รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะพร้าวอ่อน

Production of the fuel briquettes from young coconut shell

สังเวย เสวกวิหารี และ อุดมเดชา พลเยี่ยม

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณรายได้คณะ

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะพร้าวอ่อน

Production of the fuel briquettes from young coconut shell

สังเวย เสวกวิหารี

อุดมเดชา พลเยี่ยม

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณรายได้คณะ

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่องานวิจัย : การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะพร้าวอ่อน

ผู้วิจัย : สังเวย เสวกวิหารี , อุดมเดชา พลเยี่ยม

พ.ศ. : 2563

บทคัดย่อ

การนำเปลือกมะพร้าวอ่อน ที่เป็นขยะเหลือทิ้งมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน แทนการใช้ฟืนและถ่านไม้จากป่าธรรมชาติ โดยมีกาวแป้งเปียกเป็นตัวประสาน ผ่านกระบวนการอัดแท่งด้วยเครื่องอัดมือ ได้แท่งเชื้อเพลิงสีดำ คงรูปไม่แตกหัก นำไปตากแดดจนแห้ง ทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง พบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะพร้าวอ่อน มีอัตราการเผาไหม้เฉลี่ย 11.24 กรัมต่อนาที สามารถใช้งานหุงต้มได้ดี ไม่มีการแตกปะทุ ติดไฟได้ดี ไม่มีเขม่า ไม่มีควัน และไม่มีกลิ่นรบกวนขณะใช้งาน เปลือกมะพร้าวอ่อนจึงมีศักยภาพสูงในการนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิง เพื่อใช้ในครัวเรือน ชุมชนและผลิตเพื่อการค้า ช่วยลดปัญหาหมอกควันจากการเผาขยะเหลือทิ้ง และช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อนได้อีกทางหนึ่งด้วย

Research Title : **Potential Energy of the Fuel Briquettes from Young coconut shells**

Researcher : **SANGWOEI SAWEKWIHAREE , UDOMDEJA POLYIUM**

Year : **2020**

ABSTRACT

Young coconut shells are a byproduct after processing coconut juice, which can be used to produce a solid-fuel. This fuel from the coconut shell is an alternative source instead of using firewood or charcoal made of timber in the natural forest. The solid-fuel from young coconut shells was prepared by using a wet glue powder as a binder then was compressed by using a briquette machine. The black coconut briquette was stable after exposure to the sun. The average of the briquette combustion rate was at 11.24 g /min. There is no eruption, smut, smoke, and odor by using the young coconut shell briquette yo start a fire. To sum up, a young coconut shell has a high potential as an alternative biomass material for producing a briquette, especially for commercial. This solution can increase the reduction of haze weather in the sight of solid waste incineration and also global warming.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ให้ทุนในการทำวิจัยครั้งนี้จำนวน 9,000 บาท ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนการใช้ห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์ และเครื่องมือต่าง ๆ จนงานวิจัยสำเร็จตามระยะเวลาที่กำหนด และขอขอบคุณทุกกำลังใจ ทุกคำแนะนำ และทุกความช่วยเหลือ ที่ให้กับผู้วิจัยด้วยดีเสมอมา

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		**I**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		**II**
กิตติกรรมประกาศ		**III**
สารบัญ		**IV**
สารบัญตาราง		**VI**
สารบัญภาพประกอบ		**VII**
บทที่ 1	**บทนำ**	**1**
	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
	ขอบเขตของการวิจัย	1
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
	นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย	2
บทที่ 2	**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	**3**
	แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
บทที่ 3	**วิธีดำเนินการวิจัย**	**41**
	เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย	43
	วิธีดำเนินการวิจัย	43
บทที่ 4	**ผลการวิเคราะห์ข้อมูล**	**51**
	ผลการศึกษา	51
บทที่ 5	**สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ**	**53**
	สรุปผลการวิจัย	53
	ข้อเสนอแนะ	53

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

เอกสารอ้างอิง **54**

ภาคผนวก **55**

1. ประวัตินักวิจัย 55

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1 ประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่ง
จากเปลือกมะพร้าวอ่อน 52

สารบัญภาพประกอบ

ภาพที่ **หน้า**

1. มะพร้าวอ่อน 41
2. เปลือกมะพร้าวอ่อน 41
3. เปลือกมะพร้าวอ่อนตากแดดวันที่ 1 41
4. เปลือกมะพร้าวอ่อนตากแดดวันที่ 2 41
5. เปลือกมะพร้าวอ่อนตากแดดวันที่ 3 42
6. เปลือกมะพร้าวอ่อนตากแดดวันที่ 4 42
7. เปลือกมะพร้าวอ่อนตากแดดวันที่ 5 42
8. เปลือกมะพร้าวอ่อนตากแดดวันที่ 6 42
9. ตะแกรงลวดใส่เปลือกมะพร้าวอ่อน 43
10. จุดเชื้อไฟเผาเปลือกมะพร้าวอ่อน 43
11. นำตะแกรงลวดใส่เตาเผา 44
12. เผาเปลือกมะพร้าวอ่อนในเตาเผา 44
13. เผาต่อในเตาเผา 44
14. ปิดหน้าเตาและปล่องควัน 44
15. เปิดฝาเตา 45
16. ถ่านเปลือกมะพร้าวอ่อน 45
17. ถ่านเปลือกมะพร้าวอ่อนในเครื่องบด 46
18. บดถ่านให้เป็นผงละเอียด 46
19. ชั่งผงถ่านเปลือกมะพร้าวอ่อน 46
20. ชั่งแป้งมัน 46
21. คนแป้งมันจนเป็นกาวแป้งเปียก 46
22. ผสมกาวแป้งเปียกลงในผงถ่าน 46
23. ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน 47
24. นวดผงถ่านกับกาวแป้งเปียก 47
25. อัดเป็นแท่งด้วยเครื่องอัดมือ 47
26. อัดเป็นแท่งเชื้อเพลิง 47
27. เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะพร้าวอ่อน 47
28. นำเชื้อเพลิงอัดแท่งตากแดด 47
29. เชื้อเพลิงอัดแท่งตากแดดจนแห้ง 48

สารบัญภาพประกอบต่อ

ภาพที่ **หน้า**

30. เชื้อเพลิงอัดแท่งตากแดดจนแห้งสนิท 48

ภาคผนวก

ประวัตินักวิจัย 55

บทที่ 1
บทนำ

การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะพร้าวอ่อน

Production of fuel briquettes from young coconut shells

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันสภาวะการณ์ด้านพลังงานเป็นปัญหาที่วิกฤตต่อภาวะเศรษฐกิจและสังคมของประเทศเป็นอย่างมาก ทุกหน่วยงานจึงพยายามหามาตราการลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากน้ำมัน จึงมีการสนับสนุนให้ใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากก๊าซธรรมชาติ และการหาแหล่งพลังงานทดแทน เนื่องจากประเทศไทยของเราเป็นประเทศเกษตรกรรม มีศักยภาพในการผลิตพืชผลทางการเกษตรที่สามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทนได้ แต่หลักใหญ่ของผลผลิตทางการเกษตร เพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารของโลก ถ้านำผลผลิตเหล่านี้มาใช้ผลิตเป็นพลังงานเชื้อเพลิง ก็จะทำให้แหล่งอาหารของโลกเกิดภาวะขาดแคลน และจะส่งผลกระทบต่อการดำรงอยู่ของมวลมนุษย์ชาติได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดในการนำเปลือกมะพร้าวอ่อนที่เหลือทิ้งเป็นขยะมาทำให้เกิดประโยชน์โดยการนำมาผลิตเป็นพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่ง ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะช่วยลดปัญหาขยะเหลือทิ้ง ลดปัญหามลภาวะ ลดปัญหาการขาดแคลนพลังงาน ลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากน้ำมัน ลดปัญหาการใช้ฟืนและถ่านไม้จากธรรมชาติ และลดการนำผลิตผลทางการเกษตรที่เป็นแหล่งอาหารของโลกมาผลิตเป็นพลังงานทดแทน การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะพร้าวอ่อนจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการใช้ประโยชน์จากขยะเหลือทิ้งมาทำให้เกิดมูลค่าเพิ่ม โดยนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง เพื่อเป็นพลังงานทดแทน แทนการใช้ถ่านไม้จากป่าธรรมชาติ และเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่ยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อนำขยะเหลือทิ้ง เปลือกมะพร้าวอ่อนมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง
2. เพื่อศึกษาศักยภาพด้านพลังงานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะพร้าวอ่อน

ขอบเขตของการวิจัย

1. สถานที่ทดลอง ห้องปฏิบัติการเคมี (9406) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2. เปลือกมะพร้าวอ่อน หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ตากแดดให้แห้ง แล้วผ่านกระบวนการเผาไหม้ บดให้เป็นผงแล้วนำมาอัดให้เป็นแท่งเชื้อเพลิง

3. ประเมินคุณภาพและคุณสมบัติของเชื้อเพลิง โดยถือว่าเชื้อเพลิงที่ให้ค่าพลังงานความร้อนสูง แสดงว่า เป็นเชื้อเพลิงที่ดี

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ลดปัญหาการขาดแคลนพลังงานเชื้อเพลิง
2. ลดปัญหามลภาวะจากขยะเหลือทิ้ง
3. นำขยะเหลือทิ้งมาสร้างมูลค่าเพิ่ม และผลิตเป็นพลังงานทดแทน แทนการใช้ฟืนและถ่านไม้จากป่าธรรมชาติ

นิยามศัพท์เฉพาะ

เชื้อเพลิงอัดแท่ง (fuel briquette) หมายถึง การนำเอาวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น ไม้ กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม ซังข้าวโพด เปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ เปลือกมังคุด เปลือกมะพร้าวอ่อน และขยะเหลือทิ้งต่างๆ มาเผาจนเป็นถ่าน และบดจนเป็นผง แล้วอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการ

เปลือกมะพร้าวอ่อน (young coconut shell) ลูกมะพร้าวอ่อนเป็นผลไม้ที่มีเปลือกนอกแข็ง พืชยืนต้นชนิดหนึ่งอยู่ในตะกูลปาล์ม ผลมะพร้าวประกอบด้วย เอพิคาร์ป (epicarp) คือเปลือกนอก ถัดไปข้างในจะเป็นมีโซคาร์ป (mesocarp) หรือใยมะพร้าว ถัดไปข้างในจะเป็นส่วนเอนโดคาร์ป (endocarp) หรือกะลามะพร้าว ถัดจากส่วนเอนโดคาร์ปเข้าไปจะเป็นส่วนของเอนโดสเปิร์ม หรือเรียกว่า เนื้อมะพร้าว ส่วนของมะพร้าวอ่อน 1 ผลนั้น จะมีเนื้อในที่รับประทานได้ และส่วนของน้ำมะพร้าวอ่อนที่เป็นเครื่องดื่มจากธรรมชาติที่มีรสหวาน ไม่มีไขมัน มีแร่ธาตุต่างๆ เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เหล็กเป็นต้น เมื่อดื่มน้ำมะพร้าวอ่อนแล้ว ที่เหลือจะทิ้งเป็นขยะ การนำขยะเปลือกมะพร้าวอ่อนมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง จึงเป็นแนวทางที่ดีในการลดปัญหาขยะ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

มะพร้าวเป็นพืชยืนต้นชนิดหนึ่งอยู่ในตระกูลปาล์ม ใบมีลักษณะเป็นใบประกอบแบบขนนก ผลประกอบด้วยเอพิคาร์ป(epicarp) คือเปลือกนอก ถัดไปข้างใน จะเป็นมีโซคาร์ป (mesocarp) หรือใยมะพร้าว ถัดไปข้างในเป็นส่วนเอนโดคาร์ป (endocarp) หรือกะลามะพร้าว ถัดจากส่วนเอนโดคาร์ปเข้าไป จะเป็นส่วนเอนโดสเปิร์ม หรือที่เรียกว่าเนื้อมะพร้าว มะพร้าวเป็นพืชสารพัดประโยชน์ ทุกส่วนของมะพร้าวตั้งแต่ราก จนถึงยอด ใช้ประโยชน์ได้ทั้งสิ้น เช่น น้ำมะพร้าวอ่อน เป็นเครื่องดื่มจากธรรมชาติที่ไม่มีไขมัน มีรสหวาน มีแร่ธาตุต่างๆเช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เหล็ก รวมถึงน้ำตาลกลูโคส และฟรักโทส ที่ร่างกายนำไปสร้างเป็นพลังงานได้ และมีฮอร์โมนเอสโทเจน (Estrogen) ซึ่งมีหน้าที่เหมือนฮอร์โมนเพศหญิงอยู่สูง ทำให้ผิวหนังกระชับ เปล่งปลั่ง ช่วยป้องกันการเกิดโรคมะเร็งชนิดที่สัมพันธ์กับฮอร์โมน และลดอาการผิดปกติของสตรวัยหมดประจำเดือน (www.prayod.com)

ถ่านอัดแท่ง

หลายปีก่อนคนเรารู้จักและคุ้นเคยกับถ่านไม้เท่านั้น ซึ่งได้จากการนำแท่งฟืนไม้มาเผาเป็นถ่าน แต่ด้วยพระอัจฉริยภาพอันยาวไกลของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว พระองค์ทรงเล็งเห็นเกี่ยวกับการขาดแคลนไม้ในอนาคต รวมทั้งการขาดแคลนพลังงานในด้านต่าง ๆ พระองค์ทรงมีพระราชดำริให้วิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทน ตั้งแต่น้ำมันยังราคาถูก ๆ จึงเกิดโครงการในพระราชดำริต่าง ๆ มากมายในปัจจุบัน เช่น ในด้านการผลิตถ่าน พระองค์ทรงมีพระราชดำริในการนำวัสดุเหลือใช้ เช่น ผักตบชวามาอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิง ซึ่งเรียกว่า เชื้อเพลิงเขียว

วัสดุที่ใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่งมีหลายชนิด เช่น ซังข้าวโพด กะลามะพร้าว แกลบ ขี้เลื่อย ฟางข้าวโพด กะลาปาล์ม กากทานตะวัน ผักตบชวา ชานอ้อย เหง้ามันสำปะหลัง และเปลือกทุเรียน เป็นต้น

คุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง

- ให้ความร้อนสูง เนื่องจากเป็นถ่านที่ได้รับการเผาไหม้เต็มที่
- ปลอดภัยไม่มีสารตกค้างและไม่ทำลายสุขภาพ เพราะถ่านได้ถูกเผาไหม้ด้วยอุณหภูมิเกิน 800 องศา

- ทนนาน สามารถใช้ได้นานกว่าถ่านไม้ธรรมดาถึง 2.5 - 3 เท่า
- ประหยัด เพราะใช้ได้นาน ไม่แตก และไม่ดับเมื่อติดแล้ว
- ไม่แตกประทุ อย่างถ่านไม้ทั่วไป
- ไม่มีควัน เนื่องจากความชื้นน้อยมาก
- ไม่มีกลิ่น เพราะผลิตจากวัสดุธรรมชาติ 100 % ไม่ผสมสารเคมีใด ๆ
- ไม่ดับกลางคัน แม้ว่าจะใช้ในที่ที่อากาศถ่ายเทน้อยทำให้ไม่ต้องเปลี่ยนถ่านบ่อย ๆ
- ให้ความร้อนสูงสม่ำเสมอ ไม่วูบวาบเนื่องจากความหนาแน่นของถ่านเท่ากันทุกส่วน

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ มก. – ธ.ก.ส.
ถ่านอัดแท่ง

๑. ขอบข่าย

๑.๑ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ มก. – ธ.ก.ส. นี้ ครอบคลุมเฉพาะถ่านอัดแท่ง ที่ทำจากผงหรือถ่านเม็ด มาอัดเป็นแท่ง หรือทำจากวัสดุธรรมชาติมาอัดเป็นแท่งแล้วเผาจนเป็นถ่าน

๒. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มก. – ธ.ก.ส. มีดังต่อไปนี้

๒.๑ ถ่านอัดแท่ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น ไม้กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม ซังข้าวโพด มาเผาจนเป็นถ่าน อาจนำมาบดเป็นผงหรือเม็ดแล้วอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการ หรือนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น แกลบ ขี้เลื่อย มาอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการแล้วจึงนำมาเผาเป็นถ่าน

๒.๒ ค่าความร้อน หมายถึง พลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาถ่านหนัก ๑ กรัม มีหน่วยเป็นแคลอรีต่อกรัม

๓. คุณลักษณะที่ต้องการ

๓.๑ ลักษณะทั่วไป

ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปทรงเดียวกัน ขนาดใกล้เคียงกัน มีสีดำสม่ำเสมอ ไม่เปราะ อาจแตกหักได้บ้าง

๓.๒ การใช้งาน

เมื่อติดไฟต้องไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น ไม่มีควันและกลิ่น

๓.๓ ความชื้น

ต้องไม่เกินร้อยละ ๗ โดยน้ำหนัก

๓.๔ ค่าความร้อน

ต้องไม่น้อยกว่า ๕,๕๐๐ แคลอรีต่อกรัม

การผลิตถ่านอัดแท่งจากแกลบ

แกลบที่จะนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งจากแกลบได้ต้องเป็นแกลบที่แห้งสนิท ไม่มีความชื้น (ความชื้นไม่เกิน 10%) แกลบส่วนใหญ่ที่นำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง จะนำมาจากไซโลเก็บแกลบ ซึ่งจะแห้งและมีความชื้นต่ำ สามารถนำมาใช้อัดได้ในทันที ส่วนที่ตากไว้ตามลานปูนนั้นไม่สามารถนำมาใช้ผลิตถ่านอัดแท่งได้ เพราะจะโดนทั้งฝนและน้ำค้าง ซึ่งทำให้แกลบนั้นมีความชื้นสูง ไม่มีคุณสมบัติพอที่จะนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งได้ เนื่องจากเครื่องอัดด้วยกระบวนการอัดร้อนจะไม่สามารถใช้อัดให้เป็นแท่งได้ หากจะนำแกลบที่ตากไว้ตามลานมาใช้เป็นวัตถุดิบ จำต้องนำแกลบไปอบไล่ความชื้นใหม่ อาจใช้วิธีเดียวกันกับการอบข้าวหรือว่านำไปอบด้วยเตาโรตารี่ก็ได้ เพื่อให้ได้แกลบที่มีความชื้นไม่เกิน 10% เหมือนที่ออกมาจากไซโลเก็บแกลบ สำหรับแกลบที่นำออกมาจากไซโลเก็บแกลบนั้น สามารถนำไปเข้าเครื่องอัดแกลบ แล้วอัดออกมาเป็นแท่งฟืนจากแกลบได้เลย โดยไม่ต้องนำไปอบไล่ความชื้นก่อน เพราะแกลบที่ออกมาจากกระบวนการสีข้าว จะไม่มีความชื้นและไม่ต้องร่อน คัดขนาดเหมือนขี้เลื่อย เพราะขนาดของแกลบเท่ากันหรือว่าใกล้เคียงกันทุกเม็ด

