นำกระป๋องแคลอรีมิเตอร์เครื่องกวนที่มีน้ำผสมกันนี้ไปชั่ง และ บันทึกค่าลงในตาราง

9) คำนวณมวลของน้ำร้อนโดยนำค่ามวลจากข้อ 8 ลบด้วยค่ามวลใน ข้อ 3 แล้ว บันทึกลงในตารางบันทึกผล

10) นำค่าต่างๆที่บันทึกได้ไปหาค่าความจุความร้อนของกระป๋อง แคลอรีมิเตอร์ ($M_c C_c$) ตามสมการที่ (2.2)

1.1.2 หาค่าความจุความร้อน (M_c)

1) ชั่งกระป๋องแคลอรีมิเตอร์พร้อมเครื่องกวน แล้วบันทึกค่า

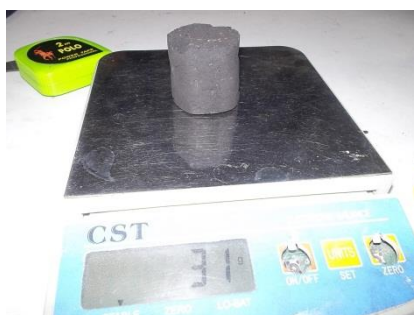
2) เติมน้ำลงในกระป๋องแคลอรีมิเตอร์ประมาณ $\frac{2}{3}$ ของกระป๋อง (แบ่ง กระป๋องแคลอรีมิเตอร์เป็น 3 ส่วน โดยใช้ดินสอทำเครื่องหมายไว้ด้านนอก เติมน้ำลงไป 2 ส่วน)

3) นำกระป๋องแคลอรีมิเตอร์พร้อมเครื่องกวนและน้ำมาชั่งแล้วบันทึก ค่า

4) คำนวณมวลของน้ำโดยการนำค่าจากข้อที่ 3 ลบด้วยค่าในข้อที่ 1 บันทึกลงในตาราง

5) วัดอุณหภูมิของน้ำในกระป๋องแคลอรีมิเตอร์ แล้วบันทึกค่าเป็น t_1

6) ชั่งมวลของถ่าน บันทึกค่าลงในตาราง



ภาพที่ 3.3 ชั่งมวลของถ่าน

7) เอน้ำที่อยู่ในกระป๋องเคลอริมิเตอร์ใส่ลงในบีกเกอร์ (beaker)

8) นำบีกเกอร์ที่บรรจุน้ำไปตั้งไฟให้ได้อุณหภูมิประมาณ $60-65\text{ }^{\circ}\text{C}$

แล้วบันทึกเป็นค่า t_2

9) นำถ่านอัดแท่งที่ชั่งน้ำหนักแล้วใส่ในกระป๋องเคลอริมิเตอร์



ภาพที่ 3.4 นำถ่านอัดแท่งใส่ในกระป๋องเคลอริมิเตอร์

10) นำน้ำร้อนที่ได้อุณหภูมิประมาณ $60-65\text{ }^{\circ}\text{C}$ เทลงในกระป๋องเคลอริมิเตอร์ทันที แล้วปิดฝาเคลอริมิเตอร์

11) ใช้เครื่องกวนน้ำในกระป๋องเคลอริมิเตอร์ สังเกตดูอุณหภูมิของน้ำในกระป๋องเคลอริมิเตอร์ เมื่ออุณหภูมิของน้ำคงที่ให้บันทึกค่าอุณหภูมิเป็น t

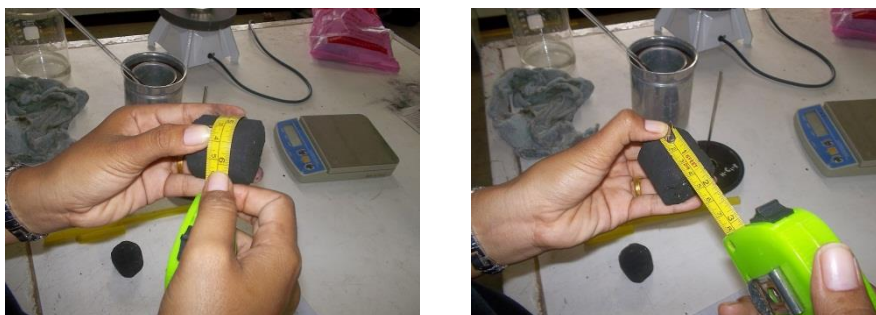
12) นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาค่าความจุความร้อนของถ่านอัดแท่งกับถ่านอัดแท่งกับถ่านก้อนจากสมการที่ (2.1)

13) ให้ทำการทดลองเช่นเดิม เพียงแต่เปลี่ยนถ่านที่มีสูตรอื่น

1.2 ทดสอบหาความหนาแน่นของถ่านอัดแท่ง

1) ตัดถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นให้ได้ประมาณ $20-30\text{ g}$ ทุกสูตร สูตรละ 3 ก้อน

2) วัดรอบผิว ความสูง และรัศมีของถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น บันทึกผล



ภาพที่ 3.5 วัดรอบผิว ความสูง และรัศมีของถ่านอัดแท่ง

- 3) คำนวณหาพื้นที่หน้าตัดของถ่าน (A) จากพื้นที่สี่เหลี่ยมคางหมู จะได้ค่าปริมาตรของถ่าน (V)
- 5) นำค่าปริมาตรของถ่าน (V) ไปแทนในสมการ (2.4) บันทึกผล

1.3 ทดสอบหาสภาพการแตกหักของถ่านอัดแท่ง

- 1) ชั่งลูกบอลเหล็ก บันทึกผล



ภาพที่ 3.6 ชั่งลูกบอลเหล็ก

- 2) ตัดถ่านอัดให้ได้น้ำหนักประมาณ 40-50 g ทุกอัตราส่วน อัตราส่วนละ 3 ก้อน
- 3) วางถ่านอัดแท่งไว้กับพื้นที่ราบสม่ำเสมอ ผิวไม้ขรุขระ
- 4) นำท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว มาครอบถ่านอัดแท่งที่จะทดลองโดยวางท่อ PVC ให้อยู่ตรงกึ่งกลางของก้อนถ่านอัดแท่ง เพื่อให้ลูกบอลเหล็กตกลงตรงกึ่งกลางของก้อนถ่านอัดแท่ง
- 5) ใส่แท่งเหล็กบางที่ช่องความสูงของท่อ PVC โดยเริ่มต้นจาก 10 cm



ภาพที่ 3.7 ใส่แท่งเหล็กบางที่ช่องความสูงของท่อ PVC

6) ใส่ลูกบอลเหล็กในท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว



ภาพที่ 3.8 ใส่ลูกบอลเหล็กในท่อ PVC

7) ตั้งแท่งเหล็กบางเพื่อปล่อยลูกบอลเหล็กมวล 689 g ที่ความสูงเริ่มต้น 10 cm ทำจนกว่าถ่านอัดแท่งเริ่มแตก เมื่อพบว่าถ่านอัดแท่งเริ่มแตก ทำการจดบันทึกความสูงที่ทำให้ถ่านอัดแท่งแตก

8) คำนวณสภาพการแตกหัก จากสมการ (2.6)

1.4 ทดสอบอัตราการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่ง

1) นำถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นไปชั่งน้ำหนักให้ได้น้ำหนักประมาณ 500 g ทุกสูตร

2) นำถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นไปเผาไหม้ในเตา แล้วสังเกตระยะเวลาการเผาไหม้ บันทึกผล



ภาพที่ 3.9 ทดสอบอัตราการเผาไหม้

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำค่าที่ได้จากการทดสอบหาค่าพลังงานความร้อน ค่าความจุความร้อน ค่าความหนาแน่น ค่าสภาพการแตกหัก และค่าอัตราการเผาไหม้ของวัตถุดิบต่างๆ (จีเลื่อย แกลบ และกะลามะพร้าว) มาเขียนลงในตารางค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และนำค่าเฉลี่ยที่ได้จากตารางมาแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกายภาพ (ค่าความจุความร้อน ค่าความหนาแน่น ค่าสภาพการแตกหัก และค่าอัตราการเผาไหม้) กับวัตถุดิบ (จีเลื่อย แกลบ และกะลามะพร้าว) เพื่อมาเปรียบเทียบค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

3.3 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

1. การหาค่าเฉลี่ยเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{จากสูตร } \bar{X} = \frac{\sum X_N}{N} \quad (3.1)$$

เมื่อ $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$\sum X_N$ คือ ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

N คือ จำนวนครั้งที่ทำการทดลอง

2. การหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

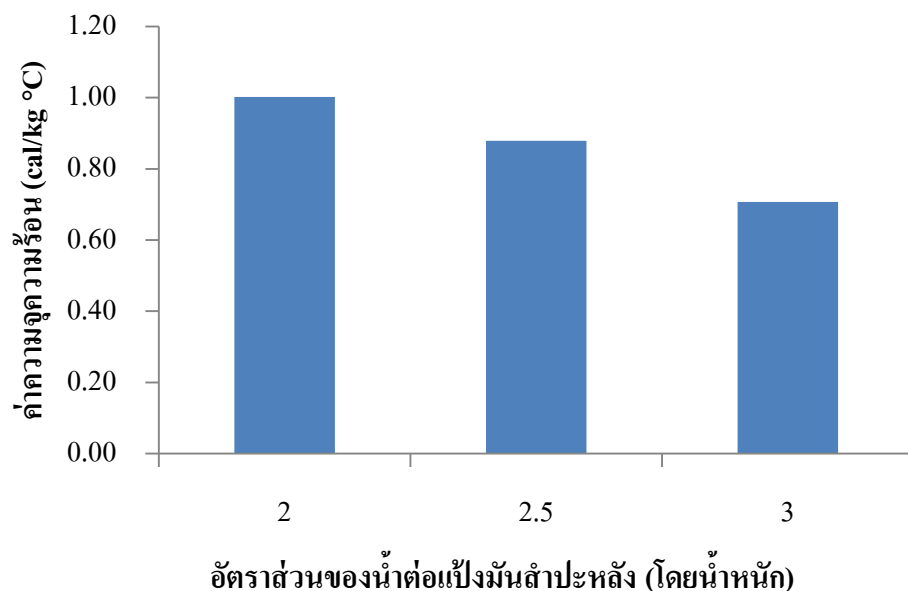
$$\text{จากสูตร S.D.} = \sqrt{\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{N-1}} \quad (3.2)$$