การผลิตถ่านอัดแท่งจากแกลบจะมีการลงทุนที่ถูกกว่าการผลิตถ่านอัดแท่งจากขี้เลื่อย เนื่องจากอุปกรณ์การผลิตถ่านอัดแท่งจากแกลบ จะมีน้อยกว่าการผลิตถ่านอัดแท่งจากขี้เลื่อย เพียงแค่มีเครื่องอัดแกลบเครื่องเดียวก็สามารถผลิตงานได้โดยไม่ต้องมีเตาอบไล่ความชื้นก็ได้ จะอัดออกมาเป็นสินค้าแท่งฟืนจากแกลบ หรือว่านำไปเผาต่อเป็นถ่านอัดแท่งจากแกลบเลยก็ได้เช่นกัน เนื่องจากแกลบมีอุปทานพอเพียงในการผลิตเป็นเชื้อเพลิงแข็งเพื่อใช้ทดแทนฟืนและไม้ แต่อาจแปรผันตามฤดูการเก็บเกี่ยวข้าว สำหรับราคาแกลบไม่น่าจะมีปัญหาและถ้าหากจำเป็นต้องกักตุนแกลบไว้เพื่อการผลิตฟืนแกลบเป็นการค้าเงินทุนจมที่ต้องใช้ในการซื้อแกลบ ไม่สูงมากนัก เนื่องจากแกลบที่อัดแล้วไม่สามารถรักษาสภาพให้เป็นแท่งอยู่ได้ เมื่อถูกน้ำ หรือน้ำฝนจะแปรสภาพเป็นแกลบบดเช่นเดิม แต่เมื่อนำแกลบที่อัดแล้วไปเผาให้เป็นถ่าน จะสามารถคงสภาพตามรูปที่อัดได้ ดังนั้นทางผู้ผลิตจึงต้องอัดแกลบก่อนนำไปเผาเป็นถ่านอัดแท่ง เมื่อเทียบกับถ่านจากกะลามะพร้าวและถ่านจากขี้เลื่อยแล้ว จะได้ความแข็งแรง ความทนทาน ความหนาแน่นของถ่านใกล้เคียงกัน

วิธีการเผาแกลบอัดแท่งให้เป็นถ่าน

การนำแท่งฟืนไปเผาเป็นถ่านอัดแท่งจากแกลบ มีหลากหลายวิธีการเผามาก ไม่ว่าจะเป็นการเผาด้วยวิธี เผาด้วยถัง 200 ลิตร เผาด้วยเตาอิฐก่อของกรมป่าไม้ หรือเตาหลุมได้ทั้งหมด จะเลือกใช้วิธีไหนก็ได้ทั้งนั้น ขั้นตอนการเผาก็เหมือนกับการเผาไม้

สรุป กระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากแกลบ

1. นำแกลบที่ออกมาจากไซโลเก็บแกลบเข้าเครื่องอัดแท่งแกลบ
2. เครื่องอัดแท่งแกลบอัดแกลบออกมาเป็นแท่งฟืนจากแกลบ
3. นำแท่งฟืนไปเผาเป็นถ่านอัดแท่งจากแกลบ
4. บรรจุ เพื่อส่งจำหน่ายต่อไป

คุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากแกลบ : (http://www.charcoal.snmcenter.com)

ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงเหมือนถ่านไม้ทั่วไป

- แกลบที่นำมาเผาเป็น ถ่านแล้วพบว่าน้ำหนักแกลบอัดจะหายไป 70% ถ่านที่ได้จากแกลบมีค่าพลังงานความร้อนพอสมควรแต่ความร้อนน้อยกว่าถ่านที่ทำจากไม้
- การอัดแกลบชนิดแน่นและไม่แน่น เมื่อนำไปเผาถ่าน ผลวิเคราะห์ค่าความร้อนทั้งสองชนิดเท่ากัน ความหนาแน่นไม่เท่ากัน ทำให้ระยะเวลาในการใช้งานไม่เท่ากัน ถ่านที่ทำจากแกลบอัดชนิดแน่นจะใช้ได้นานกว่า
- ให้ความร้อนพอประมาณ เนื่องจากเป็นถ่านที่ได้รับการเผาไหม้เต็มที่
- ปลอดภัยไม่มีสารตกค้างและไม่ทำลายสุขภาพ เพราะถ่านได้ถูกเผาไหม้ด้วยอุณหภูมิเกิน 800 องศาทำให้ไม่มีสารก่อมะเร็ง(สามารถทดสอบกับถ่านทั่วไปได้โดยการนำไปต้มน้ำร้อนหากก้นหม้อเป็นเขม่าสีดำแสดงว่าถ่านที่ใช้ถูกเผามาไม่สุกและมีสารก่อมะเร็ง)
- ทนนาน สามารถใช้ได้นานกว่าถ่านไม้ธรรมดาถึง 2.5 - 3 เท่า
- ประหยัด เพราะใช้ได้นาน ไม่แตกง่าย
- ไม่แตกประทุ อย่างถ่านไม้ทั่วไป
- ไม่มีควัน เนื่องจากความชื้นน้อยมาก
- ไม่มีกลิ่น เพราะผลิตจากวัสดุธรรมชาติ 100 % ไม่ผสมสารเคมีใด ๆ
- ไม่ดับกลางคัน แม้ว่าจะใช้ในที่ที่อากาศถ่ายเทน้อยทำให้ไม่ต้องเปลี่ยนถ่านบ่อย ๆ
- ให้ความร้อนสูงสม่ำเสมอ ไม่วูบวาบเนื่องจากความหนาแน่นของถ่านเท่ากันทุกส่วน

ถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด

ในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์มีการปลูกข้าวโพดมาก แต่ละฤดูกาลมีซังข้าวโพดถูกทิ้งเป็นจำนวนไม่น้อย ประกอบกับปัจจุบันมีการตัดต้นไม้ทำลายป่า เพื่อนำไม้มาทำฟืนเผ่าถ่านกันมากขึ้นการส่งเสริมให้เกษตรกรนำซังข้าวโพดมาทำถ่านอัดแท่ง นอกจากจะเป็นการสร้างรายได้จากวัสดุเหลือใช้

แล้ว ยังลดปัญหาการสร้างมลภาวะทางอากาศ ลดการตัดไม้เพื่อนำมาทำฟืน อันเป็นการทำลายทรัพยากรป่าไม้ของประเทศ

ถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดให้ปริมาณความร้อนในระดับสูง คือ 6,300 แคลอรี ต่อกรัม และใช้เวลาในการเผาไหม้จนถึงเป็นเถ้า 1.30 ชั่วโมง ในขณะที่ถ่านที่ได้จากไม้ ให้ความร้อนที่ 4,300 แคลอรีต่อกรัม และใช้เวลาในการเผาไหม้จนถึงเป็นเถ้าเพียง 1 ชั่วโมง และที่น่าสนใจคือ ถ่านจากซังข้าวโพดแทบไม่มีควันเลย

แนวทางการส่งเสริมให้เกษตรกรผลิตถ่านนั้น ศูนย์พัฒนาสังคมฯสนับสนุนในรูปตัวเงินเพื่อนำไปซื้อเครื่องจักร เกษตรกรสมาชิกอาจลงหุ้นกันเพื่อให้การผลิตมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การที่ชาวบ้านภายในชุมชนหันมาสนใจทำถ่านอัดแท่งมากขึ้นจะช่วยสร้างงานสร้างเงินขึ้นภายในชุมชน ถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดนอกจากใช้เป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้มอาหารแล้ว ยังใช้เป็นวัสดุปลูกไม้ดอกไม้ประดับ เช่น หน้าวัว และกล้วยไม้ได้อีกด้วย

นอกจากการผลิตถ่านจากซังข้าวโพดยังมีผลพลอยได้อีกอย่างจากการทำถ่านซังข้าวโพด นั่นคือหลังจากการเผาถ่าน แล้วจะมีน้ำระเหยออกมา มีลักษณะสีดำ เรียกว่าน้ำคาร์บอน เมื่อน้ำชนิดนี้หยดลงต้นหญ้า หญ้าจะตายหมดภายใน 15 นาที จึงสามารถนำมาใช้เป็นยาฆ่าหญ้าได้ แต่ทั้งนี้ยังต้องรอผลการศึกษาวิจัยอย่างจริงจัง เพื่อศึกษาและให้ความรู้กับชาวบ้านอย่างถูกต้องและแน่นอน

ถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดให้ไฟแรงสูงอยู่ได้นาน และไม่มีควันจึงทำให้ท้องถิ่นนิยมใช้ถ่านจากซังข้าวโพดมาก เช่น ร้านก๋วยเตี๋ยว ไก่ย่าง ร้านอาหารต่าง ๆ ปัจจุบันชาวบ้านส่วนใหญ่ยังไม่มีโอกาสได้ใช้ถ่านจากซังข้าวโพด เพราะยังมีการผลิตน้อย ถ้ามีการรวมกลุ่มกันเพื่อทำการผลิตเพิ่มก็ควรให้การส่งเสริมสนับสนุนต่อไป เพราะถ่านเป็นเชื้อเพลิงที่ใช้แล้วหมดไป การส่งเสริมให้มีผู้ผลิตในแต่ละท้องที่ยังมีโอกาสได้รับส่วนแบ่งทางการตลาด สำหรับการส่งเสริมทางด้านการตลาดนั้น อาจให้มีการตั้งสหกรณ์กลุ่มผู้ผลิตถ่านอัดแท่ง ในกรณีที่มีการส่งเสริมจนมีผู้ผลิตจำนวนมากรายการส่งเสริมให้มีการตั้งสหกรณ์จึงอาจสามารถช่วยให้กลุ่มเข้มแข็งได้ ในขณะเดียวกันเกษตรกรในชุมชนก็สามารถนำซังข้าวโพดที่ตนเองมี รวบรวมเพื่อนำไปขายให้กับผู้ผลิตถ่านอัดแท่งได้เป็นการสร้างรายได้อีกทางหนึ่งของเกษตรกร อาจทำโดยการตั้งสหกรณ์รับซื้อซังข้าวโพดชุมชนให้ชาวบ้านในชุมชนนำซังข้าวโพดไปขายเพื่อให้ได้ราคาที่ได้มาตรฐาน

การผลิตถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด ส่วนที่เรานำมาเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตถ่านอัดแท่งก็คือ ซังข้าวโพด หรือแกนข้าวโพด ส่วนเปลือกข้าวโพด ต้นข้าวโพด ก็นำไปเป็นอาหารสัตว์ หรือใช้ในการอุตสาหกรรม ถึงจะนำมาเผาเป็นถ่านได้แต่คุณภาพยังไม่ดีเท่ากับซังข้าวโพด ซังข้าวโพดต้องเผาให้เป็นถ่านก่อน จึงจะนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดได้ขั้นตอนและวิธีการเผาซังข้าวโพดให้เป็นถ่านซังข้าวโพด

นำถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร โดยเจาะรูข้างถัง 3 รู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว เรียงกันลงมาในแนวดิ่ง ให้รูทั้งสามข้างเท่า ๆ กัน และอยู่ห่างจากปากถังและก้นถัง วิธีเผา หันถังให้ช่องลมตรง

ทางลม แล้วจึงเริ่มจุดไฟในถังด้วยเศษไม้เล็ก ๆ ก่อน เมื่อไฟลุกดีแล้วจึงค่อย ๆ เติมซังข้าวโพดลงไป 1 ส่วน (ซังข้าวโพดที่จะเผาให้เป็น 3 ส่วน) จนซังข้าวโพดไหม้หมด สังเกตได้จากเปลวไฟขึ้นรอบ ๆ ถังไม่มีควันไฟ แล้วจึงเติมซังข้าวโพดส่วนต่อไปจนเต็มถัง เมื่อซังข้าวโพดมีปริมาณถึงรูก็อุดรูนั้น จากนั้นก็ปิดฝาถัง แล้วค่ำลงบนดิน หรือทรายทิ้งไว้ทั้งคืน วันรุ่งขึ้นเมื่อถังเย็นดีแล้วจึงเทถ่านออกมา แต่ต้องระวังถ้าถ่านยังร้อนอยู่ เมื่อเทออกจากถังถ่านจะเผาไหม้ต่อได้ ส่วนผลผลิตถ่านที่ได้ ซังข้าวโพด 100 กิโลกรัม จะเผาเป็นเนื้อถ่านได้ 30-40 กิโลกรัม เราจะได้ถ่านซังข้าวโพดพร้อมนำไปอัดเป็นถ่านอัดแท่ง

สิ่งที่ผู้ผลิตถ่านซังข้าวโพดควรให้ความสำคัญมากที่สุด คือ ซังข้าวโพดต้องเผาไหม้เป็นถ่านที่สมบูรณ์ ต้องเป็นถ่านทั้งแท่ง ไม่ใช่ครึ่งสุกครึ่งดิบ เพราะจะทำให้ถ่านหลังจากที่เรานำมาอัดแท่งแล้วมีควัน เนื่องจากเยื่อซังข้าวโพดที่ยังเผาไหม้ไม่สมบูรณ์จะเป็นเชื้อทำให้ถ่านอัดแท่งเกิดควัน (ทำให้คุณภาพของถ่านอัดแท่งที่ผลิตมีคุณภาพต่ำลง) และอีกประการที่สำคัญถ่านซังข้าวโพดที่ออกจากเตาแล้วควรร่อนเอาเฉพาะชิ้นถ่านเท่านั้นจะได้มีคุณภาพของวัตถุดิบถ่านซังข้าวโพดคุณภาพดี

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มะพร้าว เป็นพืชยืนต้นชนิดหนึ่งอยู่ในตระกูลปาล์ม ใบมีลักษณะเป็นใบประกอบแบบขนนก ผลประกอบด้วยเอพิคาร์ป(epicarp) คือเปลือกนอก ถัดไปข้างใน จะเป็นมีโซคาร์ป (mesocarp) หรือใยมะพร้าว ถัดไปข้างในเป็นส่วนเอนโดคาร์ป (endocarp) หรือกะลามะพร้าว ถัดจากส่วนเอนโดคาร์ปเข้าไป จะเป็นส่วนเอนโดสเปิร์ม หรือที่เรียกว่าเนื้อมะพร้าว มะพร้าวเป็นพืชสารพัดประโยชน์ ทุกส่วนของมะพร้าวตั้งแต่ราก จนถึงยอด ใช้ประโยชน์ได้ทั้งสิ้น เช่น น้ำมะพร้าวอ่อน เป็นเครื่องดื่มจากธรรมชาติที่ไม่มีไขมัน มีรสหวาน มีแร่ธาตุต่างๆเช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เหล็ก รวมถึงน้ำตาลกลูโคส และฟรักโทส ที่ร่างกายนำไปสร้างเป็นพลังงานได้ และมีฮอร์โมนเอสโทเจน (Estrogen) ซึ่งมีหน้าที่เหมือนฮอร์โมนเพศหญิงอยู่สูง ทำให้ผิวหนังกระชับ เปล่งปลั่ง ช่วยป้องกันการเกิดโรคมะเร็งชนิดที่สัมพันธ์กับฮอร์โมน และลดอาการผิดปกติของสตรวัยหมดประจำเดือน (www.prayod.com)

จากการประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 2 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา โดยฐานิตย์ เมธียานนท์และคณะ ได้ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านไม้ยางพาราด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชันโดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน จากการศึกษาพบว่าอัตราการผลิต และค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงจะแปรผกผันกับสัดส่วนการผสมแป้งเปียกต่อน้ำหนักของวัตถุดิบ โดยมีอัตราส่วนการผลิตระหว่าง 6.0 – 7.7 kg / min และค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงมีค่าระหว่าง 24.3 – 26.0 mJ / kg เมื่อนำไปเผาในเตาพบว่า จะใช้ระยะเวลาประมาณ 1.5 – 2 ชั่วโมง

รศ. สุภาวดี สวัสดิพรพัลลภ และคณะ ได้ศึกษาการใช้ประโยชน์ชานอ้อยจากโรงงานน้ำตาล เพื่อผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง จากการศึกษาพบว่า ค่าพลังงานความร้อนสูงสุดคือส่วนผสมที่ใช้ชานอ้อยผสมกาวแป้งเปียกเพียงอย่างเดียว ในอัตราส่วน 2 : 1 โดยน้ำหนัก มีค่า 16.563 กิโลจูลต่อกรัม ส่วนที่มีค่าพลังงานความร้อนต่ำสุดคือ ชานอ้อยผสมกับแกลบในอัตราส่วน 1 : 1 มีค่า 9.45 กิโลจูลต่อกรัม โดยถ่านไม้จากท้องถิ่นมีค่า 17.542 กิโลจูลต่อกรัม จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ เชื้อเพลิงอัดแท่งแบบเกลียวอัด ไม่มีการให้ความร้อน มีต้นทุนการผลิต 0.20 บาทต่อกิโลกรัมวัตถุดิบ และมีควันน้อยในระหว่างการใช้งาน

นางสาวทิพาวรรณ รักษ์วงศ์ และนางสาวอัญชวิการ์ ไชยศรีหา ได้ศึกษาเชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านเปลือกทุเรียนผสมกับกากตะกอนโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเยื่อกระดาษผลการวิจัยพบว่า อัตราส่วนผสมระหว่างเปลือกทุเรียนกับกากตะกอนตั้งแต่ 4 : 1 ถึง 7 : 1 สามารถอัดขึ้นรูปเป็นแท่งได้ โดยส่วนผสมที่มีเปลือกทุเรียนอัดขึ้นรูปได้ยาก ความหนาแน่น และดัชนีความแตกร่วนจะลดลง จากการอัดขึ้นรูปเป็นแท่งอัตราส่วนผสม 6 : 1 มีคุณสมบัติดีที่สุด เมื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM รวม 3 ด้าน คือ ความชื้น ปริมาณเถ้า และค่าความร้อน มีค่า 4.46 % 17.50 % และ 21,758 กิโลกรัม ตามลำดับ และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับถ่านไม้ยูคาลิปตัส พบว่า มีค่าใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ในการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนถ่านเปลือกทุเรียนผสมกับกากตะกอน มีประสิทธิภาพในการใช้งานความร้อนใกล้เคียงกับถ่านไม้ยูคาลิปตัส

โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรดา งานผลิตภัณฑ์ข้าวตัวอย่าง และแกลบ ได้นำแกลบที่เหลือจากโรงสีข้าวมาผลิตถ่านแกลบอัดแท่ง ซึ่งได้ค่าพลังงานความร้อน 3,886 กิโลแคลลอรี่ ต่อ 1 กิโลกรัม จะเห็นได้ว่าในทุกหน่วยงานได้นำวัสดุเหลือจากการเกษตรมาพัฒนาพลังงานทดแทนในรูปของเชื้อเพลิง เปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้ง ก็น่าจะนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงให้พลังงานความร้อนได้เช่นกัน

อภิรักษ์ สวัสดิกิจ และคณะได้ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขี้เถ้าแกลบผสมซังข้าวโพด แลกะลามะพร้าว ด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชั่นโดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับขี้เถ้าแกลบโดยการนำมาผสมวัตถุดิบอื่นเพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ขี้เถ้าแกลบที่ได้จากกระบวนการอบข้างเปลือกในโรงสีข้าว โดยการนำมาบดผสมกับผงถ่านซังข้าวโพด และผงถ่านกะลามะพร้าว โดยมีสัดส่วนการผสมอยู่ที่ 30 : 70 , 40 : 60 และ 50 : 50 ตามลำดับ ส่วนแป้งมันจะมีสัดส่วนการผสมต่อน้ำหนักวัตถุดิบเท่ากับ 1 : 10 จากการศึกษาพบว่า ค่าความหนาแน่น และความต้านทานแรงกด จะแปรผันตามสัดส่วนการผสมของผลซังข้าวโพด และผงกะลามะพร้าว แต่จะแตกต่างกันไม่มากนัก การทดสอบค่าความร้อนเชื้อเพลิงพบว่า โดยเฉลี่ยมีค่าอยู่ระหว่าง 6048 – 6943 kcal / kg ซึ่งสูงกว่าค่ามาตราฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชน ความชื้นอยู่ระหว่าง 5.7 – 5.83 % โดยน้ำหนัก อัตราการผลิตแท่ง

เชื้อเพลิง 2.5 kg / min ความหนาแน่นอยู่ในช่วง 800 – 833 kg / m^3 ค่าความต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงจะอยู่ในช่วง 1.07 – 1.23 MPa ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าที่ยอมรับได้ในเชิงพาณิชย์ จุดคุ้มทุนของการผลิตถ่านเชื้อเพลิงประมาณ 9448 kg จากการศึกษาพบว่ามีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ในครัวเรือน หรือผลิต และจำหน่ายในเชิงพาณิชย์

สังเวย เสวกวิหารี และคณะ ได้ศึกษาพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ พบว่า เปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์สามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานอัดแท่งได้ ใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงในครัวเรือน ในชุมชน แทนการใช้เชื้อเพลิงจากฟืน และถ่านไม้จากธรรมชาติ และเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์สามารถใช้งานหุมต้มได้ดี ไม่แตกปะทุ ติดไฟได้ดีมาก ให้ค่าความร้อนสูง (6022 แคลอรี่ต่อกรัม) จึงเหมาะสำหรับการผลิตเป็นพลังงานเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในครัวเรือน ชุมชน หรือผลิตเพื่อการค้า และการอุตสาหกรรมที่ใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากถ่านไม้ และฟืน

จิราพงษ์ คูหากาญจน์ ได้ศึกษาศักยภาพด้านพลังงานของถ่านตอรากยางพารา โดยนำตอรากยางพาราจากสวนยางพาราในท้องที่ภาคใต้ (จังหวัดตรัง) มาทดสอบที่ศูนย์วิจัยพลังงานจากไม้ จังหวัดสระบุรี ผลการศึกษาพบว่า ผลผลิตถ่านตอรากยางพาราที่ได้จากเตาอิฐก่อความจุ 2.0 ลูกบาศก์เมตร มีค่าเฉลี่ย26.85 % ค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยมีค่า 7218.95 แคลอรีต่อกรัม ถ่านตอรากยางพาราจากการเผาถ่านด้วยเตาอิฐก่อ มีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณคาร์บอนเสถียรเฉลี่ยมีค่า 67.5 % ปริมาณสารระเหยได้เฉลี่ยมีค่า 17.75 % ปริมาณเถ้าเฉลี่ยมีค่า 6.65 %ปริมาณความชื้นเฉลี่ยมีค่า8.1 % และค่าความหนาแน่นเฉลี่ย มีค่า 0.04 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับคุณสมบัติในการใช้หุงต้มนั้น ถ่านตอรากยางพาราที่ได้จากเตาอิฐก่อมีค่างานที่ได้เฉลี่ย 2.75 ค่าอัตราการเผาไหม้เฉลี่ย 5.69 กรัมต่อนาที และค่าประสิทธิภาพการใช้งานเฉลี่ยมีค่า 21.22 ซึ่งแสดงถึงคุณสมบัติในการใช้งานหุงต้มของถ่านตอรากยางพาราที่ได้จากการเผาถ่านด้วยเตาอิฐก่อกรมป่าไม้มีประสิทธิภาพสูงเหมาะสมสำหรับการใช้งานหุงต้มในครัวเรือน

เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากกาแฟ BRIQUETTE FUEL MADE OF COFFEE RESIDUE

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากกาแฟโดยใช้เครื่องอัดเย็น และมีตัวประสานที่ใช้ในงานวิจัย 3 ชนิดคือ ผักตบชวาหมักเศษมันสำปะหลัง และแป้งเปียก โดยทดลองผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งทั้งหมด 14 ตัวอย่างคือ เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากกาแฟผสมผักตบชวาหมักที่อัตราส่วน 5:5 6:4 7:3 8:2 9:1 จำนวน 5ตัวอย่าง เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากกาแฟผสมเศษมันสำปะหลังที่อัตราส่วนเดียวกันกับใช้ผักตบชวาหมักเป็นตัวประสานจำนวน 5 ตัวอย่าง และเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากกาแฟผสมแป้งเปียกที่อัตราส่วน 7:3 8:2 9:1 จำนวน 3 ตัวอย่าง โดยเปรียบเทียบกับการทดลองผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากกาแฟล้วน 1 ตัวอย่าง พร้อมทั้งวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพ ด้านเชื้อเพลิง และศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตโดยใช้

สถิติ Analysis of Variance และ Duncan'sMultiple Range Tests ในการวิเคราะห์ข้อมูล จากผลการทดลองพบว่ากากกาแฟมีค่าความร้อน 6,038 Kcal/kg (25.28 Mj/kg) :ซึ่งมีค่าสูงกว่าฟืน (4,436 Kcal/kg) แต่ต่ำกว่าถ่านไม้เบญจพรรณ (6,552 Kcal/kg) เมื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยผสมผักตบชวาหมัก เศษมันสำปะหลัง หรือแป้งเปียกจะมีค่าความร้อนลดลงเหลือ 4,700-5,700 Kcal/kg ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวประสานและมีค่าความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 0.5 -0.9 g/cm('3) ซึ่งจะมีค่าลดลงเมื่อตัวประสานที่ใช้ลดลง ค่าดัชนีแตกร่วนอยู่ระหว่าง0.82-0.99 ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถของเชื้อเพลิงในการทนต่อแรงกระแทกในการขนส่งได้ และมีค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานของความร้อนร้อยละ 13.3 - 23.4 ซึ่งใกล้เคียงกับฟืนไม้เบญจพรรณ เมื่อพิจารณาด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์โดยใช้ข้อมูลของวัตถุดิบในปี พ.ศ. 2543พบว่า เมื่อขายเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากกาแฟที่ราคาขายต่ำสุดคือกิโลกรัมละ 1 บาท และที่ราคาขายกิโลกรัมละ 1.25 บาท ค่า Net Present Value ของราคาขายทั้ง 2 กรณีมีค่าเป็นบวก และค่า Internal Rate of Return มีค่ามากกว่า Minimum Attractive Rate of Return ที่ตั้งไว้ที่ร้อยละ 15 แสดงว่าโครงการมีความคุ้มค่าในการลงทุน เมื่อพิจารณาด้านการนำมาใช้ประโยชน์ของกากกาแฟ (4,700-5,700 Kcal/kg หรือ 19.68-23.86 Mj/kg) พบว่า เมื่อคิดเชิงเปรียบเทียบโดยนำกากกาแฟดิบที่ผ่านการลดความชื้นมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทันทีจะมีค่าความร้อนรวมเทียบได้กับน้ำมันเตาที่มีค่าความร้อน 39.23 MJ/lราคา 7 บาท/ลิตร คิดเป็นมูลค่า 18.0433 ล้านบาท/ปี (ประมาณ 4,510 บาท/ตัน) ที่สามารถประหยัดได้ ทั้งนี้หากนำกากกาแฟมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งซึ่งมีความสะดวกในการใช้งานมากกว่าการใช้กากกาแฟดิบเป็นเชื้อเพลิงโดยตรง โดยคิดเทียบน้ำมันเตาจะสามารถประหยัดเงินได้ถึง 14.9414 ล้านบาทต่อปี ดังนั้นเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากกาแฟจึงมีความเหมาะสมในการผลิตเพื่อใช้งานโดยเฉพาะใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนในกระบวนการอุตสาหกรรมตลอดจนการใช้งานในระดับครัวเรือน นอกจากนี้การนำกากกาแฟมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งยังเป็นการลดปริมาณกากกาแฟซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนอุตสาหกรรมที่เป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม

การศึกษาวิจัยพลังงานเชื้อเพลิงจากเปลือกทุเรียน ในรูปของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

การศึกษาวิจัยพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียน เป็นการศึกษาทดลองการอัดแท่งเชื้อเพลิงทั้งแบบชนิดอัดร้อน (Hot Press Process) และอัดเย็น (Cold Press Process) ของเปลือกทุเรียนที่มีปริมาณมากจากสองสายพันธุ์ คือ พันธุ์ชะนีและพันธุ์หมอนทอง การศึกษาโดยการนำเปลือกทุเรียนที่เหลือทิ้ง มาสับด้วยเครื่องหั่นย่อยซากพืชให้มีขนาดประมาณ 8 มิลลิเมตร นำไปตากแดดให้มีความชื้นพอเหมาะต่อการอัดแท่งทั้งสองแบบ แล้วนำไปอัดแท่งเชื้อเพลิงทั้งชนิดแบบอัดร้อนและอัดเย็น นำแท่งเชื้อเพลิงแข็งดังกล่าวมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิง โดยการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี (Chemical Component Analysis) รวมทั้งค่าความร้อน (Heating Value) ทดสอบความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง (Density) หาค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระหว่างการอัด (Energy Consumption) หาค่าพลังงานดุลต่อชั่วโมง (Hour Energy Balance) และหาประสิทธิภาพ

การใช้งานของความร้อน (Heat Utilization Efficiency) ผลการวิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกทุเรียนจากการอัดแท่งทั้งชนิดอัดร้อนและอัดเย็นของทุเรียนทั้งสองสายพันธุ์ ปรากฏว่าจะมีปริมาณขี้เถ้า (Ash Content) และสารละเหย (Volatile Matters) ใกล้เคียงกัน คือร้อยละ 5.5 – 8.0 และ 72.4 – 81.1 ตามลำดับ สำหรับค่าคาร์บอนเสถียร (Fixed Carbon) ของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดร้อน มีค่าเท่ากับร้อยละ 10.2 และ 7.2 สำหรับเปลือกทุเรียนของสายพันธุ์ชะนีและหมอนทอง ตามลำดับ ซึ่งจะสูงกว่าค่าคาร์บอนเสถียรของการอัดเย็นที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง ร้อยละ 4.3 – 7.6 ในด้านค่าความร้อนของเปลือกทุเรียนอัดแท่งทั้งแบบอัดร้อนและอัดเย็น อยู่ระหว่าง 3,609 - 3,844 แคลอรี/กรัม โดยแท่งเชื้อเพลิงแบบอัดร้อนจะให้ค่าความร้อนสูงกว่าแบบอัดเย็นเล็กน้อย ค่าความหนาแน่นของเปลือกทุเรียนอัดแท่งแบบอัดร้อนจะมีค่า 2.9 และ 3.2 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร สำหรับทุเรียนพันธุ์ชะนีและพันธุ์หมอนทอง ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าแท่งเชื้อเพลิงแบบอัดเย็นที่มีค่าระหว่าง 1.6 ถึง 2.8 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ทั้งนี้ ในการทดสอบความหนาแน่นของเปลือกทุเรียนอัดแท่งโดยการหาค่าการทนแรงอัด (Compressive Strength) นั้น ผลปรากฏว่า เปลือกทุเรียนอัดแท่งแบบอัดร้อนพันธุ์หมอนทอง มีค่าทนแรงอัดสูงที่สุด คือ เท่ากับ 60.2 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ส่วนแบบอัดเย็นทั้งสองสายพันธุ์มีค่าการทนแรงอัดต่ำ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 5.5 – 12.2 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ค่าการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้พบว่าการอัดร้อนจะสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าสูง คือมีค่าระหว่าง 0.440 – 0.456 กิโลวัตต์/กิโลกรัม ในขณะที่การอัดเย็นจะสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเพียง 0.050 ถึง 0.069 กิโลวัตต์/กิโลกรัม ของทั้งสองสายพันธุ์ สำหรับการหาพลังงานดุลย์ต่อชั่วโมง หรือพลังงานจากเชื้อเพลิงอัดแท่งของการอัดทั้งสองแบบปรากฏว่า วิธีการอัดแบบอัดร้อนจะให้พลังงานจากเชื้อเพลิงอัดแท่งมากกว่าการอัดแบบอัดเย็นถึง 3 เท่า ส่วนผลการทดสอบหาประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน จะพบว่าเปลือกทุเรียนอัดแท่งแบบอัดร้อนของพันธุ์หมอนทองจะให้ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนสูงที่สุดถึงร้อยละ 27.7 ผลจากการศึกษาคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงและค่าความร้อนรวมทั้งประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของเปลือกทุเรียนอัดแท่งดังกล่าว เมื่อเปรียบเทียบกับฟืนและถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส แล้ว ปรากฏว่าเปลือกทุเรียนอัดแท่งมีคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงใกล้เคียงกับฟืนและถ่าน ส่วนค่าความร้อนจะต่ำกว่าถ่านประมาณ 1 เท่า สำหรับประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน พบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนทั้งแบบอัดร้อนและอัดเย็นมีค่าใกล้เคียงทั้งฟืนและถ่านไม้ ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่า จากการนำเปลือกทุเรียนทั้งสองสายพันธุ์ ซึ่งมีปริมาณผลผลิตรวมกันกว่าร้อยละ 80 ของทุเรียนทั้งหมด มาอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงแล้วได้เชื้อเพลิงที่มีคุณภาพดีและไม่แตกต่างกัน นั้น จึงอาจกล่าวได้ว่า โดยทั่วไปเปลือกทุเรียนจะสามารถนำมาผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิงเพื่อใช้เป็นพลังงานความร้อนในครัวเรือนแทนฟืนและถ่านจากไม้ได้

การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ของยางพารา

เชื้อเพลิงเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในชีวิต ในปัจจุบันความต้องการใช้เชื้อเพลิงมากขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้เชื้อเพลิงขาดแคลนและมีราคาสูง (อนุชิต กิจสวัสดิ์, 2543) ในการทำสวนยางพารา พบว่า ไม้ยางพาราและเปลือกนอกของเมล็ดยางพารามีปริมาณมาก และวัสดุดังกล่าวไม่ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ นอกแหนือจากปล่อยให้ย่อยสลายเองตามธรรมชาติ งานวิจัยนี้ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตถ่านอัดแท่งจากไม้ยางพาราและเปลือกนอกของเมล็ดยางพาราที่ให้ค่าพลังงานเชื้อเพลิงมากที่สุด ทำการทดลองโดยนำถ่านจากไม้ยางพารามาผสมกับถ่านจากเปลือกนอกของเมล็ดยางพาราในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน โดยใช้ตัวประสาน 2 ชนิด คือ ถ่านที่ใช้น้ำแป้งสุกเป็นตัวประสาน (A1 – A11) และถ่านที่ใช้ดินเหนียวละลายน้ำเป็นตัวประสาน (B1 – B11) เมื่อนำไปหาค่าพลังงานความร้อนด้วยเครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์พบว่า ถ่านสูตร A1 (ไม้ยางพารา) และถ่านสูตร B11 (เปลือกนอกของเมล็ดยางพารา) มีค่าพลังงานความร้อนมากที่สุดและน้อยที่สุด คือ 4666.66 และ 3119.12 cal/g ตามลำดับ

การใช้ประโยชน์ชานอ้อยจากโรงงานน้ำตาลเพื่อผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

(USE BAGASSE FROM SUGAR CANE INDUSTRY FOR POWER)

1. บทนำ

ประเทศไทยมีการส่งออกน้ำตาลในแต่ละปีมีปริมาณที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศอื่น ๆ ที่ส่งออกน้ำตาลเช่นเดียวกัน สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายได้ทำการสำรวจในปี 2542 พบว่าประเทศไทยใช้อ้อยเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลประมาณ 50 ล้านตัน ในการผลิตน้ำตาลนี้จะทำให้เกิดผลพลอยได้ (by product) เป็นจำนวนมาก เช่น กากน้ำตาล กากตะกอน และสิ่งที่มีปริมาณสูงสุดที่เกิดขึ้นจากกระบวนการดังกล่าวคือ ชานอ้อย (bagasse) ในปัจจุบันพบว่าความต้องการน้ำตาลมีอัตราเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้ปริมาณชานอ้อยมีเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน ปัญหาที่พบอยู่ประจำซึ่งมีสาเหตุมาจากชานอ้อย ได้แก่ การส่งกลิ่นรบกวน นอกจากนี้ชานอ้อยยังเป็นต้นเหตุที่สำคัญในการเกิดเพลิงไหม้โดยเฉพาะในฤดูแล้ง หรือในฤดูฝน น้ำฝนจะชะล้างและพัดเอาเศษชานอ้อยไปสู่พื้นที่การเกษตรบริเวณใกล้เคียง ทำให้เกิดความเสียหายและควบคุมได้ลำบาก

นอกจากนี้ประเทศไทยยังมีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอื่น ๆ เช่น แกลบ ขี้เลื่อย ฟางข้าว ต้นถั่วต่าง ๆ ซังข้าวโพด วัชพืช ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่อาศัยระยะเวลาในการย่อยสลาย ล้วนแล้วแต่มีค่าความร้อนที่สูงพอที่จะนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ด้านพลังงาน โดยการผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิงแข็งและแท่งเชื้อเพลิงเขียว เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนการใช้ฟืนหรือถ่าน เชื้อเพลิงแบ่งออกเป็น 3 สถานะ คือ เชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเขียว และเชื้อเพลิงที่เป็นก๊าซ ในที่นี้เราจะกล่าวถึงเชื้อเพลิงแข็งที่เป็นวัสดุจากการเกษตร ซึ่งองค์ประกอบที่สำคัญที่มีอยู่ในวัสดุพวกนี้ คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และความชื้น

ชานอ้อยเป็นผลพลอยได้จากโรงงานผลิตน้ำตาลที่มีความไวไฟสูง เนื่องจากชานอ้อยประกอบด้วย น้ำตาล ความชื้นและจุลินทรีย์ทำให้เกิดการหมัก ได้แอลกอฮอล์ กรดอะซิติกและกรดอื่น ๆ นอกจากนี้ยังได้ความร้อนและคาร์บอนไดออกไซด์จำนวนมากด้วย ปัจจุบันได้มีการใช้ประโยชน์จากชานอ้อยในหลายรูปแบบเช่น การนำกลับไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าใช้ในโรงงานน้ำตาล การนำไปผสมเป็นอาหารสัตว์ การนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตฟอฟูรัส การนำไปผลิตเป็นวัสดุก่อสร้างและเฟอร์นิเจอร์

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาศักยภาพในการนำชานอ้อยจากอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาลไปใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

3. อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาการใช้ประโยชน์ชานอ้อยจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาลเพื่อการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยมีหลักการคือ ประเมินคุณภาพและคุณสมบัติของเชื้อเพลิง โดยใช้องค์ประกอบที่สำคัญของเชื้อเพลิงเป็นหลักในการประกันคุณภาพ คือ คาร์บอนเสถียร สารระเหย ปริมารเถ้า ความชื้น และค่าความร้อน โดยถือว่าค่าเชื้อเพลิงที่ให้ความร้อนสูงแสดงว่าเป็นเชื้อเพลิงที่ดี แต่ก็ยังมีเหตุผลอื่นพิจารณาประกอบการตัดสินใจว่าเชื้อเพลิงนั้นเป็นเชื้อเพลิงที่ดีหรือไม่ เช่น การประทุของถ่าน น้ำหนักของถ่าน ปริมาณควันระหว่างการเผาไหม้ และเวลาที่ใช้ต้มน้ำให้เดือด ในการศึกษาครั้งนี้ได้แบ่งขั้นตอนการศึกษาออกเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

1. ออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดแท่งชานอ้อย โดยการออกแบบเป็นการออกแบบให้อัดโดยไม่ใช้ความร้อน ซึ่งใช้เกลียวอัดและมอเตอร์ขนาด 220 โวลต์ เป็นต้นกำลัง

2. ทำการวิเคราะห์ชานอ้อยทางฟิสิกส์ โดยการหาค่าความหนาแน่นและทดสอบความแข็งแรง ในการหาค่าความหนาแน่นนั้นหาโดยการนำชานอ้อยมาตวงด้วยภาชนะตวง ยกภาชนะตวงสูงจากพื้นประมาณ 10 เซนติเมตร แล้วปล่อยให้กระแทกกับพื้น 3 ครั้ง หากปริมาณชานอ้อยในถังตวงลดลงต่ำลงกว่าระดับที่ใช้วัดปริมาณ ให้เติมชานอ้อยลงไปจนได้ระดับ นำภาชนะตวงที่บรรจุชานอ้อยดังกล่าวชั่งน้ำหนัก เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาค่าความหนาแน่น ทดลองหาค่าความหนาแน่นหลาย ๆ ครั้งแล้วนำค่าที่ได้มาเฉลี่ยเป็นค่าความหนาแน่นชานอ้อย ส่วนการทดสอบความแข็งแรงโดยการนำแท่งตัวอย่างมาวางที่แท่นรองรับ จากนั้นทำการกดโดยใช้เครื่อง Strain gauge ทำงานที่ 50 มิลลิเมตรต่อนาที

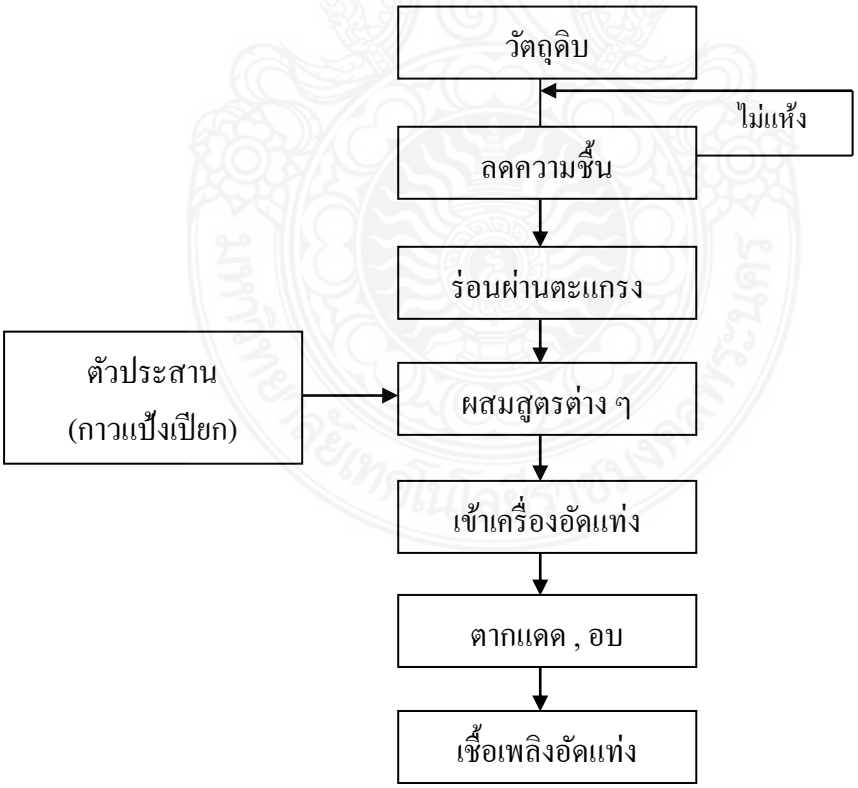
3. ทำการวิเคราะห์ชานอ้อยทางเคมี โดยมีการหาความชื้น ปริมาณของแข็งรวม ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ ปริมาณเถ้า และการหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิง ในการหาค่าความชื้นทำโดยการนำชานอ้อยประมาณ 50 ลิตร ใส่ถาดอลูมิเนียมที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้วนำไปอบในตู้ที่อุณหภูมิ

ประมาณ 75-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 3-4 วัน จนกระทั่งตัวอย่างชานอ้อยแห้งสนิท ส่วนการหาปริมาณสารที่เผาไหม้ได้และปริมาณเถ้านั้นทำโดยการนำตัวอย่างชานอ้อยที่แห้งสนิทบดด้วยเครื่องบดมีขนาด 1.0 มิลลิเมตร นำไปอบในตู้อบประมาณ 2 ชั่วโมง แล้วปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccators จากนั้นสุ่มตัวอย่างชานอ้อยดังกล่าว (ประมาณ 3-5 กรัม) ใส่ใน porcelain crucible ที่ทราบน้ำหนักแน่นอนนำไปชั่งน้ำหนักรวมอีกครั้งก่อนที่จะนำไปเผาใน muffle furnannce ที่อุณหภูมิ 600-650 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นจนสามารถนำออกมาไว้ใน desiccators ได้ ทิ้งไว้ใน desiccators ประมาณ 1-2 ชั่วโมง นำ porcelain crucible นำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งหนึ่ง ส่วนการหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงนั้นโดยใช้เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์เป็นตัววัดค่าความร้อน

4. คำนวณค่าใช้จ่ายในส่วนของเครื่องจักรโดยมีหลักเกณฑ์ในการพิจารณา ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ค่าใช้จ่ายคงที่และค่าใช้จ่ายแปรผัน

4. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

การออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดแท่งชานอ้อย ซึ่งเป็นการอัดแบบไม่ใช้ความร้อนโดยใช้เกลียวอัดและมีมอเตอร์ขนาด 220 โวลด์ เป็นต้นกำลังนั้น ได้นำมาทดลองผลิตชานอ้อยโดยมีกระบวนการผลิตชานอ้อยเป็นดังนี้



กระบวนการผลิตชานอ้อยอัดแท่ง

จากผลการวิเคราะห์ทางฟิสิกส์ของแท่งตัวอย่างพบว่าค่าความหนาแน่นมีค่าอยู่ระหว่าง 0.39-0.61 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร โดยสูตรที่ผสมแกลบเผามีความหนาแน่นสูงสุด ที่ 0.61 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และสูตรที่ผสมขี้เลื่อยมีความหนาแน่นต่ำสุด ที่ 0.39 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สำหรับในส่วนของแรงกดที่รับได้ต่อเซนติเมตรมีค่าอยู่ระหว่าง 33.05-119.83 กิโลนิวตัน ซึ่งสูตรที่เป็นชานอ้อยเพียงอย่างเดียวมีค่าสูงสุดที่ 119.83 กิโลนิวตัน และสูตรที่เป็นชานอ้อยผสมกับขุยมะพร้าวมีค่าต่ำสุดที่ 33.05 กิโลนิวตัน ส่วนค่าความชื้นของแท่งตัวอย่างหลังการอบมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากเป็นการกำหนดอัตราส่วนของปริมาณน้ำในการผสมที่แน่นอนซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 31.53-41.7 เปอร์เซนต์

ผลการวิเคราะห์ทางเคมีแท่งตัวอย่างพบว่าค่าความร้อนที่ได้จากสูตรชานอ้อยอัตราส่วน 2:1 ซึ่งเป็นชานอ้อยเพียงอย่างเดียวมีค่าความร้อนสูงใกล้เคียงกับถ่านไม้ในท้องถิ่นซึ่งเท่ากับ 16,563 จูลต่อกรัม และ 17,542 จูลต่อกรัมตามลำดับ ส่วนสูตรที่ผสมกับแกลบมีค่าความร้อนต่ำสุดคือ 10,000 จูลต่อกรัม

ผลการหาค่าพลังงานอย่างง่ายพบว่าสูตรที่มีชานอ้อยผสมกับกาวในอัตราส่วน 2:1 มีการเดือดเร็วที่สุดที่ 12.32 นาที ใกล้เคียงกับถ่านไม้ซึ่งใช้เวลา 10:11 นาที และสูตรชานอ้อยผสมกับแกลบไม่สามารถทำให้น้ำเดือดได้

5. สรุปผลการศึกษา

จากการออกแบบพัฒนาและทดสอบเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงจากชานอ้อยผสมกับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรชนิดอื่น ๆ เช่น ขี้เลื่อย เปลือกมะพร้าว แกลบ โดยมีกาวแป้งเปียกเป็นตัวประสานซึ่งใช้เทคนิคการอัดแบบเกลียวอัดและไม่ใช้ขดลวดความร้อน สามารถอัดแท่งได้ดีทุกสูตรยกเว้นสูตรที่มีชานอ้อยเพียงอย่างเดียว ซึ่งจำเป็นจะต้องเปลี่ยนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของทางออกให้มีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าที่ออกแบบไว้ครั้งแรก เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง พบว่ามีเฉพาะสูตรที่มีชานอ้อยเพียงอย่างเดียวเท่านั้นที่มีค่าพลังงานความร้อนใกล้เคียงกับถ่านไม้ในท้องถิ่น นอกนั้นก็ให้ค่าพลังงานที่มีค่าน้อยลงไปตามลำดับ

การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากชานอ้อยด้วยเครื่องที่ออกแบบมาเพื่อเป็นการทดแทนพลังงานจากถ่านไม้มีต้นทุนเฉลี่ย 0.02 บาทต่อกิโลกรัมของวัตถุดิบ

การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขี้เถ้าแกลบผสมซังข้าวโพดและกะลามะพร้าวด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชั่นโดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน

(A Production of Bar-shaped fuel from Husk ashes mixed with Corn-coband Coconut shell by Extrusion Technique Paste as a Joiner)

1. บทนำ

ปัจจุบันพลังงานเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจ และความมั่นคงของประเทศ โดยเฉพาะภาคธุรกิจ อุตสาหกรรมและภาคครัวเรือนซึ่งต้องอาศัยพลังงานเป็นปัจจัยหลักในการดำเนินการ ดังนั้นการลดใช้พลังงานหรือเปลี่ยนมาใช้พลังงานทดแทนในรูปแบบอื่นๆ จะช่วยทำให้เกิดผลดีต่อภาพรวมของประเทศเป็นอย่างมาก และปัจจุบันได้มีการค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับพลังงานทดแทนในหลายรูปแบบเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ซึ่งจะทำให้เกิดเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่เหมาะสม และเป็นการลดใช้พลังงานของประเทศลงได้

โครงการวิจัยนี้ เป็นการนำขี้เถ้าแกลบที่เป็นของเสียจากการเผาแกลบเพื่อนำไอความร้อนไปใช้สำหรับอบข้าวเปลือกสด ซึ่งเป็นขั้นตอนหนึ่งในการลดความชื้นให้ข้าวเปลือกก่อนที่จะนำไปเข้ากระบวนการสีเป็นข้าวสาร ขั้นตอนการผลิตแท่งเชื้อเพลิงจะคำนึงถึงความเป็นไปได้ในการผลิตที่ไม่ยุ่งยากซุบซ้อนจนเกินไป และวัตถุดิบที่เป็นส่วนผสมที่หาง่ายราคาถูก เพื่อให้ต้นทุนการผลิตต่ำ ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัยนี้นอกจากเป็นการเพิ่มพูนมูลค่าให้กับขี้เถ้าแกลบแล้วยังเป็นการส่งเสริมให้มีการผลิตถ่านจากขี้เถ้าแกลบ หรือจากวัตถุดิบอื่นๆ เพื่อใช้ในครัวเรือนหรืออาจขยายผลไปในเชิงพาณิชย์ และยังเป็นการประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงที่ใช้ในครัวเรือน ผลของการศึกษานี้สามารถนำไปใช้กับกลุ่มอุตสาหกรรมหรือเกษตรกรรม ที่มีของเสียจากกระบวนการผลิตในลักษณะใกล้เคียงกันได้อีกด้วย

2. วัตถุประสงค์การศึกษา

1. เพิ่มมูลค่าให้กับขี้เถ้าแกลบ

2. ศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมของการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้ส่วนผสมจากขี้เถ้าแกลบเป็นหลัก

3. ศึกษาและผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งให้เป็นไปตามมาตรฐานสำหรับนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์และในครัวเรือน

4.ส่งเสริมให้มีการนำขี้เถ้าแกลบกลับมาใช้ประโยชน์

3. วัตถุดิบและอุปกรณ์การศึกษา

ในการศึกษาจะใช้วัตถุดิบและอุปกรณ์หลัก สำหรับการผลิตแท่งเชื้อเพลิงดังนี้

3.1 ขี้เถ้าแกลบ

ด้วยโครงสร้างของแกลบที่มีสารประกอบซิลิเกต (Silicates : SiO_2) อยู่มากทำให้มีภาระในด้านการกำจัดขี้เถ้า แต่ก็มีการนำเอาขี้เถ้าแกลบไปทำประโยชน์อื่นๆ เช่น เป็นส่วนผสมของวัสดุก่อสร้าง ทำผงขัดทำความสะอาด ฯลฯ ซึ่งจากการทดสอบคุณสมบัติของขี้เถ้าแกลงตามมาตรฐาน

ASTM D3172 D3177 และ D5865 ซึ่งได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ 1 พบว่าขี้เถ้าแกลบยังมีค่าความร้อนเชื้อเพลิงอยู่ (Heating Value) ที่สูงอยู่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของวัตถุดิบที่ใช้ศึกษา (ข้อมูลจาก วว.)

วัตถุดิบ / คุณสมบัติ	ขี้เถ้าแกลบ	ถ่านซังข้าวโพด	ถ่านกะลามะพร้าว
สารระเหย (%)	35.4	76.1	15.2
ถ่านคงตัว (%)	29.9	21.8	82.4
เถ้า (%)	34.7	2.1	2.40
ค่าความร้อน (kca/kg)	3,530	7,970	7,760

สำหรับถ่านกะลามะพร้าวและถ่านซังข้าวโพด ถือว่าเป็นวัตถุดิบรองที่นำมาใช้ผสมกับขี้เถ้าแกลบ เมื่อนำมาทดสอบคุณสมบัติจะได้ผลแสดงในตาราง

3.2 เครื่องผลิตแท่งเชื้อเพลิง

ในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงจะใช้เครื่องอัดรีดด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นแบบรีดเย็น ซึ่งจากการที่ได้มีการศึกษาที่ผ่านมา พบว่ากระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นแบบรีดเย็นจะใช้พลังงานจำเพาะต่ำคงเพราะไม่ต้องการความร้อนในระหว่างการอัด แต่ต้องใช้ตัวประสานเพื่อทำหน้าที่ยึดเกาะวัตถุดิบให้คงรูปขณะขึ้นแท่งเชื้อเพลิง นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยอีกมากมายที่ใช้กระบวนการอัดรีดเย็นผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากวัตถุดิบชนิดต่างๆ เช่น กะปาร์ม ไม่ยาพาราผสมกับกะลามะพร้าวและกะปาร์ม เครื่องผลิตแท่งเชื้อเพลิงจะมีลักษณะเป็นสกรูหมุนอัดอาศัยต้นกำลังจากมอเตอร์ 3 เฟส ขนาด 10 แรงม้า สกรูหมุนด้วยความเร็วประมาณ 140 รอบต่อวินาที แท่งเชื้อเพลิงที่ผ่านการอัดรีดจะมีลักษณะทรงกระบอกกลวง มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกและภายในประมาณ 15 mm และ 40 mm ตามลำดับ สำหรับความยาวสามารถตัดได้ตามความต้องการ

4. ขั้นตอน-การศึกษา

4.1 การกำหนดสัดส่วนของแท่งเชื้อเพลิง

ในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงจะกำหนดไว้สองกรณีคือ กรณีที่หนึ่งเป็นการผสมขี้เถ้าแกลบร่วมกับผงถ่านซังข้าวโพด กรณีที่สองคือผงขี้เถ้าแกลบกับถ่านกะลามะพร้าว จะใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน สัดส่วนการผสมแป้งมันสำปะหลังต่อน้ำหนักวัตถุดิบประมาณ 1:10 โดยกำหนดให้ใช้ความเร็วรอบเครื่องรีดประมาณ 140 รอบต่อนาที อัตราส่วนผสมของผงวัตถุดิบเป็นดังนี้

1) สัดส่วนการผสมผงขี้เถ้าแกลบกับผงขี้เถ้าซังข้าวโพด 30:70

2) สัดส่วนการผสมผงขี้เถ้าแกลบกับผงถ่านซังข้าวโพด 40:60

3) สัดส่วนการผสมผงขี้เถ้าแกลบกับผงถ่านซังข้าวโพด 50:50

4) สัดส่วนการผสมผงขี้เถ้าแกลบกับผงขี้เถ้ากะลามะพร้าว 30:70

5) สัดส่วนการผสมผงขี้เถ้าแกลบกับผงขี้เถ้ากะลามะพร้าว 40:60

6) สัดส่วนการผสมผงขี้เถ้าแกลบกับผงขี้เถ้ากะลามะพร้าว 50:50

สำหรับกรรมวิธีการผสม เริ่มจากนำวัตถุดิบในอัตราส่วนที่กำหนดข้างต้นรวมทั้งแป้งมันที่ผสมกับน้ำร้อน อุณหภูมิ 80-85 °C นำทั้งหมดมาผสมและคลุกเคล้ากัน หลังจากนั้นจึงนำเข้าเครื่องอัดรีดเป็นแท่งเชื้อเพลิงและตัดตามขนาดที่ต้องการและนำไปตากแดดประมาร 1 วันเพื่อลดความชื้นจะได้แท่งเชื้อเพลิง

4.2 การทดสอแรงกด

ในการทดสอบแรงกดโดย เครื่อง UTM (universal testing machine) ซึ่งเป็นการทดสอบแบบทำลาย โดยการเพิ่มแรงกดไปจนกระทั่งแท่งเชื้อเพลิงแตกหัก และประมวลผลของแรงสูงสุดจากโปรแกรมของเครื่องและนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบค่าที่ยอมรับได้ในเชิงพาณิชย์ ซึ่งแรงกดที่ได้ก่อนแท่งเชื้อเพลิงจะแตกหักต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 0.375MPa

4.3 การทดสอบค่าความร้อนเชื้อเพลิง

การทดสอบหาค่าความร้อนเชื้อเพลิง โดยใช้อุปกรณ์ oxygen bomb calorimeter โดยการนำค่าอุณหภูมิที่ได้จากการทดลองมาคำนวณหาค่าความร้อนเชื้อเพลิงโดยอาศัยสมการที่ 1 ดังนี้

$$Q_{เชื้อเพลิง} = (m_w + m_{eq})C_p \quad \Delta T - Q_1 - Q_2 - Q_3 \qquad (1)$$

โดยที่ $Q_{เชื้อเพลิง}$ คือ ปริมาณความร้อนจาดเชื้อเพลิง m_w คือ มวลของน้ำใน bucket m_{eq} คือ water equivalent ของ bomb calorimeter C_p คือค่าจำเพาะของน้ำ ΔT คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง Q_1 คือ ความร้อนที่เกิดจากกรดซัลฟูริกในทางปฏิบัติค่า Q_2และ Q_3 จะมีค่าน้อยมากดังนั้นสมมติให้เท่ากับศูนย์และเพื่อให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (ΔT) มีค่าความถูกต้องมากขึ้นจึงหาค่า ΔTจากสมการที่ 2 ดังนี้

$$\Delta T = T_c - T_a - r_1(b-a) - r_2(c-b) \qquad (2)$$

โดยที่ a คือ เวลาที่ใช้มนการเผาไหม้ b คือ เวลาตั้งแต่อุณหภูมิเริ่มสูงขึ้นจนถึง 60% ของอุณหภูมิทั้งหมด c คือ เวลาตั้งแต่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจนกระทั่งคงที่ (สูงสุด-ต่ำสุด) T_a คือ อุณหภูมิที่เริ่มการเผาไหม้ T_c คือ อุณหภูมิที่จุดองศาเซลเซียส r_1 คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงก่อนการเผาไหม้ r_2 คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงหลังการจุดบอมบ์

4.4 จุดคุ้มทุน

เป็นระดับการผลิตหรือการขายระดับใดระดับหนึ่ง ที่ก่อให้เกิดรายได้นวม (Total revenues) เท่ากับ ต้นทุนรวม (total cost) นั่นคือ จุดที่ไม่มีกำไรหรือขาดทุนจากการดำเนินการ ประเมินจากสมการที่ 3 ดังนี้

$$C = F\text{-}VN \qquad (3)$$

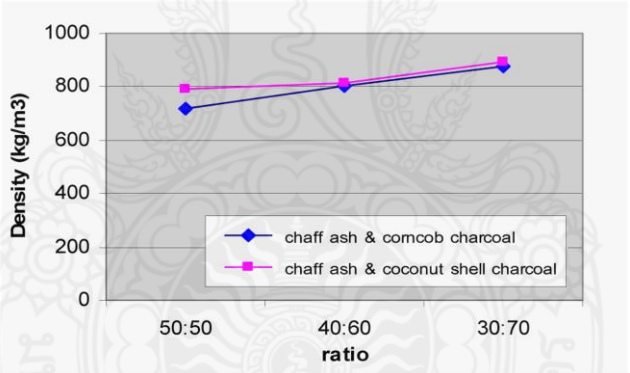
โดยที่ C คือค่าใช้จ่ายในการผลิต F คือ ต้นทุนคงที่ V คือ ต้นทุนแปรผันต่างๆที่เกิดขึ้นจากการผลิต เช่น ค่าแรง ค่าไฟฟ้า เป็นต้น N คือ จำนวนผลผลิต รายได้จากการขายแท่งเชื้อเพลิงคำนวณจากสมการที่ 4 ดังนี้

$$R = IN \qquad (4)$$

โดยที่ R คือรายได้จากการขายแท่งเชื้อเพลิง I คือ ราคาขายต่อกิโลกรัม จุดคุ้มทุนจะเกิดขึ้นเมื่อสมการที่ 3 เท่ากับสมการที่ 4 และ N ที่ได้จะเป็นปริมาณการผลิตที่ทำให้เกิดจุดคุ้มทุน

5. ผลการทดลอง

5.1 ความหนาแน่น



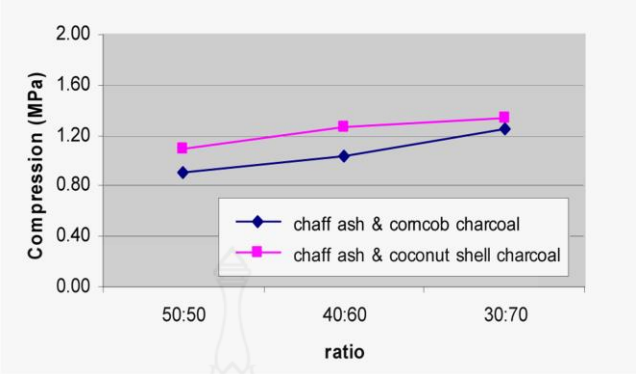
รูปที่ 1 ความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง

จากรูปที่ 1 แสดงให้เห็นถึงความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราผสมต่างๆ กันและพบว่าส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวเมื่อผสมลงในขี้เถ้าแกลบจะให้ค่าความหนาแน่นสูงกว่าซังข้าวโพดในทุกๆอัตราส่วนผสมแต่จะต่างกันไม่มากนัก สาเหตุอาจเป็นเพราะความหนาแน่นปรากฏ (bulk density) ของผงกะลามะพร้าวมีค่ามากกว่าผงถ่านซังข้าวโพด

5.2 ความต้านทานแรงกด

หลังการผลิตแท่งเชื้อเพลิงตามอัตราส่วนผสมต่างๆ และได้นำมาทดสอบแรงกดจนได้ ผลการทดสอบอัตราส่วนต่างๆแสดงในรูปที่ 2 ตากรูปความต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงที่ ผสมถ่านกะลาจะมีค่ามากกว่าซังข้าวโพดเป็นเพราะผงถ่านกะลามะพร้าวจะมีอนุภาคใหญ่และแข็งแรงกว่าซังข้าวโพด สำหรับขี้เถ้าแกลบจะมีผลต่อแรงกดน้อยมากเพราะค่าถ่านคงตัว (fixed carbon) ในตัว

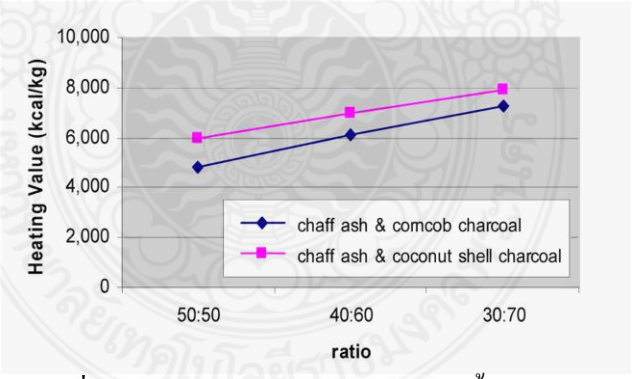
ขี้เถ้าแกลบมีค่าน้อยจึงทำให้รับแรงกดทับได้น้อย แต่จากการทดลอง พบว่า ทุกอัตราส่วนจะมีค่าสูงกว่าค่าที่ยอมรับได้ในเชิงพาณิชย์



รูปที่ 2 ผลการทดสอบแรงกดของแท่งเชื้อเพลิง

5.3 ค่าความร้อนเชื้อเพลิง

การทดสอบค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงโดย oxygen bomb calorimeter พบว่าค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงนั้นจะมีค่าเปลี่ยนไปตามสัดส่วนการผสมถ่านซังข้าวโพด และผงถ่านกะลามะพร้าวที่เพิ่มขึ้นเพราะค่าความร้อนของผงถ่านซังโพดและผงถ่านกะลามะพร้าวจะมีค่าสูงกว่าขี้ถ้าแกลบและการทดลองทำให้เห็นว่าทุกๆ อัตราส่วนของแท่งเชื้อเพลิงมีค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (5,000 kcal/kg) มีเพียงอัตราส่วนผสมของขี้เถ้าแกลบกับซังข้าวโพดในอัตราส่วน 50:50 ที่ได้ค่าความร้อนต่ำกว่ามาตรฐานรูปที่ 3 แสดงค่าความร้อนเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้นตามสัดส่วนการผสมของซังข้าวโพดและถ่านกะลามะพร้าว



รูปที่ 3 ผลการทดสอบหาค่าความร้อนเชื้อเพลิง

5.4 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนประกอบด้วย ราคาเครื่องรีดแท่งเชื้อเพลิง(ราคาเครื่องเก่า 30,000 บาท กำลังการผลิตที่ 150 kg/ชม. ราคาแท่งเชื้อเพลิง 7 บาท/ kg ค่าไฟฟ้าในการผลิตแท่งเชื้อเพลิง0.173 บาท / kg ต้นทุนวัตถุดิบ 3.5บาท/kg ชั่วโมงการผลิต 8ชม./วัน ค่าแรงคนงานขั้นต่ำ 175 บาท/วัน ค่าแรงในการผลิต 0.15บาท/kg จากข้อมูลประกอบข้างต้น ซึ่งเป็นส่วนผสมของของขี้เถ้า

แกลบกับถ่านกะลามะพร้าวอัตราส่วน 50:50 สามารถวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนโดยอาศัยสมการที่ 3 และ 4 จะได้ปริมาณการผลิตที่คุ้มทุนที่ 9,448 kg สำหรับอัตราส่วนผสมอื่นๆจะแตกต่างกันมามากนัก

6. สรุปผล

การศึกษาถึงการผลิตเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากชีวมวล โดยอาศัยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชันแบบอัดรัดเย็นโดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสานวัตถุดิบหลักที่ใช้ได้แก่ ขี้เถ้าแกลบ ได้จากการเผากลบในกระบวนการอบข้าวเปลือกในโรสีข้าว โดยการนำมาบดผสมกับผงถ่านซังข้าวโพดและผงถ่านกะลามะพร้าวมีอัตราส่วนผสมอยู่ที่ 50:50 40:60 และ 30:70 โดยน้ำหนัก ส่วนแป้งมันจะนำไปผสมกับน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80-85°C โดยมรสัดส่วนการผสมต่อน้ำหนักวัตถุดิบกับ 1:10 จากการศึกษาพบว่าค่าความหนาแน่น ความต้านทานแรงกด จะแปรผันตามสัดส่วนการผสมของผงซังข้าวโพดและผลกะลามะพร้าวที่เปลี่ยนแปลงแต่จะแตกต่างกันไม่มากนก พบว่ามีค่าความร้อนเชื้อเพลิงเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 6,048-6,943 kcal/kg ค่าความชื้นอยู่ระหว่าง 5.7-5.83% (ข้อมูลการทดสอบจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย) ซึ่งมีค่าอยู่ในมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชน อัตราการผลิตแท่งเชื้อเพลิงเฉลี่ย 205 kg/min ที่ความเร็วรอบ 140 RPM ความหนาแน่นอยู่ในช่วง 800-833 kg/m^3 ค่าความต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงอยู่ที่ 9,448 kg อัตราการติดไฟของถ่านอยู่ที่ 1.5-2.5 ชม. จากข้อมูลสรุปข้างต้นพบว่ามีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ในครัวเรือนหรือผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์

การผลิตเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งจากถ่านไม้ยางพาราด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชันโดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน

(Solid Fuel Producing From Rubber Wood Char by Extrusion Technique Using Paste as Binder)

1. บทนำ

ในสถานการณ์ปัจจุบันสภาพการใช้พลังงานของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นต่อเนื่องทุกปี ทั้งนี้เนื่องมาจากการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม โดยเฉพาะการใช้พลังงานปฐมภูมิ (Primary energy) หรือพลังงานความร้อนซึ่งส่วนใหญ่เป็นพลังงานที่ได้มากจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล จำพวกน้ำมันเตาหรือน้ำมันดีเซล ซึ่งมีราคาสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทำให้ต้องหาแหล่งเชื้อเพลิงที่มีราคาถูกกว่ามาทดแทนเชื้อเพลิงจำพวกน้ำมัน เมื่อพิจารณาถึงการใช้พลังงานของโรงงานอุตสาหกรรมในภาคใต้ของประเทศไทยซึ่งมักนิยมใช้ไม้ยางพาราเป็นเชื้อเพลิงเพราะมีมากในท้องถิ่นและมีราคาถูก แต่ทั้งนี้ในการใช้ไม้ยางพาราเป็นเชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำจะเหลือเศษถ่านจากการนำไปเผาไหม้ขนาดประมาณ 15 mm. อยู่ใต้บริเวณตะแกรงเป็นจำนวนมากประมาณ 15-20 ตันต่อวัน โดยเศษถ่านเหล่านี้ยังมีศักยภาพที่จะทำการรวมก้อนเศษถ่านเหล่านั้นให้เป็นแท่งเชื้อเพลิงที่จะสะดวก

ต่อการนำไปใช้งานและการขนส่ง สำหรับวิธีการขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิงที่ได้รับการนิยมมีด้วยกันสองวิธี คือการอัดด้วยเทคนิคเอกซ์ทรูชัน และการอัดด้วยไฮดรอลิก ซึ่งในกระบวนการอัดรีดด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชันจะสามารถอัดได้อย่างต่อเนื่อง และสามารถทำได้สะดวกกว่าการอัดด้วยไฮดรอลิก สำหรับกระบวนการเอกซ์ทรูชัน สามารถแบ่งออกได้ 2 แบบ คือ กระบวนการอัดรีดร้อนและกระบวนการอัดรีดเย็น โดยกระบวนการอัดรีดร้อนจะใช้กับวัตถุดิบที่มีลิกนินเป็นส่วนประกอบ เช่น ขี้เลื่อย แกลบ เป็นต้น ซึ่งในการให้ความร้อนระหว่างกระบวนการอัดรีดจะทำให้ลิกนินที่มีอยู่ในวัตถุดิบละลายออกมา และยึดเกาะวัตถุดิบให้คงรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิง แต่ในกระบวนการอัดรีดเย็นนั้นไม่ต้องการความร้อนในระหว่างการอัด แต่จะต้องใช้ตัวประสานเพื่อทำหน้าที่ยึดเกาะวัตถุดิบให้คงรูปในขณะขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิง โดยจากการทดลองที่ผ่านมาของฐานิตย์และคณะ ซึ่งทำการทดลองผลิตเชื้อเพลิงแท่งแข็งจากขี้เลื่อยด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชันแบบรีดร้อน โดยใช้ขดลวดความร้อนเป็นตัวให้ความร้อน ซึ่งพบว่าอัตราการผลิตแท่งเชื้อเพลิงต่ำและใช้พลังงานจำเพาะสูงรวมถึงมีขั้นตอนที่ยุ่งยากนอกจากนี้ยังมีงานวิจัยจำนวนมากใช้กระบวนการอัดรีดเย็นในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ เช่น กะลามะพร้าว ถ่านหินแอนทราไซท์ กะลาปาล์ม สำหรับตัวประสานที่มีการใช้ในกระบวนการอัดรีดเย็นมีด้วยกันหลายชนิด เช่น โมลาส ฟางข้าวหมัก แป้งเปียก แอสฟัลต์ เป็นต้น ซึ่งตัวประสานแต่ละชนิดจะให้คุณสมบัติในการใช้งานที่แตกต่างกัน โดยโมลาสจะให้ความแข็งแรงกับแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้เป็นอย่างดีและไม่มีควันเมื่อนำไปเผาไหม้ แต่มีราคาสูง ในขณะที่แป้งเปียกสามารถให้ความแข็งแรงได้ในระดับที่ยอมรับได้และมีราคาถูก ค่าความแข็งแรงต่ำสุดของแท่งเชื้อเพลิงที่ยอมรับในเชิงพาณิชย์คือ 0.375 MPa

จากที่กล่าวมาข้างต้นจึงนำมาสู่วัตถุประสงค์ของงานวิจัย คือ การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งจากผงถ่านไม้ยางพาราโดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน โดยจะศึกษาถึงผลของประมาณสัดส่วนตัวประสานที่ส่งผลต่อการผลิตแท่งเชื้อเพลิงและสมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ เช่น ความหนาแน่น การต้านทางแรงกด และค่าความร้อน

2. วัตถุดิบในการทดลองและการทดลอง

2.1 วัตถุดิบในการทดลอง

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองคือผงถ่านไม้ยางพาราซึ่งได้จากการนำเศษถ่านไม้ยางพาราที่เหลือจากการเผาฟืนในหม้อไอน้ำไปทำการบดให้เป็นผงโดยใช้เครื่องบด (hammer mill) ซึ่งผงถ่านไม้ยางพาราที่ผ่านการบดมีลักษณะละเอียด และเมื่อนำไปหาการกระจายขนาดด้วยวิธีการ sieve analysis พบว่าค่าในช่วง 0.075-0.85 mm. ส่วนแป้งเปียกที่ใช้เป็นตัวประสานมาจากการนำแป้งมันสำปะหลังไปละลายในน้ำร้อน ซึ่งสัดส่วนการผสมแป้งเปียกจะขึ้นกับเงื่อนไขที่ทำการทดลอง

2.2 การทดลอง

2.2.1 อุปกรณ์การทดลอง

ในการทดลองการอัดแท่งเชื้อเพลิงจากผงถ่านไม้ยางพาราที่เงื่อนไขต่าง ๆ จะมีอุปกรณ์ในการทดลองดังนี้

1. เครื่องอัดรีดแท่งเชื้อเพลิงแข็ง
2. นาฬิกาจับเวลา
3. เครื่องชั่งน้ำหนักความละเอียด ± 20 g
4. แคลมป์มิเตอร์ซึ่งมีความแม่นยำ ± 20 แอมเปร์
5. เวอร์เนียคาลิปเปอร์
6. เครื่องบดย่อยวัตถุดิบ
7. เครื่องทดสอบค่าการต้านแรงกด (UTM)
8. เครื่องทดสอบค่าความร้อน (Bomp Calorimeter)
9. สารละลายที่ใช้ทดสอบค่าความหนาแน่น

2.2.2 เงื่อนไขการทดลอง

เงื่อนไขการทดลองผลิตแท่งเชื้อเพลิงจะใช้ผงถ่านไม้ยางพาราเป็นวัตถุดิบและใช้ความเร็วรอบของสกูอัดแท่งเชื้อเพลิงที่ 400 รอบต่อนาที โดยขนาดของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้คือ 40 mm. ซึ่งในการทดลองจะเปลี่ยนสัดส่วนการผสมแป้งเปียกต่อน้ำหนักของวัตถุดิบเพื่อศึกษาถึงผลกระทบที่มีต่อการผลิตและสมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ โดยเงื่อนไขการทดลองมีดังนี้

1. สัดส่วนการผสมแป้งเปียกต่อน้ำหนักของวัตถุดิบ 8:100
2. สัดส่วนการผสมแป้งเปียกต่อน้ำหนักของวัตถุดิบ 10:100
3. สัดส่วนการผสมแป้งเปียกต่อน้ำหนักของวัตถุดิบ 12:100

2.2.3 วิธีการทดลอง

เครื่องอัดรีดเชื้อเพลิงโดยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชันที่ใช้ในการทดลองมีมอเตอร์ขนาด 10 แรงม้าเป็นต้นกำลังขับสกู วิธีการทดลองเริ่มต้น ให้นำผงถ่านไม้ยางพารามาผสมกับแป้งมันสำปะหลังที่ละลายในน้ำร้อนซึ่งมีปริมาณสัดส่วนน้ำเมื่อเทียบกับผงถ่านไม้ยางพาราที่ 80:100 เมื่อผสมวัตถุดิบและตัวประสานแล้วทำการคลุกเคล้าส่วนผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องปั่นกวนเชิงกลเป็นเวลา 15 นาที หลังจากผสมวัตถุดิบเสร็จแล้วนำวัตถุดิบมาอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงโดยเดินเครื่องผลิตแท่งเชื้อเพลิงโดยทำการป้อนวัตถุดิบลงในเครื่องผลิตแท่งเชื้อเพลิงซึ่งในระหว่างทำการผลิตแท่งเชื้อเพลิงจะต้องทำการวัดปริมาณกระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ในการอัดแท่งเชื้อเพลิงและวัดอัตราการผลิตแท่งเชื้อเพลิงของแต่ละเงื่อนไขเพื่อนำไปหาค่าพลังงานที่ใช้ในการอัดจำเพาะ เมื่อผลิตแท่งเชื้อเพลิงได้จะนำแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้บางส่วนมาทำการบดเพื่อที่จะนำไปหาค่าความชื้นเริ่มต้นของเชื้อเพลิงแต่ละเงื่อนไขที่ทำการทดลองเมื่อทราบค่าความชื้นเริ่มต้นแล้วนำแท่งเชื้อเพลิงที่อัดได้ที่เหลือจากการหาค่า