เมื่อ	S.D.	คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	$\bar{X}$	คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
	X	คือ ข้อมูลจากการทดลอง
	N	คือ จำนวนครั้งที่ทำการทดลอง

บทที่ 4

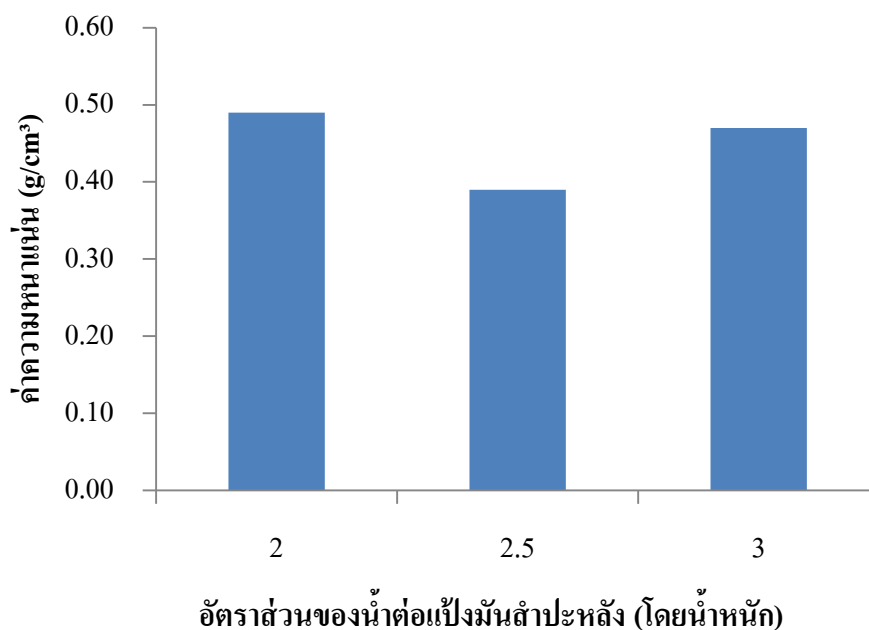
ผลการวิจัย

จากการวิจัยหาค่าความจุความร้อน ค่าความหนาแน่น สภาพการแตกหักและอัตราการเผาไหม้ ของถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นที่ผสมระหว่าง ขี้เลื่อย แกลบ และกะลาเท่ากับ 1:1:1 โดยน้ำหนัก โดยเปลี่ยนอัตราส่วนของน้ำต่อแป้งมันสำปะหลังดังนี้ 2 , 2.5 , 3 โดยน้ำหนัก สามารถเปรียบเทียบผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้



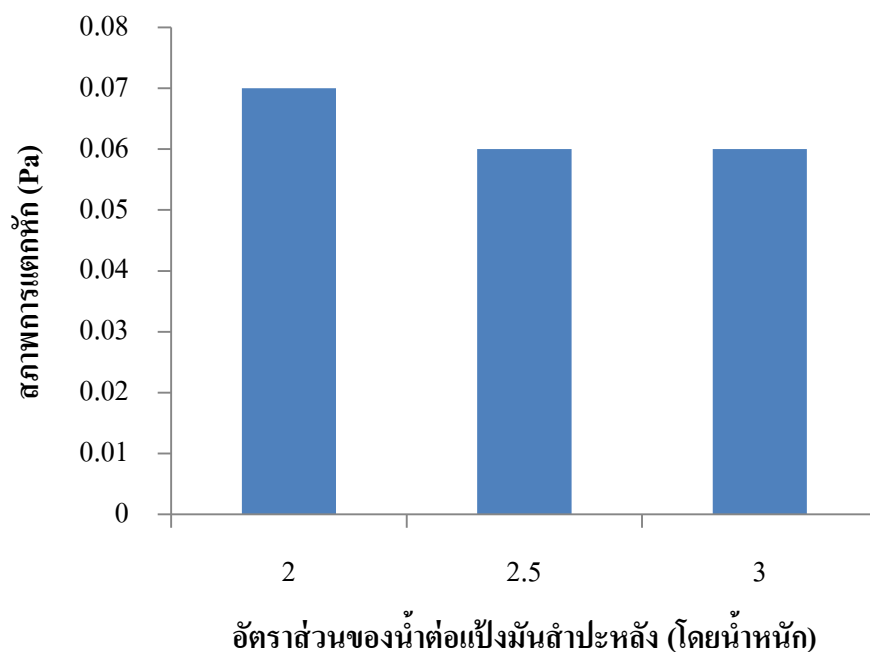
ภาพที่ 4.1 ความจุความร้อนของถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น

จากการวิจัยหาค่าความจุความร้อนของถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น เมื่อนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบ (ภาพที่ 4.1) จะเห็นได้ว่า ถ่านอัดแท่งที่มีความจุความร้อนมากที่สุดที่อัตราส่วนของน้ำต่อแป้งมันสำปะหลัง เท่ากับ 2 โดยน้ำหนัก มีค่าเท่ากับ 1.002 ± 0.109 cal/kg °C และค่าน้อยสุดคือที่อัตราส่วนเท่ากับ 3 โดยน้ำหนัก มีค่าเท่ากับ 0.707 ± 0.148 cal/kg °C