ความชื้นเริ่มต้นมาทำการอบให้เหลือความชื้นประมาณ 10% d.b. (มาตรฐานแห้ง) ซึ่งใกล้เคียงกับค่าความชื้นสมดุลของแท่งเชื้อเพลิง จากนั้นนำแท่งเชื้อเพลิงหลังการอบแล้วไปทำการตัดเป็นชิ้นงานเพื่อทดสอบสมบัติการต้านทานแรงกด ค่าความหนาแน่น ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง

3. ผลการทดลอง

จากการทดลองผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากถ่านผงไม้ยางพาราโดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสานในงานวิจัยจะมีลักษณะของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ ซึ่งแท่งเชื้อเพลิงที่ผ่านการอบจนได้ความชื้นตามที่ต้องการแล้วจะนำมาตัดเพื่อให้ได้ขนาดเพื่อทดสอบการต้านทานแรงกดด้วยเครื่อง UTM ซึ่งมีลักษณะของการวางชิ้นงานทดสอบ โดยจะสร้างตัวรองรับน้ำหนักกดเพื่อกระจายแรงกดให้ทั่วพื้นที่ผิวแท่งเชื้อเพลิงสำหรับผลการทดลองต่าง ๆ คืออัตราการผลิต พลังงานที่ใช้ในการผลิต ความหนาแน่น ค่าการต้านทางแรงกดและค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง นอกจากนี้แท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ในงานวิจัยนี้ได้นำไปทดสอบการเผาไหม้จริงภายในเตาซึ่งพบว่าเชื้อเพลิงสามารถคงลักษณะการเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้ตลอดการเผาไหม้และใช้ระยะเวลาในการเผาไหม้มีค่าประมาณ 1.5-2 ชั่วโมง

4. สรุปผลการทดลอง

ในการศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งจากผงถ่านไม้ยางพาราโดยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชันแบบอัดรีดเย็นซึ่งใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสานโดยปรับเปลี่ยนสัดส่วนต่อน้ำหนักของวัตถุดิบจาก 8:100 เป็น 10:100 และ 12:100 ตามลำดับ โดยจากการทดลองที่ความเร็วรอบของสกูอัดแท่งเชื้อเพลิงที่ 400 รอบต่อนาทีพบว่าอัตราการผลิตและค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงจะแปรผกผันกับสัดส่วนการผสมแป้งเปียกต่อน้ำหนักของวัตถุดิบโดยมีอัตราการผลิตระหว่าง 6.0-7.7 kg/min และค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงมีค่าระหว่าง 24.3-26.0 MJ/kg สำหรับพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการผลิตความหนาแน่นและการต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงจะแปรผกผันกับสัดส่วนการผสมแป้งเปียกต่อน้ำหนักของวัตถุดิบ โดยพลังงานที่ใช้ในการอัดรีดจำเพาะมีค่าระหว่าง 0.0046-0.0070 kWh/kg ความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงมีค่าระหว่าง 675-830 kg/m^3 ซึ่งความหนาแน่นมีค่าต่ำสุดที่สัดส่วนการผสมแป้งเปียกต่อน้ำหนักวัตถุดิบที่ 8:100 ส่วนการต้านแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงอยู่ในช่วง 0.69-1.35 MPa ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าต่ำสุดที่สามารถยอมรับได้ในเชิงพาณิชย์ที่ 0.375 MPa เมื่อนำไปเผาในเตาพบว่าจะใช้ระยะเวลาประมาณ 1.5-2 ชั่วโมง

สมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ปาล์มน้ำมัน

(Physical Property of Fuel Briquette from Oil Palm Residual)

1. บทนำ

ปัจจุบันปาล์มน้ำมันมีพื้นที่ปลูกทางภาคใต้ประมาณ 1,050,000 ไร่ เมื่อนำมาแปรรูปเพื่อผลิตน้ำมันปาล์ม พบว่าจะมีวัสดุหรือส่วนที่เหลือใช้จากสวนหรือไร่ปาล์มน้ำมัน คือ ทางใบ (ก้านทางใบและใบย่อย) มีประมาณ 3,500,000 ตันต่อปี ช่อดอกตัวผู้ (ทะลายตัวผู้) มีประมาณ 320,000 ตันต่อปี และวัสดุหรือส่วนที่เหลือใช้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ได้แก่ ทะลายปาล์มเปล่า มีประมาณ 810,000 ตันต่อปี กากใยปาล์ม มีประมาณ 280,000 ตันต่อปี กะลาปาล์ม มีประมาณ 100,000 ตันต่อปี กากเมล็ดใน มีประมาณ 200,000 ตันต่อปี กากปาล์ม (ประกอบด้วย กากใบปาล์ม กะลาปาล์ม และกากเมล็ดปาล์ม) ประมาณ 120,000 ตันต่อปี เศษวัสดุอื่น (น้ำ ตะกอน ไขมัน เศษสิ่งสกปรกของปาล์ม) ประมาณ 610,000 ตันต่อปี

ในการศึกษาการผลิตแท่งเชื้อเพลิง ได้มีการผลิตจากวัสดุเหลือใช้มาแล้วหลายชนิด เช่น ผักตบชวาให้ค่าความร้อนประมาณ 2,800-3,000 kcal/kg [1] จากขี้เลื่อยจากถุงเพาะเห็ดภายหลังจากที่เก็บดอกเห็ดมีค่าความร้อนประมาณ 3,500 kcal/kg [2] นอกจากนี้ยังมีการนำเปลือกทุเรียนที่ระดับความชื้น 45% อัดแท่งแบบเย็นโดยไม่ใช้ตัวประสาน ใช้แป้งเปียกประสาน และใช้โมลาสประสาน จะให้ค่าความร้อน 3,670 , 3,700 และ 3฿630 kcal/kg ตามลำดับ [3] เช่นเดียวกับที่ประลอง ดำรงค์ไทย [4] ได้ศึกษาแท่งเชื้อเพลิงที่อัดแท่งแบบอัดร้อนและเย็นของเปลือกทุเรียนพันธ์หมอนทองและชะนี พบว่าจะมีขี้เถ้าอยู่ในช่วง 5.5-8.0 % ขณะที่สารระเหย (Volatile Matters) มีค่าอยู่ในช่วง 72.4-81.1 % ส่วนคาร์บอนเสถียร (fixed Carbon) มีค่าอยู่ในช่วง 4.3-10.2 % ในด้านค่าความร้อนของการอัดแท่งทั้งสองแบบมีค่าอยู่ระหว่าง 3,610 – 3,840 kcal/kg ขณะทีค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงจากเปลือกทุเรียนพันธ์ชะนีและหมอนทองจากการอัดร้อนจะทีค่า 2.9 และ 3.2 g/m^2 ตามลำดับ และอัดเย็นมีค่าระหว่าง 1.6-2.8 g/m^3 สำหรับค่าทนแรงอัด (Compressive Strength) ของการอัดแท่งแบบร้อนมีค่าประมาณ 60 kg/cm^3 และแบบอัดเย็นมีค่าระหว่าง 5.5-12.2 kg/cm^3 สำหรับค่าการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้แบบอัดร้อนมีค่าระหว่าง 0.44-0.46 kW/kg และแบบอัดเย็นมีค่าระหว่าง 0.05-0.07 kW/kg โดยทีค่าพลังงานดุลต่อชั่วโมงที่ได้จากแท่งเชื้อเพลิงแบบอัดร้อนจะให้พลังงานมากกว่าแบบอัดเย็นประมาณ 3 เท่า และค่าประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนของเปลือกทุเรียนพันธ์หมอนทองที่อัดแท่งแบบร้อนให้ค่าสูงสุดคือเท่ากับ 27.7 % ซึ่งจากคุณสมบัติดังกล่าวเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับฟืนและถ่านที่ได้จากไม้ยูคาลิปตัส พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน

ส่วนแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตจากกากของเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตเยื่อกระดาษมาใช้โดยวิธีอัดเย็นด้วยเครื่องอัดแบบสกรู พบว่ากากของเสียที่ให้คุณสมบัติเชื้อเพลิงที่ดีที่สุดต้องอัดที่ความชื้น 50% $_{wet\text{-}bulk}$ โดยให้ค่าความร้อน 2,336 kcal/kg และราคาต้นทุนในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงที่

4 บาท/kg จะมีความเหมาะสมในการลงทุนผลิตเชื้อเพลิงแท่งนี้ Husain et al [5] ได้ศึกษาการผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากกากปาล์มและกะลาปาล์มในประเทศมาเลเซีย พบว่า แท่งเชื้อเพลิงมีค่าความหนาแน่น 1,100 – 1,200 kg/m^3 สามารถให้ความร้อนได้ประมาณ 16.4 MJ/kg โดยมมีขี้เถ้าประมาณ 6% ขณะที่ Yaman et al. [6] ได้รายงานการศึกษาแท่งเชื้อเพลิงจากกากมะกอกและเศษเหลือจากการผลิตกระดาษพบว่า แท่งเชื้อเพลิงจากกากมะกอกให้พลังงานสูงกว่าและมีขี้เถ้าเหลือน้อยกว่า ซึ่งกากมะกอกและเศษเหลือจากการผลิตกระดาษให้พลังงานความร้อนเท่ากับ 21.4 และ 13.0 MJ/kg และมีขี้เถ้าเท่ากับ 5.0 และ 15.5 % ตามลำดับ

ดังนั้นวัสดุที่เหลือใช้จากปาล์มน้ำมันที่มีปริมาณมาก ก็สามารถนำมาพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์ให้มากขึ้นกว่านี้ได้ การทำเชื้อเพลิงแท่งจากเศษปาล์มน้ำมันก็เป็นแนวคิดหนึ่งที่สามารถทำได้เช่นเดียวกับเชื้อเพลิงแท่งจากเศษวัสดุอื่นที่ได้มีนักวิจัยกระทำมาแล้ว ดังที่ได้กล่าวไว้

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

1. สับย่อยตัวอย่างทะลายและเส้นใยปาล์มน้ำมันให้มีขนาดประมาณ 0.3 cm และ 0.1 cm ตามลำดับ และทำการอบแห้งลดความชื้นให้อยู่ที่ระดับ 13%
2. เตรียมตัวประสานประเภทแป้งเปียกโดยใช้แป้งมันผสมน้ำในอัตราส่วน 5:100
3. ผสมตัวอย่างตามอัตราส่วนในแต่ละสูตรผสมดังนี้

A กลุ่มแท่งเชื้อเพลิงที่ไม่ใช่ตัวประสาน

- สูตรผสม A1 เป็นเส้นใย 100%
- สูตรผสม A2 เป็นเส้นใยผสมกับทะลายด้วยอัตราส่วน 60:40

B กลุ่มแท่งเชื้อเพลิงที่กลุ่มประสานด้วยกาวลาเท็กซ์

- สูตรผสม B1 เป็นเส้นใยผสมกับกาวลาเท็กซ์ด้วยอัตราส่วน 80:20
- สูตรผสม B2 เป็นเส้นใยผสมกับทะลายผสมกับกาวลาเท็กซ์ด้วยอัตราส่วน 50:30:20
- สูตรผสม B3 เป็นเส้นใยผสมกับทะลายผสมกับแกลบและกาวลาเท็กซ์ด้วยอัตราส่วน 30:20:30:20

C กลุ่มแท่งเชื้อเพลิงที่ตัวประสานด้วยแป้งเปียก

- สูตรผสม C1 เป็นเส้นใยผสมกับแป้งเปียกด้วยอัตราส่วน 80:20
- สูตรผสม C2 เป็นเส้นใยผสมกับทะลายผสมกับแป้งเปียกด้วยอัตราส่วน 50:30:20
- สูตรผสม C3 เป็นเส้นใยผสมกับทะลายผสมกับแกลบและแป้งเปียกด้วยอัตราส่วน 30:20:30:20

4. นำส่วนผสมที่ได้ในแต่สูตรผสมตามข้อ 4 มาบรรจุลงในแม่แบบสำหรับอัดแท่ง แล้วนำไปอัดแท่งด้วยเครื่องอัดแรงดันไฮโดรลิกส์ด้วยแรงอัด 10 MPa เป็นเวลา 3 นาที โดยแต่ละสูตรผสมจะได้ 5 ตัวอย่าง

5. นำแท่งเชื้อเพลิงที่ได้ไปอบด้วยตู้อบไฟฟ้าเป็นเวลา 10 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 100 ^{0}C เพื่อลดความชื้นแล้วนำมาทดสอบสมบัติทางกายภาพ

6. วัดค่าความหนาแน่น ด้วยการวัดปริมาตรและมวล

7. วัดปริมาณความร้อนและปริมาณเถ้าด้วยบอมบ์คาลอริมิเตอร์

3. ผลและอภิปรายผลการศึกษา

3.1 ผลการศึกษาค่าความหนาแน่น

ความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ จะมีค่าอยู่ในช่วง 267 kg/m^3 ถึง 546 kg/m^3 โดยสูตรผสม B1 มีค่าความหนาแน่นโดยเฉลี่ยสูงสุดคือ 546.9 ± 31.2 kg/m^3 และสูตรผสม C3 ให้ค่าความหนาแน่นโดยเฉลี่ยต่ำสุดคือ 267.3 ± 17.9 kg/m^3 โดยที่ค่าความหนาแน่นโดยเฉลี่ยของสูตรผสม B2 ใกล้เคียงกับสูตรผสม B1 และค่าความหนาแน่นของสูตรผสม B3 ใกล้เคียงกับสูตรผสม C3 ดังตารางที่ 1 ซึ่งจะเห็นว่ากลุ่มตัวอย่างประเภท B สามารถให้ค่าความหนาแน่นสูงที่สุด ส่วนประเภท C ให้ค่าความหนาแน่นสูงกว่าประเภท A เพียงเล็กน้อย นั่นแสดงว่าตัวประสานประเภทกาวลาเท็กซ์มีผลทำให้ค่าความหนาแน่นมากกว่าแบบที่ใช้ตัวประสานประเภทแป้งเปียกและแบบที่ไม่ใช้ตัวประสาน แต่สูตรผสมแบบที่มีแกลบเป็นส่วนผสมที่มีผลทำให้ค่าความหนาแน่นลดลง นั่นแสดงว่าแกลบมีผลต่อสภาพความคงตัวของแท่งเชื้อเพลิง คือ ทำให้แท่งเชื้อเพลิงไม่มีความแข็งแรง เปราะหรือแตกได้ง่าย

3.2 ผลการศึกษาค่าความร้อน

ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงที่ศึกษาครั้งนี้จะมีค่าอยู่ในช่วง 8.54 ± 0.36 MJ/kg ถึง 11.81 ± 0.42 MJ/kg โดยสูตรผสม C3 มีค่าความร้อนโดยเฉลี่ยสูงสุดคือ 11.81 ± 0.42 MJ/kg และสูตรผสม B1 ให้ค่าความร้อนโดยเฉลี่ยต่ำสุดคือ 8.54 ± 0.36 MJ/kg ซึ่งค่าความร้อนโดยเฉลี่ยของสูตรผสม B3,A2 และสูตรผสม A1 ใกล้เคียงกับสูตรผสม C3 และค่าความร้อนของสูตรผสม B2 ใกล้เคียงกับสูตรผสม B1 ดังตารางที่ 2 เมื่อนำกลุ่มตัวอย่าง A ไปเปรียบเทียบกับกลุ่มตัวอย่าง B และ C พบว่าเมื่อนำกาวลาเท็กซ์และแป้งเปียกมาใช้เป็นตัวประสานจะให้ค่าความร้อนมากกว่าสูตรผสมที่มีกาวลาเท็กซ์เป็นตัวประสาน ดังนั้นสูตรผสม C3 เหมาะสมที่สุดที่น่าจะนำไปผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากการศึกษาครั้งนี้

3.3 ผลการศึกษาปริมาณเถ้า

ปริมาณเถ้าของแท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้จะมีค่าร้อยละโดยมวลแห้งอยู่ในช่วง 14 ถึง 60 โดยสูตรผสม B3 มีค่าปริมาณเถ้าโดยเฉลี่ยสูงสุดคือ 60.1 ± 5.5 และสูตรผสม B1 มีค่าปริมาณเถ้าโดยเฉลี่ยต่ำสุดคือ 14.0 ± 1.1 โดยปริมาณเถ้าโดยเฉลี่ยของสูตร C3 ใกล้เคียงกับสูตรผสม B3,A1,A2,B2 และ C1 สูตรผสม C2 ใกล้เคียงกับสูตรผสม B1 จะเห็นได้ว่าสูตรผสมที่มีแกลบเป็นส่วนผสมจะมีปริมาณเถ้าร้อยละโดยมวลแห้งมากกว่าสูตรผสมอื่น ๆ

ตาราง แสดงสมบัติทางกายภาพโดยเฉลี่ยของแท่งเชื้อเพลิงจำแนกในส่วนผสมต่าง ๆ

สูตรผสม	ความหนาแน่น (kg/m^3)	ค่าความร้อน		มวลเถ้า ($\%_{db}$)
		kcal/kg	MJ/kg	
A1	400.8±29.6	2,791±282	11.66±1.27	20.1±1.9
A2	428.9±43.1	2,808±400	11.74±2.06	22.0±3.5
B1	546.9±31.2	2,041±85	8.54±0.36	14.0±1.1
B2	521.4±41.1	2,324±158	9.71±0.66	16.5±2.9
B3	303.0±34.6	2,809±498	11. 74±2.08	60.1±5.5
C1	412.3±24.5	2,541±304	10.62±1.27	18.2±0.9
C2	425.8±34.4	2,492±180	10.42±0.75	19.3±2.7
C3	267.3±17.9	2,818±103	11.81±0.42	42.6±5.7

3.4 ผลการศึกษาเปรียบเทียบค่าความร้อนจากวัสดุอื่น

การศึกษาเปรียบเทียบค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากวัสดุอื่น โดยนำค่าความร้อนที่ศึกษาได้จากสูตรผสม C3 คือเส้นใยผสมทะลายผสมแกลบผสมแป้งเปียก ซึ่งให้ค่าความร้อนสูงสุดมาเปรียบเทียบ พบว่าจะมีค่าใกล้เคียงกับการใช้ผักตบชวามาผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิงเขียวที่ศึกษาโดยโครงการส่วนพระองค์ฯ สวนจิตรดา และพบว่าการนำเปลือกทุเรียนมาผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิงเขียวจะให้ค่าความร้อนสูงสุง

ตาราง แสดงการเปรียบเทียบค่าความร้อนจากวัสดุอื่น

วัสดุที่ใช้	ความร้อน (kcal/kg)	วิธีอัดแบบ
ผักตบชวา [1]	2,800	อัดเย็น
ขี้เลื่อยจากถุงเพาะเห็ด [1]	3,500	อัดร้อน
เปลือกทุเรียน (ไม่ใช้ตัวประสาน) [2]	3,671	อัดร้อน
เปลือกทุเรียน (แป้งเปียกประสาน) [2]	3,699	อัดร้อน
เปลือกทุเรียน (โมลาสประสาน) [2]	3,625	อัดร้อน
เปลือกทุเรียน (พันธ์หมอนทองและชะนี) [6]	3,609-3,844	อัดร้อน
ชายอ้อนเน่าเปื่อยผสมขุยมะพร้าว [5]	3,000	อัดเย็น
กากของเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตเยื่อกระดาษ [8]	2,336	อัดเย็น
ชายอ้อยเน่าเปื่อยผสมขุยมะพร้าว [7]	3,000	อัดเย็น
เส้นใยผสมทะลายแกลบผสมแป้งเปียก (จากการศึกษาครั้งนี้)	2,818	อัดเย็น

3.5 ผลการศึกษาศักยภาพพลังงานความร้อนจากวัสดุปาล์มในภาคใต้

ปัจจุบันปาล์มน้ำมันที่ปลูกทางภาคใต้ 1,050,000 ไร่ เมื่อนำมาแปรรูปเพื่อผลิตน้ำมันปาล์ม พบว่าจะมีวัสดุหรือส่วนที่เหลือใช้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ได้แก่ ทะลายปาล์มเปล่า มีประมาณ 810,000 ตันต่อปี เส้นใยปาล์ม มีประมาณ 280,000 ตันต่อปี จากการศึกษาศักยภาพพลังงานความร้อนจากวัสดุปาล์มในภาคใต้ โดยเมื่อนำค่าความร้อนสูงสุดที่ได้จากสูตรผสม C3 มาคำนวณหาค่าศักยภาพพลังงานความร้อนพบว่ามีค่าประมาณ 411.8 MW

4. สรุป

1. ค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงที่ได้โดยสูตรผสม B1 มีค่าความหนาแน่นโดยเฉลี่ยสูงสุดคือ 546.9 ± 31.2 kg/m^3 และสูตรผสม C3 ให้ความหนาแน่นเฉลี่ยต่ำสุดคือ 267.3 ± 17.9 kg/m^3 โดยที่การผสมแกลบทำให้ความหนาแน่นลดลง

2. ความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงโดยสูตรผสม C3 มีค่าความร้อนโดยเฉลี่ยสูงสุด 11.81±0.42 MJ/kg และสูตรผสม B1 ให้ค่าความร้อนโดยเฉลี่ยต่ำสุดคือ 8.54 ± 0.36 MJ/kg โดยที่การผสมแกลบจะช่วยให้ค่าความร้อนสูงขึ้น

3. ปริมาณเถ้าของแท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้จะมีค่าร้อยละโดยมวลแห้งอยู่ในช่วง 14 ถึง 60 โดยสูตรผสม B3 มีค่าร้อยละโดยมวลแห้งโดยเฉลี่ยสูงสุดคือ 60.1 ± 5.5 และสูตรผสม B1 มีค่าร้อยละโดยมวลแห้งโดยเฉลี่ยต่ำสุดคือ 14.0 ± 1.1

4. จากการศึกษาเปรียบเทียบค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากวัสดุอื่น โดยนำค่าความร้อนที่ศึกษาได้จากสูตรผสม C3 คือ เส้นใยผสมทะลายผสมแกลบผสมแป้งเปียกค่าความร้อนที่ได้ 11.81 ± 0.42 MJ/kg หรือ 2,818 ± 103 kcal/kg ซึ่งเป็นค่าความร้อนสูงสุดที่นำมาเปรียบเทียบพบว่าจะมีค่าใกล้เคียงกับการใช้ผักตบชวามาผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิงเขียว ซึ่งให้ค่าความร้อน 2,800 kcal/kg ที่ศึกษาโดยโครงการส่วนประองค์ฯ สวนจิตรดา และพบว่าในการนำเปลือกทุเรียนมาผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิงเขียวจะให้ค่าความร้อนสูงสุด คือ 3,609 – 3,844 kcal/kg

5. การศึกษาศักยภาพพลังงานความร้อนจากวัสดุปาล์มในภาคใต้ที่มีทะลายปาล์มและเส้นใย ประมาณ1,090,000 ตันต่อปี มาคำนวณด้วยค่าความร้อนจากสูตรผสม C3 จะได้ค่าศักยภาพพลังงานความร้อนประมาณ 3.045×10^{12} kcal ต่อปี หรือ 411.8 MW

6. การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นเท่านั้น ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาที่ใช้สูตรผสมหลากหลายและมีการวัดตัวแปรให้เป็นไปตามมาตรฐานยิ่งขึ้น ทั้งทดสอบ compression strength และการวิเคราะห์ proximate analysis ในโอกาสต่อไป

ศักยภาพทางด้านพลังงานของถ่านตอรากยางพารา
(ENERGY POTENTIALS OF RUBBER WOOD STUMP CHARCOAL)

คำนำ

ไม้ยางพารา (Hevea brasiliensis) มีถิ่นกำเนิดแถบที่ราบสูง ลึกเข้าไปในลุ่มน้ำอะเมซอน ประเทศบราซิล ทวีปอเมริกาใต้ ต่อมามีผู้นำมาปลูกในทวีปเอเชียและเจริญงอกงามดีและกลายเป็นแหล่งผลิตยางธรรมชาติมากที่สุดของโลก

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ผลิตยางพาราได้มากเป็นอันดับที่ 3 ของโลกรองมาจากมาเลเซียและอินโดนีเซีย โดยไทยผลิตยางพาราได้ปีละกว่า 300,000 ตัน ซึ่งแต่เดิมไทยผลิตยางพาราได้เพียงปีละ 150,000 ตันเท่านั้น สาเหตุที่ผลิตยางพาราได้ผลผลิตมากขึ้น เนื่องจากการปรับปรุงพันธ์ยางพาราอย่างมีประสิทธิภาพและเชื่อกันว่าประเทศไทยจะมีปริมาณการผลิตที่เพิ่มสูงขึ้น ในปี พ.ศ. 2546 มีพื้นที่ปลูกยางพาราทั่วประเทศ 12,618,792 ไร่ เป็นพื้นที่กรีดยางได้แล้ว 10,010,885 ไร่ ให้ผลผลิตยาง 2.86 ล้านตัน คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ย 286 กิโลกรัม/ไร่/ปี (www.rubberthai.com ค้นเมื่อ 7 สิงหาคม 2550)

ต้นยางพารามีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของไทยเป็นอย่างมาก แต่เดิมนั้นมีการปลูกยางพาราเฉพาะในท้องที่ภาคใต้ของประเทศ แต่ปัจจุบันมีการนำยางพาราไปปลูกในท้องที่ต่าง ๆ ทั่วประเทศ ซึ่งมีการเจริญเติมโตเป็นที่น่าพอใจ มีการนำไม้ยางพาราที่ได้จากการตัดไม้ออกไปใช้ประโยชน์ต่าง ๆ กันอย่างแพร่หลาย เช่น ทำเฟอร์นิเจอร์ เพื่อการก่อสร้าง ทำเยื่อกระดาษ ทำแผ่นใยไม้อัดแข็ง ทำแผนชิ้นไม้อัด ฯลฯ สำหรับการปลูกยางพาราเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมผลิตน้ำยางพารา

นั้นเมื่อไม้ยางพารามีอายุครบ 25 ปีขึ้นไป หรือยางพาราสวนนั้น ๆ ให้ผลผลิตน้ำยางพาราลดลงจะมีการตัดฟันเพื่อขายเนื้อไม้ ส่วนตอรากยางพาราซึ่งมีมากกว่าปีละ 12 ล้านตอรากนั้นมีการเผาทำลายเป็นส่วนใหญ่ คิดเป็นพื้นที่หลายหมื่นไรต่อปี การนำเศษไม้ปลายไม้ยางพารามาผลิตเป็นถ่านนั้นมีการผลิตเพื่อส่งออกไปยังต่างประเทศ คิดเป็นมูลค่ามหาศาลอีกด้วย

การศึกษาศักยภาพทางด้านพลังงานของถ่านตอรากยางพารา เป็นแนวทางหนึ่งในการใช้ประโยชน์ตอรากยางพาราอย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นการจัดการตอรากยางพาราเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม โดยนำมาผลิตเป็นถ่านเพื่อเป็นพลังงานทดแทนไม้จากป่าธรรมชาติ ซึ่งจะเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่ยั่งยืนในประเทศไทยต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาเปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่านตอรากยางพาราที่ผลิตจากเตาอิฐก่อขนาดความจุ 2.0 ลูกบาศก์เมตร
2. เพื่อศึกษาค่าความร้อนของถ่านตอรากยางพารา.
3. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและค่าความหนาแน่นของถ่านตอรากยางพารา
4. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานหุงต้มของถ่านตอรากยางพารา
5. เพื่อเป็นแนวทางในการนำตอรากยางพารามาสร้างมูลค่าเพิ่ม และใช้เป็นพลังงานทดแทนฟืนและถ่านจากธรรมชาติ ต่อไป

วิธีการศึกษา

อุปกรณ์ อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษามีดังต่อไปนี้

1. เตาอิฐก่อ (brick beehive kiln) ขนาดความจุ 2.0 ลูกบาศก์เมตร
2. เตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงกรมป่าไม้ กปม.1 (เตาถ่าน)
3. หม้ออลูมิเนียมเบอร์ 24 พร้อมฝา
4. Adiabatic Oxygen bomb Calorimeter
5. เทอร์โมมิเตอร์
6. ตู้อบความชื้น
7. เครื่องชั่ง
8. โถดูดความชื้น
9. เครื่องคอมพิวเตอร์

วิธีการ

1. การศึกษาการผลิตถ่านตอรากยางพารา

การศึกษาผลผลิตถ่านตอรากยางพารากับเตาเผาถ่านชนิดเตาอิฐก่อขนาดความจุ 2.0 ลูกบาศก์เมตร ทำการศึกษาที่ศูนย์วิจัยพลังงานจากไม้ ตำบลพุแค อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสระบุรี โดยการนำตอรากยางพาราจากท้องที่จังหวัดตรังที่ทำการขุดตอรากออกเพื่อปลูกสร้างสวนยางพาราใหม่มาทดสอบ

วิธีการทดสอบทำโดยการนำตอรากยางพารามาเลื่อยตกแต่งรากแขนงที่เกะกะออก และสุ่มตัวอย่างชิ้นไม้เพื่อนำไปหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น จากนั้นนำตอรากยางพาราไปชั่งน้ำหนักสดและใส่ในเตาเผาถ่านจนเต็ม จากนั้นนำฟืนหน้าเตามาสุ่มหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น จุดไฟหน้าเตาและเลี้ยงไฟหน้าเตาตลอดเวลา โดยในระยะแรกหน้าเตาจะมีขนาดประมาณ 500 ตางรางเซนติเมตร ทำการวัดอุณหภูมิที่บริเวณกลางเตาเผาถ่านทุก ๆ ชั่วโมง เมื่อควันขาวหน้าเริ่มออกจะทำการย่อหน้าเตาลงเหลือประมาณ 300 ตารางเซนติเมตร และเมื่อควันบางลงจึงทำการย่อหน้าเตาลงให้เหลือประมาณ 20 ตารางเซนติเมตร ทั้งนี้เพื่อควบคุมปริมาณอากาศให้เหมาะสม จากนั้นจะเลี้ยงฟืนหน้าเตาไปจนกระทั่งควันสีฟ้าจางลงมากจึงยุติการใส่ฟืนหน้าเตาและย่อหน้าเตาลงอีกจนเหลือประมาณ 80 เซนติเมตร ปล่อยให้การเผาถ่านดำเนินต่อไปจนกระทั่งควันใสและปล่องควันแห้งสนิทจึงปิดหน้าเตาและปิดปล่องควันจนครบทุกปล่องเป็นการยุติการเผาถ่าน การศึกษาผลผลิตถ่านตอรากยางพาราทำโดยชั่งน้ำหนักถ่านก้อน ถ่านป่น ถ่านหรือหัวถ่าน (ถ่านที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์) และขี้เถ้า

สำหรับการสุ่มตัวอย่างตอรากยางพาราและถ่านตอรากยางพารา เพื่อไปหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น ค่าความร้อน วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ค่าความหนาแน่น และหาประสิทธิภาพการใช้งานหุงต้มกับเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง กรมป่าไม้ กปม.1 (เตาถ่าน) นั้น ใช้วิการสุ่มตัวอย่างด้วยแผนแบบการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling) โดยการกำหนดให้ตอรากยางพาราและถ่านตอรากยางพาราที่ได้จากการเผาถ่านด้วยเตาอิฐก่อขนาด 2.0 ลูกบาศก์เมตรเป็นประชากร (N) จากนั้นสุ่มตัวอย่าง (n) ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างชนิดไม่แทนที่กลับคืนจากประชากร (N) นั้น และกำหนดให้ตัวอย่างแต่ละตัวอย่างมีโอกาสที่จะถูกเลือกเท่า ๆ กัน (สุรินทร์, 2541)

การหาค่าความชื้น ทำโดยการอบตอรากและถ่านตอรากยางพาราที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรืออบจนกระทั่งน้ำหนักของตัวอย่างคงที่ แล้วนำมาคำนวณหาค่าเปอน์เซ็นต์ความชื้นจากสูตร

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักถ่านก่อนอบแห้ง} - \text{น้ำหนักถ่านหลังอบแห้ง})}{\text{น้ำหนักถ่านหลังอบแห้ง}} \times 100$$

การหาผลผลิตถ่าน คำนวณจากสูตร

$$\% \text{ ผลผลิตถ่าน} = \frac{\text{น้ำหนักถ่านก้อน}}{(\text{น้ำหนักไม้ฟืนแห้ง}+\text{น้ำหนักไม้ฟืนแห้งหน้าเตา}) - \text{น้ำหนักส้นถ่าน}} \times 100$$

การหาผลผลิตถ่าน คำนวณจากสูตร

$$\text{อัตราการผลิตถ่าน (กก./ชม.)} = \frac{\text{น้ำหนักถ่านก้อน}}{\text{ชั่วโมงการเผาทั้งหมด}}$$

2. การวิเคราะห์หาค่าความร้อนและการหาองค์ประกอบทางเคมีของถ่านตอรากยางพารา

การวิเคราะห์ค่าความร้อนของถ่านตอรากยางพาราทำได้โดยการนำตัวอย่างมาบดให้ละเอียด จากนั้นนำผงถ่านตอรากยางพารามาเผาไหม้ในบรรยากาศของออกซิเจนใน Adiabatic Oxygen bomb Calorimeter ตามกรรมวิธีของ ASTM 3287-77 บันทึกค่าที่อ่านได้ลงในตารางการทดสอบ

การวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นของถ่านตอรากยางพาราทำโดยการหาปริมาณของถ่านตอรากยางพาราด้วยการแทนที่ปรอท จากนั้นคำนวณหาค่าความหนาแน่นของถ่านตอรากยางพาราได้จากสูตร

$$\text{ความหนาแน่นของถ่านตอรากยางพารา (กรัม/ซม}^3\text{)} = \frac{\text{น้ำหนักถ่านตอรากยางพาราอบแห้ง (กรัม)}}{\text{ปริมาตรถ่านตอรากยางพาราอบแห้ง (cm}^3\text{)}}$$

การหาองค์ประกอบทางเคมีของถ่านตอรากยางพาราทำโดยวิธี Proximate Analysis เป็นการวิเคราะห์โดยใช้วิธีมาตรฐานของ ASTM 3172-3175 ซึ่งพอจะอธิบายวิธีการหาองค์ประกอบทางเคมีได้ดังนี้

ปริมาณสารระเหยได้ (Volatile matter content) คือ ส่วนของเนื้อถ่านอบแห้งที่ระเหยได้ในครูซิเบิลปิดฝาที่อุณหภูมิ 950 °C ในเตาเผาไฟฟ้านาน 6 นาที สารระเหยได้นี้คือ สารประกอบที่มีคาร์บอนออกซิเจน และไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ

ปริมาณคาร์บอนเสถียร (Fixed carbon content) คือ ส่วนของสารอินทรีย์ที่เหลืออยู่ในครูซิเบิล หลังจากหักสารระเหยได้และขี้เถ้าออกไปแล้ว คาร์บอนเสถียรนี้ประกอบด้วยธาตุคาร์บอนเป็นส่วนใหญ่

ปริมาณขี้เถ้า (Ash content) คือ ส่วนของสารอินทรีย์ที่เหลือจากการสันดาปถ่านในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 750 °C นาน 6 ชั่วโมง (ปรีชา, 2529)

สูตรในการหาค่าองค์ประกอบทางเคมีของถ่านตอรากยางพารา มีดังนี้

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักถ่านก่อนอบแห้ง} - \text{น้ำหนักถ่านอบแห้}) \times 100}{\text{น้ำหนักถ่านอบแห้ง}}$$

$$\text{ปริมาณสารระเหยได้ (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักอบแห้งของถ่าน} - \text{น้ำหนักของถ่านที่อุณหภูมิ } 950\,^{\circ}\text{C}) \times 100}{\text{น้ำหนักอบแห้งของถ่าน}}$$

ปริมาณคาร์บอนเสถียร (%) = 100- ปริมารความชื้น (%) – ปริมาณสารระเหยได้ (%) – ปริมาณขี้เถ้า

$$\text{ปริมาณขี้เถ้า (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักของถ่านที่อุณหภูมิ } 750\,^{\circ}\text{C} \times 100}{\text{น้ำหนักอบแห้งของถ่าน}}$$

3. ประสิทธิภาพการใช้งานหุงต้มของถ่านตอรากยางพารากับเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงกรมป่าไม้ กปม. 1 (เตาถ่าน)

การหาประสิทธิภาพการใช้งานหุงต้มของถ่านตอรากยางพารา ทำโดยการทดสอบการต้มน้ำ ซึ่งใช้หม้อต้มน้ำอลูมิเนียมเบอร์ 24 พร้อมฝา กับเตาที่ใช้ทดสอบเป็นเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงกรมป่าไม้ กปม.1 (เตาถ่าน) ใช้น้ำ 3,700 กรัม (ปริมาตรของน้ำประมาณ ¾ ของปริมาตรความจุของหม้อ) และน้ำหนักของถ่านตอรากยางพาราที่ใช้ทดสบเท่ากับ 450 กรัม ทำการทดลองในห้องที่ไม่มีลมพัด สังเกตการณ์แตกปะทุของถ่าน ปริมาณควันของถ่านขณะติดไฟ วัดอุณหภูมิของน้ำจนกระทั่งน้ำเดือด แล้วบันทึกเวลาที่ใช้ไปพร้อมทั้งเปิดฝาหม้อจากนั้นปล่อยให้น้ำเดือดต่อไปอีก 30 นาที (มาลี, 2532) (นิยม และคณะ, 2527)

คำนวณค่างานที่ได้ อัตราการเผาไหม้และประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านจากสูตร

$$\text{งานที่ได้} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำที่ระเหยไป}}{\text{น้ำหนักของถ่านที่ใช้สุทธิ}}$$

$$\text{อัตราการเผาไหม้} = \frac{\text{น้ำหนักของถ่านที่ใช้สุทธิ (กรัม)}}{\text{ระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด (นาที)}}$$

$$Hu = \frac{[MC_p (T_2-T_1)] + [(M-M_1)L] \times 100}{(M_f H_1 + M_k H_2)}$$

เมื่อ Hu = ประสิทธิภาพการใช้งาน (%)

M = น้ำหนักน้ำเริ่มต้น (กรัม)

M_1 = น้ำหนักน้ำที่เหลืออยู่ (กรัม)

M_f = น้ำหนักเชื้อเพลิง (ถ่านตอรากยางพารา) (กรัม)

M_k = น้ำหนักเชื้อไฟ (ไม้สนประดิพัทธ์) (กรัม)

C_p = ความร้อนจำเพาะของน้ำ เท่ากับ 1 แคลอรี / กรัม

T_1 = อุณหภูมิของน้ำก่อนตั้งไฟ (องศาเซลเซียส)

T_2 = อุณหภูมิของน้ำเดือด (องศาเซลเซียส)