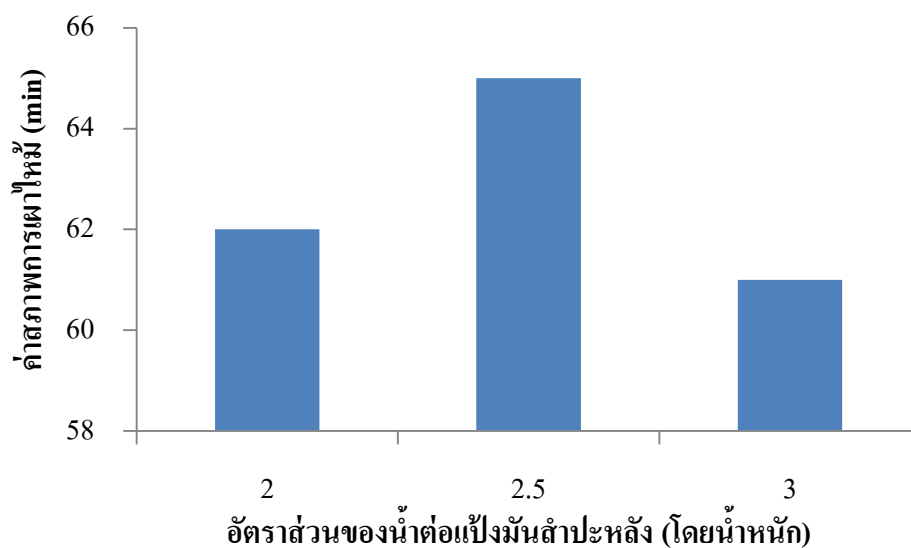
ภาพที่ 4.2 ความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น

จากการวิจัยหาค่าความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น จะพบว่าถ่านอัดแท่งที่มีความหนาแน่นมากที่สุดที่อัตราส่วนของน้ำต่อแป้งมันสำปะหลัง เท่ากับ 2 โดยน้ำหนัก มีค่าเท่ากับ $4.7 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^3$ เนื่องจากมีวัตถุดิบและอัตราการผสมของปริมาณน้ำที่พอดีทำให้เกิดแรงยึดระหว่างวัตถุดิบได้ดีและค่าที่น้อยสุดคือที่อัตราส่วนเท่ากับ 2.5 โดยน้ำหนัก มีค่าเท่ากับ $3.9 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^3$ โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของนพพร สุคใจธรรม (นพพร, 2546)



ภาพที่ 4.3 สภาพการแตกหักของถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น

จากการวิจัยหาค่าสภาพการแตกหักของถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น จะเห็นได้ว่า ถ่านอัดแท่งที่มีสภาพการแตกหักมากที่สุดที่อัตราส่วนของน้ำต่อเป้งมันสำปะหลัง เท่ากับ 2 โดย น้ำหนัก มีค่าเท่ากับ 0.07 Pa เนื่องจากความสามารถในการคงตัวของถ่านดำทำให้มีการแตกร่วนง่าย และมีความเปราะ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของปานใจ สือประเสริฐสิทธิ สุวาลี พรหมโสภา และอชลิ ภาวีวร (ปานใจและคณะ, 2552)



ภาพที่ 4.4 อัตราการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น

จากการวิจัยหาค่าอัตราการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น จะเห็นได้ว่า ถ่านอัดแท่งที่มีอัตราการเผาไหม้ได้นานที่สุด ที่อัตราส่วนของน้ำต่อแป้งมันสำปะหลังเท่ากับ 2.5 โดยน้ำหนัก มีค่าเท่ากับ 65 min และค่าที่น้อยที่สุดคือที่อัตราส่วนเท่ากับ 3 โดยน้ำหนัก มีค่าเท่ากับ 61 min ถ่านนี้เมื่อทำการเผาไหม้แล้วจะเห็นได้ว่า จะติดไฟง่าย ไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น ไม่มีควันและไม่มีกลิ่น ซึ่งสมบัติดังกล่าวจะมีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปและอภิปรายผล

จากการหาค่าความจุความร้อนของถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น ที่อัตราส่วนของถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นที่ผสมระหว่างขี้เลื่อย แกลบและกะลาเท่ากับ 1:1:1 โดยน้ำหนัก โดยเปลี่ยนอัตราส่วนของน้ำต่อแป้งมันสำปะหลังดังนี้ 2, 2.5, 3 โดยน้ำหนัก พบว่าถ่านอัดแท่งที่มีความจุความร้อนมากที่สุด ที่อัตราส่วนเท่ากับ 2 โดยน้ำหนัก มีค่าเท่ากับ 1.002 ± 0.109 cal/kg °C และค่าที่น้อยที่สุดคือที่อัตราส่วนเท่ากับ 3 โดยน้ำหนัก มีค่าเท่ากับ 0.707 ± 0.148 cal/kg °C ในขณะที่ถ่านอัดแท่งที่มีความหนาแน่นมากที่สุด ที่อัตราส่วนเท่ากับ 2 โดยน้ำหนัก มีค่าเท่ากับ 4.7×10^{-4} kg/m³ และค่าที่น้อยที่สุดคือ ที่อัตราส่วนเท่ากับ 2.5 โดยน้ำหนัก มีค่าเท่ากับ 3.9×10^{-4} kg/m³ ส่วนถ่านอัดแท่งที่มีสภาพการแตกหักมากที่สุดที่อัตราส่วนเท่ากับ 2 โดยน้ำหนักมีค่าเท่ากับ 0.07 Pa และถ่านอัดแท่งที่มีอัตราการเผาไหม้ได้นานที่สุด ที่อัตราส่วนเท่ากับ 2.5 โดยน้ำหนัก มีค่าเท่ากับ 65 min และค่าที่น้อยที่สุดคือที่อัตราส่วนเท่ากับ 3 โดยน้ำหนัก มีค่าเท่ากับ 61 min

สรุปได้ว่าถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นที่มีปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่สุดที่อัตราส่วนของน้ำต่อแป้งมันสำปะหลัง เท่ากับ 2 โดยน้ำหนัก เนื่องจากมีความสามารถในการขึ้นรูปได้ดี โดยที่ผิวของถ่านจะมีความเรียบไม่แตกร้าวและสามารถยึดเกาะระหว่างกันได้ดีกว่าและเมื่อเปรียบเทียบกับสมบัติทางกายภาพจะเห็นว่า ค่าความจุความร้อนของถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นที่อัตราส่วนของน้ำต่อแป้งมันสำปะหลังเท่ากับ 2 โดยน้ำหนัก มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 1.002 ± 0.109 cal/kg °C และค่าความหนาแน่นที่สูงที่สุดเท่ากับ 4.7×10^{-4} kg/m³ จึงสรุปได้ว่าถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นที่อัตราส่วนของน้ำต่อแป้งมันสำปะหลังเท่ากับ 2 โดยน้ำหนัก มีปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่สุด และสามารถนำถ่านอัดแท่งนี้ไปใช้ประโยชน์ในการประกอบการต่างๆได้ในครัวเรือน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ก่อนทำการทดสอบ ค่าความจุความร้อน ค่าความหนาแน่น ค่าสภาพการแตกหัก และอัตราการเผาไหม้ ควรไล่ความชื้นออกจากถ่านให้สนิทก่อน

5.2.2 อาจเพิ่มปริมาณของการผสมหรือเปลี่ยนวัตถุดิบ หากจะศึกษาในครั้งต่อไป

5.2.3 ควรทดสอบสมบัติอื่นๆอีก เพื่อให้มีประสิทธิภาพขึ้น เช่น ค่าพลังงานความร้อน ค่าความชื้น และค่าปริมาณเถ้า

บรรณานุกรม

- กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี. (2554). การผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุทางการเกษตร. กรุงเทพฯ : กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี สำนักเทคโนโลยีชุมชน กรมวิทยาศาสตร์บริการ.
- กัญญา บุญเกียรติ. (2544). เชื้อเพลิงและการเผาไหม้. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไกรพัฒน์ จินจกร. (2551). พลังงานหมุนเวียน. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
- ความจุความร้อน. (2554). [online]. Available : [www. Thaigoodview.com/node](http://www.Thaigoodview.com/node). [2554, ธันวาคม 29].
- ความหนาแน่น. (2554). [online]. Available : th.wikipedia.org [2554, ธันวาคม 29]
- จุฑามาศ บุษราคัมวดี. (2547). งานวิจัยเรื่องสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเหง้ามันสำปะหลัง. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ถ่านอัดแท่ง. (2552). [online]. Available : http://charcoal.snmcenter.com/char_coalthail/standard3 [2554, มิถุนายน 26].
- นพพร สุกใจธรรม. (2546). งานวิจัยเรื่องเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากกาแฟ. นครปฐม : มหาวิทยาลัยมหิดล. บัณฑิตวิทยาลัย.
- บุญรัตน์ โจลานันท์ อาทิตย์ พุทธรักษาติ และจันสุดา คำด้อย. (2554). พลังงานทดแทนชุมชนจากเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งไมยราบยักษ์. วารสารวิจัย มข, 16(1), 20 – 31
- ปานใจ สื่อประเสริฐสิทธิ สุวาลี พรหมโสภา และอัญชลี ถาวีวร. (2552). การผลิตถ่านชีวภาพจากขุยมะพร้าว. วารสารวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีมมส, 28(4), 434-441
- ปานใจ สื่อประเสริฐสิทธิ วิทวัส โพธิ์ดูลา และ ณัฐพล พลโยธา. (2553). การผลิตถ่านชีวภาพจากตาล. วารสารวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีมมส, 29(1), 100–106
- ปานใจ สื่อประเสริฐสิทธิ. (2553). ถ่านชีวภาพจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร. วารสารวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีมมส, 29(2), 210–216
- พัชฎาภรณ์ เจริญรอย และอรชุนา นุสือว. (2552). การทำแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. [online]. Available : [http:// www.charcoal.snmcenter.com](http://www.charcoal.snmcenter.com) [2554, กรกฎาคม 7].
- เพ็ญรัตน์ อัครผลสุวรรณ. (2550). พลังงานชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้. วารสารคลังข้อมูล สพท, 3(7)
- พลังงานศักย์. (2554). [online]. Available : [http.wikipedia.org](http://wikipedia.org). [2554, ธันวาคม 29].

- ฟาคีละ สาเลงบาเกาะ และซาริสะ มะมิงมิง. (2552). งานวิจัยเรื่องการผลิตถ่านเชื้อเพลิงแข็งจาก
ขยะแห้ง. ยะลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช.). (2547). [online]. Available : <http://charcoal.snmcenter.com/charcoalthail/standard3>. [2555, กุมภาพันธ์ 25].
- รุ่งโรจน์ พุทธิสกุล. (2553). งานวิจัยเรื่องการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเห้ง
มันสำปะหลัง. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- วรณทิพย์ ฉัตรจุฑามณี. (2547). งานวิจัยเรื่องถ่านอัดแท่งจากธูปฤๅษีหญ้าคาและไมยราบ.
ขอนแก่น : คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สีดีสาธา หะแมคอง และคอลลีเยะ หะยิเปะวี. (2553). งานวิจัยเรื่องสมบัติทางกายภาพบางประการ
ของถ่านอัดแท่งจากเถาไม้ยางพารา. ยะลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- อุกฤษฏ์ ไชศรี. (2553). ถ่านอัดแท่งพลังงานทางเลือกในยุคน้ำมันแพง. วารสารคลินิกเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร, 16 – 17
- Carranza. (2005). [online]. Available : <http://www.treesearch.fs.fed.us/pubs>. [2554, กันยายน 17].
- JuleanA.Banzon. (2548). [online]. Available : http://www.ku.ac.th/schoolnet/snet7/kku_09.htm.
[2554, ตุลาคม 20].
- Oladeji, J.T. (2010). Fuel characterization of Briquettes Produced from Corncob and Rice Husk
Resides. The Pacific Journal of Science and Technology (11) 1, 101-106
- Zuniga L.Pampolina. (2550). [online]. Available : <http://www.region3.prd.go.th>. [2554, ตุลาคม 20].

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ตารางแสดงผลการทดลอง

ตารางที่ 1 ค่าความจุความร้อนของถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น ที่อัตราส่วนต่างๆกัน

อัตราส่วน (by weight)	ค่าความจุความร้อนของถ่าน (kcal/kg °C)			ค่าเฉลี่ย	S.D (J/g)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
2	0.898	0.997	1.112	1.002	± 0.109
2.5	0.992	0.655	0.987	0.879	± 0.195
3	0.536	0.785	0.799	0.707	± 0.148

ตารางที่ 4.2 ค่าความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น ที่อัตราส่วนต่างๆกัน

อัตราส่วน (by weight)	มวล (g)				ปริมาตร (cm ³)				ความหนาแน่น (kg/m ³)				S.D (kg/m ³)
	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	
2	28	27	30	28.33	60.00	54.34	57.66	57.33	4.7×10^{-4}	5.2×10^{-4}	4.9×10^{-4}	4.9×10^{-4}	$\pm 0.25 \times 10^{-4}$
2.5	28	30	30	29.33	74.91	73.50	72.80	73.74	3.9×10^{-4}	3.9×10^{-4}	4.0×10^{-4}	3.9×10^{-4}	$\pm 0.07 \times 10^{-4}$
3	30	30	28	29.33	67.80	58.43	60.60	62.28	4.3×10^{-4}	5.0×10^{-4}	4.8×10^{-4}	4.7×10^{-4}	$\pm 0.36 \times 10^{-4}$

ตารางที่ 4.3 สภาพการแตกหักของถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น ที่อัตราส่วนต่างๆกัน

อัตราส่วน (by weight)	พื้นที่หน้าตัด (m ²)				แรง (N)				ความเค้น (Pa)			$\bar{X}$	S.D (Pa)
	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3	$\bar{X}$	1	2	3		
2	10.00	9.71	9.61	9.77	0.68	0.70	0.70	0.69	0.07	0.07	0.07	0.07	± 0.000
2.5	11.35	10.50	10.40	10.75	0.59	0.64	0.65	0.63	0.05	0.06	0.06	0.06	± 0.005
3	11.30	10.82	10.10	10.74	0.60	0.62	0.67	0.63	0.05	0.06	0.07	0.06	± 0.007

ตารางที่ 4 อัตราการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น ที่อัตราส่วนต่างๆกัน

อัตราส่วน (by weight)	ระยะเวลาการเผาไหม้ (min)
2	62
2.5	65
3	61

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างการคำนวณ

ข-1 การคำนวณหาค่าความจุความร้อนของแคลอริมิเตอร์

จากสูตร

$$M_c C_c = \frac{M_{w2} C_w (T_2 - T) - M_{w1} C_w (T - T_1)}{(T - T_1)}$$

เมื่อ $M_c C_c$ คือ ความจุความร้อนของแคลอริมิเตอร์ (cal/kg °C)

M_{w1} คือ มวลของน้ำ (g)

M_{w2} คือ มวลน้ำร้อน

T คือ อุณหภูมิของวัตถุที่น้ำร้อนผสมอยู่ (°C)

T_1 คือ อุณหภูมิของวัตถุ (°C)

T_2 คือ อุณหภูมิของน้ำร้อน (°C)

จะได้

$$\begin{aligned} M_c C_c &= \frac{90.99 \text{ g } (1.007^\circ\text{C})(64^\circ\text{C} - 45^\circ\text{C}) - 75.71 \text{ g } (1.007^\circ\text{C})(45^\circ\text{C} - 27^\circ\text{C})}{45^\circ\text{C} - 27^\circ\text{C}} \\ &= \frac{91.63(19) - 76.24(18)}{18} \\ &= \frac{1740 - 1372.32}{18} \\ &= \frac{368.65}{18} \\ &= 20.48 \text{ cal/g } ^\circ\text{C} \\ &= 0.204 \text{ cal/kg } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

ดังนั้น ความจุความร้อนของแคลอริมิเตอร์ เท่ากับ 0.204 cal/kg °C

ข-2 การคำนวณหาค่าความจุความร้อนของถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น (ที่อัตราส่วนน้ำต่อแป้งมันสำปะหลัง 2, 2.5, 3 โดยน้ำหนัก) ตามลำดับ

จากสูตร

$$M_c = \frac{M_c C_c (T - T_1) - M_w C_w (T - T_1)}{(T_1 - T)}$$

เมื่อ M_c คือ ความจุความร้อนของถ่าน (cal/kg °C)

$M_c C_c$ คือ ความจุความร้อนของแคลอริมิเตอร์ (cal/kg °C)

M_w	คือ มวลของน้ำ (g)
C_w	คือ ความจุความร้อนของน้ำ (cal/kg °C)
T	คือ อุณหภูมิของวัตถุที่น้ำร้อนผสมอยู่ (°C)
T_1	คือ อุณหภูมิของวัตถุ (°C)
T_2	คือ อุณหภูมิของน้ำร้อน (°C)

จะได้

$$\begin{aligned}
 M_c &= \frac{0.204 \text{ cal/kg } ^\circ\text{C} (53^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) + 0.181 \text{ g} (1.007 ^\circ\text{C}) (53^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})}{65^\circ\text{C} - 53^\circ\text{C}} \\
 &= \frac{0.204(28) + 0.181(28)}{12} \\
 &= \frac{5.712 + 5.068}{12} \\
 &= \frac{10.78}{12} \\
 &= 0.898 \text{ cal/kg } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

ดังนั้น ความจุความร้อนของถ่าน(ที่อัตราส่วน 2 โดยน้ำหนัก) เท่ากับ 0.898 cal/kg °C

ข-3 การคำนวณหาความหนาแน่นของถ่านอัดแท่ง (ที่อัตราส่วน 2 โดยน้ำหนัก)

จากสูตร

$$\rho = \frac{m}{V}$$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของถ่าน (kg/m³)

m คือ น้ำหนักของถ่าน (g)

V คือ ปริมาตรของถ่าน (cm³)

จะได้

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{28.33 \text{ g}}{60.00 \text{ cm}^3} \\
 &= 0.4722 \text{ g/cm}^3 \\
 &= 4.7 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

ดังนั้น ความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งที่อัตราส่วน 2 โดยน้ำหนัก เท่ากับ $4.7 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^3$

ข-4 การคำนวณหาสภาพการแตกหักของถ่านอัดแท่ง (ที่อัตราส่วน 2 โดยน้ำหนัก)

จากสูตร

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

เมื่อ σ คือ ความเค้นเฉลี่ย (Pa)

P คือ แรงดึงแนวแกน (N)

A คือ พื้นที่อัดแรงภายใน (m^2)

$$\begin{aligned} \text{จะได้ } \sigma &= \frac{1.182 \text{ N}}{9.77 \text{ m}^2} \\ &= 0.121 \text{ Pa} \end{aligned}$$

ดังนั้น สภาพการแตกหักของถ่านอัดแท่งที่อัตราส่วน 2 โดยน้ำหนัก เท่ากับ 0.121 Pa

ข-5 การคำนวณหาค่า S.D ของถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น

จากสูตร

$$S.D. = \sqrt{\frac{\Sigma(X-\bar{X})^2}{N-1}}$$

เมื่อ S.D. คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X คือ ข้อมูลจากการทดลอง

$\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

N คือ จำนวนครั้งของการทดสอบ

$$\begin{aligned} \text{จะได้ } S.D. &= \sqrt{\frac{\Sigma(0.898-1.002)+(0.997-1.002)+(1.112-1.002)^2}{3-1}} \\ &= \sqrt{\frac{0.023}{2}} \\ &= \sqrt{0.012} \\ &= 0.109 \end{aligned}$$

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ภาคผนวก ค
อุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทดลอง



ภาพผนวกที่ 1 ค เครื่องชั่ง



ภาพผนวกที่ 2 ค เครื่องอบ



ภาพผนวกที่ 3 ค เตาเผา



ภาพผนวกที่ 4 ค ด้านในเตาเผา



ภาพผนวกที่ 5 ค เครื่องอัดถ่าน



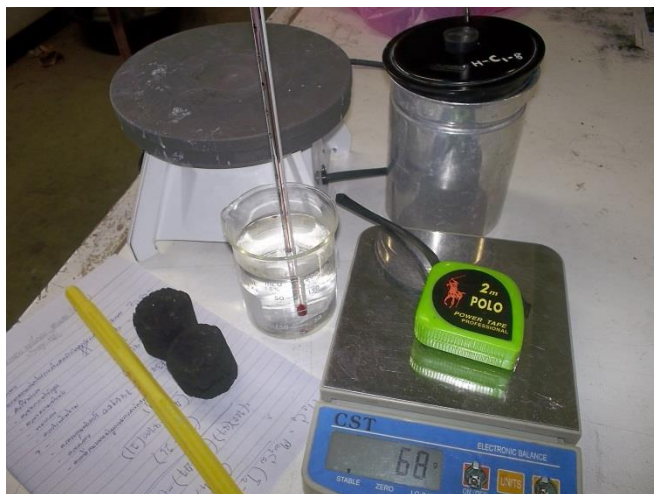
ภาพผนวกที่ 6 ค แคลอริมิเตอร์



ภาพผนวกที่ 7 ค hotplate



ภาพผนวกที่ 8 ค เตาหุงต้ม



ภาพผนวกที่ 9 ค อุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทดสอบค่าความจุความร้อน



ภาพผนวกที่ 10 ค อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบสภาพการแตกหักของถ่าน

ภาคผนวก ง
ถ่านที่อัตราส่วนต่างๆ



ภาพผนวกที่ 1 ง ถ่านที่อัตราส่วนของน้ำต่อแป้งมันสำปะหลัง 2 โดยน้ำหนัก



ภาพผนวกที่ 2 ง ถ่านที่อัตราส่วนของน้ำต่อแป้งมันสำปะหลัง 2.5 โดยน้ำหนัก



ภาพผนวกที่ 3 ง อ่านที่อัตราส่วนของน้ำต่อแป้งมันสำปะหลัง 3 โดยน้ำหนัก

ภาพผนวก จ

วิธีการทำถ่าน



ภาพผนวกที่ 1 จ ใส่วัตถุดิบลงในถาด



ภาพผนวกที่ 2 จ นำวัตถุดิบเข้าเตาเผา



ภาพผนวกที่ 3 จ บดถ่านให้ละเอียด



ภาพผนวกที่ 4 จ ชั่งถ่านตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้



ภาพผนวกที่ 5 จ ชั่งน้ำ



ภาพผนวกที่ 6 จ ชั่งแป้งมันสำปะหลัง



ภาพผนวกที่ 7 จ ผสมวัตถุดิบทั้งหมดให้เข้ากันในภาชนะ



ภาพผนวกที่ 8 จ ผสมให้เข้ากัน



ภาพผนวกที่ 9 จ นำวัตถุดิบที่ผสมเทลงในเครื่องอัด



ภาพผนวกที่ 10 จ อัดถ่านขึ้นรูป



ภาพผนวกที่ 11 จ ใส่ถ่านในตู้อบ



ภาพผนวกที่ 12 จ อบเพื่อไล่ความชื้น

ประวัติส่วนตัวผู้วิจัย

ชื่อ นางสาวรอกีเยาะ สาและ

โปรแกรมวิชา วิทยาศาสตร์

รหัสนักศึกษา 405113012

เกิดวันที่ 20 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2532

ภูมิลำเนาเดิม บ้านเลขที่ 63/2 หมู่ 2 ตำบลยาบี

อำเภอหนองจิก จังหวัดปัตตานี 94170

โทรศัพท์ 0807157195

สถานที่พักอาศัยในปัจจุบัน บ้านเลขที่ 63/2 หมู่ 2 ตำบลยาบี

อำเภอหนองจิก จังหวัดปัตตานี 94170



การศึกษา

1. สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนบ้านยาบี อำเภอหนองจิก จังหวัดปัตตานี
2. สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนยาบีบรรณวิทย์ อำเภอหนองจิก จังหวัดปัตตานี
3. สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนยาบีบรรณวิทย์ อำเภอหนองจิก จังหวัดปัตตานี

คติประจำใจ

ในการที่จะเริ่มต้นทำอะไรทุกครั้ง ควรนึกถึงจุดจบด้วย

ประวัติส่วนตัวผู้วิจัย

ชื่อ นางสาวฮาดีมาะ ฮูดู

โปรแกรมวิชา วิทยาศาสตร์

รหัสนักศึกษา 405113027

เกิดวันที่ 05 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2532

ภูมิลำเนาเดิม บ้านเลขที่ 128 หมู่ที่ 8 ตำบลบันนังสตา

อำเภอบันนังสตา จังหวัดยะลา 95130

โทรศัพท์ 0856734896

สถานที่พักอาศัยในปัจจุบัน บ้านเลขที่ 1 ถนนผังเมือง 4 ซอย 15

ตำบลสะเตง อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000



การศึกษา

1. สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนบ้านสาธุ อำเภอบันนังสตา จังหวัดยะลา
2. สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนอิสลามบาเจาะวิทยา อำเภอบันนังสตา จังหวัดยะลา
3. สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนอิสลามบาเจาะวิทยา อำเภอบันนังสตา จังหวัดยะลา

คติประจำใจ

ทำวันนี้ให้ดีที่สุด