L = ความร้อนแฝงของน้ำ เท่ากับ 540 แคลอรี/กรัม

H_1 = ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (ถ่านตอรากยางพารา) (แครอลี/กรัม)

H_2 = ค่าความร้อนของเชื้อไฟ (สนประดิพัทธ์) ซึ่งมีค่า 4,280 แคลอรี/กรัม

ผลการศึกษา

1. น้ำหนักสดตอรากยางพาราที่ใช้ในการศึกษา ดังแสดงในตาราง

ตารางแสดง น้ำหนักสดตอรากยางพาราที่ใช้ในการศึกษา

ตอรากที่	น้ำหนักสด (ก.ก.)	ตอรากที่	น้ำหนักสด (ก.ก.)	ตอรากที่	น้ำหนักสด (ก.ก.)
1	43	10	22	19	20
2	42	11	31.3	20	34
3	38	12	26.4	21	4
4	43.3	13	22	22	35.2
5	36.1	14	33	23	34.4
6	48	15	30.2	24	35
7	40	16	36.3	25	34.2
8	60	17	33		
9	44.2	18	31.2		
ค่าเฉลี่ย = 35.88					

2. ผลผลิตถ่านตอรากยางพาราจากเตาเผาถ่านชนิดเตาอิฐก่อขนาดความจุ 2.0 ลูกบาศก์เมตร

การศึกษาผลผลิตถ่านตอรากยางพาราจากเตาเผาถ่านชนิดเตาอิฐก่อขนาดความจุ 2.0 ลูกบาศก์เมตร พบว่า เปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่านตอรากยางพาราเฉลี่ยที่ได้จากการเผาถ่านด้วยเตาอิฐก่อมีค่า 26.85 (ตารางที่ 2) ทั้งนี้เนื่องจากการเผาถ่านเตาอิฐก่อนั้นเป็นการทำให้ไม้กลายเป็นถ่านด้วย

วิธีการอบไม้ให้เป็นถ่าน (reverse draft) ซึ่งแตกต่างกับการเผาถ่านด้วยเตาแบบชาวบ้านซึ่งเป็นการเผาไหม้ให้กลายเป็นถ่านโดยตรง (direct draft) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของปรีชา (2529) น้ำหนักส้นถ่าน (ถ่านที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์) เฉลี่ย 13.5 กิโลกรัม การที่มีส้นถ่านเนื่องจากการไหลเวียนของกระแสอากาศร้อนไม่ทั่วถึงตลอดทั้งเตา แต่อาจแก้ไขได้โดยการใช้ตระแกรงเหล็กหรือวัสดุที่มีความโปร่งนำมารองพื้นก่อนการเผาถ่านจะช่วยลดส้นถ่านลงได้ (จิระพงษ์ , 2543) ระยะเวลาเฉลี่ยในการผลิตถ่านของเตาอิฐก่อ 36.5 ชั่วโมง

3. ค่าความร้อนของถ่านตอรากยางพาราที่เผาด้วยเตาอิฐก่อ

ค่าความร้อนเฉลี่ยของถ่านตอรากยางพาราที่เผาด้วยเตาอิฐก่อมีค่า 7,218.95 แคลอรี/กรัม (ตารางที่ 2) ซึ่งค่าความร้อนของถ่านตอรากยางพาราจะมีค่าผันแปรโดยตรงกับอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาถ่านและอายุของตอรากยางพารา ตลอดจนวิธีการที่ใช้ในการเผาถ่าน ดังนั้นหากต้องการให้ถ่านตอรากยางพารามีค่าความร้อนสูงขึ้น สามารถทำได้โดยใช้วิธี “Refining technique” ซึ่งมีวิธีการคือการเติมอากาศเพื่อให้แก๊สออกซิเจนไปปลดปล่อยสารแทรกในเนื้อถ่าน วิธีการนี้จะได้ถ่านที่บริสุทธิ์มากขึ้นมีค่าความร้อนสูงขึ้นแต่ผลผลิตถ่านจะลดลง

ตารางแสดงแสดงค่าความร้อนของถ่านตอรากยางพาราที่เผาด้วยเตาอิฐก่อ

ตัวอย่างที่ (หน่วย : แคลอรีต่อกรัม)		
1	2	เฉลี่ย
7,582.0	6,855.90	7,218.95

4. องค์ประกอบทางเคมีและค่าความหนาแน่นของถ่านตอรากยางพารา

ปริมาณคาร์บอนเสถียรเฉลี่ยที่ได้จากการเผาถ่านด้วยอิฐก่อมีค่า 67.5 % (ตารางที่ 3) จะเห็นว่าเตาอิฐก่อจะผลิตถ่านที่มีปริมาณคาร์บอนเสถียรสูงพอควร ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการผลิตถ่านด้วยเตาอิฐก่อเป็นวิธีการเผาถ่านโดยการอบไม้ให้เป็นถ่าน (reverse draft) ถ่านที่ผลิตได้จะมีค่าคาร์บอนเสถียรสูงกว่าการผลิตถ่านด้วยเตาหลุมผีแบบชาวบ้าน ซึ่งเป็นการเผาไหม้เป็นถ่านโดยตรง (direct draft) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของจิระพงษ์ (2535) ที่ศึกษาศักยภาพทางด้านพลังงานของถ่านกะลามะพร้าว และในทำนองเดียวกับการศึกษาของจิระพงษ์ และคณะ (2546) ที่ศึกษาศักยภาพทางด้านพลังงานของถ่านตอรากยูคาลิปตัส

ปริมาณสารระเหยได้เฉลี่ย 17.75 % ปริมาณความชื้นเฉลี่ยของถ่านตอรากยางพารา 8.1 % ซึ่งปริมาณความชื้นในถ่านนี้จะมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการใช้งานหุงต้ม กล่าวคือหากมีปริมาณความชื้นในเนื้อถ่านมากจะทำให้ประสิทธิภาพในการใช้งานและความสามารถในการจุดติดไฟน้อยลง

ตารางแสดง องค์ประกอบทางเคมี และค่าความหนาแน่นของถ่านตอรากยางพาราที่ได้จากเตาอิฐก่อ

องค์ประกอบทางเคมีและค่าความหนาแน่นของถ่านตอรากยางพารา	เตาอิฐก่อ		
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	เฉลี่ย
คาร์บอนเสถียร (%)	71.2	63.80	67.50
ปริมาณสารระเหยได้ (%)	16.4	19.10	17.75
เถ้า (%)	4.60	8.70	6.65
ปริมารความชื้น (%)	7.80	8.40	8.10
ความหนาแน่น (g/cm^3)	0.42	0.38	0.40

5. ประสิทธิภาพการใช้งานหุงต้มของถ่านตอรากยางพารา

ถ่านตอรากยางพาราที่ได้จากการเผาด้วยเตาอิฐก่อสามารถทำให้น้ำ 3,700 กรัม เดือดในเวลาเฉลี่ย 21.5 นาที (ตารางที่ 4) โดยมีอัตราการเผาไหม้เฉลี่ย 5.69 กรัม/นาที สำหรับค่าประสิทธิภาพการใช้งานเฉลี่ยของถ่านตอรากยางพารามีค่า 21.22 %

ถ่านตอรากยางพาราที่ได้จากการเผาด้วยเตาอิฐก่อไม่มีการแตกปะทุของถ่าน มีการติดไฟดี ไม่มีควันขณะใช้งาน จัดว่าถ่านตอรากยางพารามีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับใช้งานหุงต้มในครัวเรือน ดังแสดงในตาราง

ตารางแสดง ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านตอรากยางพาราที่ได้จากเตาอิฐก่อ

ค่าที่ใช้ในการคำนวณและผลรับที่ได้	หน่วย	ถ่านตอรากยางพารา		
		เตาอิฐก่อ		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่2	เฉลี่ย
น้ำหนักของน้ำที่ระเหยไป	กรัม	790	9.5	874.50
น้ำหนักน้ำที่เหลืออยู่	กรัม	2}910	2,795	2,852.50
น้ำหนักถ่านที่ใช้สุทธิ	กรัม	295	320	307.5
ระยะเวลาที่ใช้จนน้ำเดือด	นาที	20	23	21.50
ระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด	นาที	52	56	54
อุณหภูมิองน้ำก่อนตั้งไฟ	°C	30°	30°	30°
ค่าความร้อนจากการสันดาปของเชื้อเพลิง	แคลอรี/กรัม	4,280	4,280	4,280
งานที่ทำได้		2.68	2.82	2.75
อัตราการเผาไหม้	กรัม/นาที	5.67	5.71	5.69
ค่าประสิทธิภาพการใช้งาน	%	22.14	20.30	21.22
การแตกปะทุของถ่าน		ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
การติดไฟ		ดี	ดี	ดี
ควัน / เขม่า		ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี

สรุปผล

การศึกษาศักยภาพทางด้านพลังงานของถ่านตอรากยางพารา ทำการศึกษาเพื่อเป็นแนวทางการใช้ประโยชน์จากตอรากไม้จากสวนยางพารา โดยการนำมาทดลองผลิตเป็นถ่าน ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

1. ผลผลิตถ่านตอรากยางพาราที่ได้จากเตาเผาถ่านชนิดเตาอิฐก่อมีค่าระหว่าง 31.18-33.99 % ซึ่งจัดว่าเตาชนิดนี้ ให้ผลผลิตค่อนข้างสูง เหมาะสมสำหรับผลิตถ่านเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือน หรือสำหรับชุมชนขนาดเล็กในยุคเศรษฐกิจพอเพียง

2. ค่าความร้อนของถ่านตอรากยางพารามีค่าระหว่าง 6,855.90-7,582.0 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งค่าความร้อนของถ่านตอรากยางพารามีค่าใกล้เคียงกับถ่านไม้โกงกางซึ่งมีค่า 7,500 แคลอรีต่อกรัม จัดได้ว่าถ่านตอรากยางพาราเหมาะสมสำหรับใช้งานหุงต้มในครัวเรือน

3. องค์ประกอบทางเคมีและค่าความหนาแน่นของถ่านตอรากยางพารามีค่าอยู่ในเกณฑ์ดีและสูงกว่าค่าของถ่านไม้ยางพารา ทั้งนี้เนื่องจากถ่านตอรากยางพาราที่มีการนำไปใช้ประโยชน์จะมีอายุระหว่าง 20-25 ปี ขึ้นไป

4. ประสิทธิภาพการใช้งานหุงต้มของถ่านตอรากยางพาราสามารถใช้งานหุงต้มในครัวเรือนได้เป็นอย่างดี เนื่องจากไม่มีการแตกปะทุของถ่าน มีการติดไฟดี และไม่มีเขม่าควันรบกวนในระหว่างการใช้งาน

5. เกิดการสร้างงานสร้างรายได้และแหล่งพลังงานจากไม้ โดยประมาณการว่าตอรากไม้ยางพาราต่อไร (70-80 ตอราก / ไร่) มีน้ำหนักสดของตอรากเฉลี่ย 35.88 กิโลกรัม/ตอราก หรือ 2,511.6-2,870.4 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งหากมีการนำมาผลิตเป็นถ่านด้วยเตาอิฐก่อจะให้ผลผลิตเฉลี่ย 26.85 % (ที่ความชื้นของตอราก 20.95 %) จะผลิตถ่านได้ประมาณ 533.08-609.24 กิโลกรัมต่อไร่ หรือ คิดเป็นมูลค่า 2,665.40-3,046.20 บาทต่อไร่ (ค่าเฉลี่ยราคาถ่านกิโลกรัมละ 5 บาท)

*ประมาณการตอรายางพาราในแต่ละปี 12,000,000 ตอราก หากนำมาผลิตจะได้ผลผลิตถ่านประมาณ 91,386.04 ตัน/ปี คิดเป็นมูลค่า 456.93 ล้านบาท/ปี

พลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำวัสดุเหลือทิ้ง เปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์มาผลิตเป็นพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่ง เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนฟืนและถ่านไม้จากธรรมชาติ โดยมีกาวแป้งเปียกเป็นตัวประสาน ผ่านกระบวนการอัดแท่งด้วยเครื่องอัดมือ พบว่าเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานธ์สามารถนำมาเผาด้วยเตาเผาแบบอังโล่ เตาเผาแบบอุณหภูมิสูง และเตาเผาแบบแผ่นเหล็กได้ถ่านเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานธ์คงรูปร่างลักษณะเดิมนำมาเข้าเครื่องบดละเอียดได้เป็นผงถ่าน ผสมผงถ่านกับแป้งมัน ในอัตราส่วน 5: 1 (โดยละลายแป้งมันในน้ำร้อน 1 ลิตร จนเป็นกาวแป้งเปียก) ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน นำมาเข้าเครื่องอัดแท่งด้วยเครื่องอัดมือ ได้แท่งเชื้อเพลิงคงรูปไม่แตกหักเมื่อนำไปตากแดดจนแห้งสนิท แล้วนำมาทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงพบว่าเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์สามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งได้ใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงในครัวเรือน ในชุมชนแทนการใช้เชื้อเพลิงจากฟืนและถ่านไม้จากธรรมชาติ และเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์สามารถใช้งานหุงต้มได้ดี ไม่แตกปะทุ ติดไฟได้ดีมาก ให้ค่าความร้อนสูง จึงเหมาะสำหรับการผลิตเป็นพลังงานเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในครัวเรือน ชุมชน หรือผลิตเพื่อการค้า และการอุตสาหกรรมที่ใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากถ่านไม้และฟืน

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการ

1. เก็บตัวอย่างเปลือกมะพร้าวอ่อนที่เป็นของเหลือทิ้งจากครัวเรือนและชุมชนทั่วไป นำมาหั่นเป็นชิ้นๆ ตากแดดให้แห้งสนิท จนได้เปลือกมะพร้าวอ่อนที่แห้ง ดังรูปที่ 1 – 8

รูปที่ 1 มะพร้าวอ่อน

รูปที่ 2 เปลือกมะพร้าวอ่อน

รูปที่ 3 เปลือกมะพร้าวอ่อนตากแดดวันที่ 1

รูปที่ 4 เปลือกมะพร้าวอ่อนตากแดดวันที่ 2

รูปที่ 5 เปลือกมะพร้าวอ่อนตากแดดวันที่ 3

รูปที่ 6 เปลือกมังคุดตากแดดวันที่ 4

รูปที่ 7 เปลือกมังคุดตากแดดวันที่ 5

รูปที่ 8 เปลือกมังคุดตากแดดวันที่ 6

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

อุปกรณ์

1. เตาเผาเปลือกมะพร้าวอ่อน
2. เครื่องบดละเอียด
3. เครื่องอัดแท่ง
4. เครื่องชั่ง
5. ถาดอะลูมิเนียม
6. หม้ออะลูมิเนียม

วิธีการดำเนินการ

1. ศึกษาการเผาเปลือกมะพร้าวอ่อน

1.1 ใช้เตาเผาแบบแผ่นเหล็ก เตาเผาชนิดนี้ใช้แผ่นเหล็กสร้างเป็นเตารูปสี่เหลี่ยมมีขาตั้ง มีประตูสำหรับปิดเปิด และมีท่อเป็นปล่องควันเพื่อควบคุมอากาศในเตาเผา โดยการนำเปลือกมะพร้าวอ่อนตากแห้ง หนัก 1 กิโลกรัม ใส่ในตะแกรงลวด จุดเชื้อไฟเผาให้เปลือกมะพร้าวอ่อนลุกไหม้ทั่วกันทั้งตะแกรงประมาณ 15 นาที แล้วนำตะแกรงลวดใส่ในเตาเผา ปล่อยให้ไฟเผาเปลือกมะพร้าวอ่อนอีก 10 นาที จึงปิดฝาเตา และปิดปล่องควัน ปล่อยให้เตาเผาเย็นจึงเปิดฝาเตา จะได้ถ่านเปลือกมะพร้าวอ่อนลักษณะสีดำ และมีน้ำหนักเบา เมื่อนำมาชั่งน้ำหนักได้ถ่านเปลือกมะพร้าวอ่อน 300 กรัม ดังรูปที่ 9 - 16

รูปที่ 9 ตะแกรงลวดใส่เปลือกมะพร้าวอ่อน

รูปที่ 10 จุดเชื้อไฟเผาเปลือกมะพร้าวอ่อน

รูปที่ 11 นำตะแกรงลวดใส่เตาเผา

รูปที่ 12 เผาเปลือกมะพร้าวอ่อนในเตาเผา

รูปที่ 13 เผาต่อในเตาเผา

รูปที่ 14 ปิดหน้าเตาและปล่องควัน

รูปที่ 15 เปิดฝาเตา

รูปที่ 16 ถ่านเปลือกมะพร้าวอ่อน

2. ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะพร้าวอ่อน

2.1 นำถ่านเปลือกมะพร้าวอ่อน ที่ได้จากการเผาในข้อ 1 มาบดด้วยเครื่องบดละเอียดจนเป็นผงถ่าน

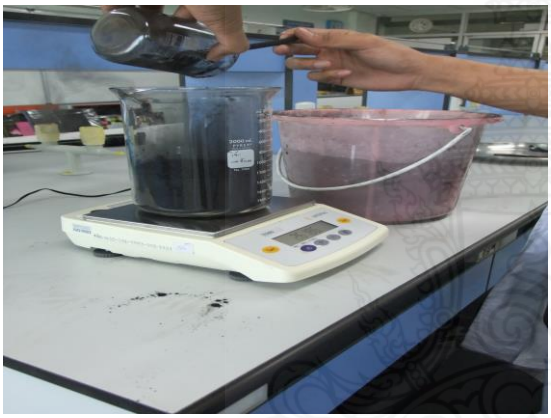
2.2 เตรียมตัวประสานกาวแป้งเปียกโดยใช้แป้งมันผสมน้ำร้อนเป็นตัวประสาน

2.3 ผสมผงถ่านกับกาวแป้งเปียก

โดย ละลายแป้งมัน 200 กรัม ในน้ำร้อน 1000 cm^3 คนให้ละลายเข้ากันจนเป็นกาวแป้งเปียก เทกาวแป้งเปียกลงในผงถ่านเปลือกมะพร้าวอ่อน 1 กิโลกรัม ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน นวดจนส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่เหนียวติดมือ อัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงด้วยเครื่องอัดมือ ได้แท่งเชื้อเพลิง 42 แท่ง น้ำหนักเฉลี่ยแท่งละ 40.45 กรัม ตากแดดให้แห้ง 3 – 5 วัน เก็บในตู้อบความชื้น ชั่งน้ำหนักแท่งเชื้อเพลิง น้ำหนักเฉลี่ยแท่งละ 25.90 กรัม ดังรูปที่ 17 - 30

รูปที่ 17 ถ่านเปลือกมะพร้าวอ่อนในเครื่องบด

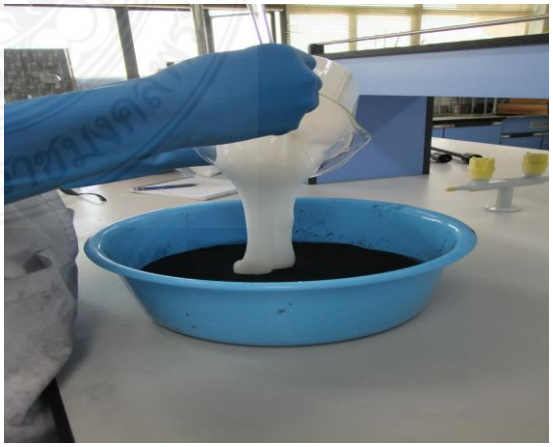
รูปที่ 18 บดถ่านให้เป็นผงละเอี



รูปที่ 19 ชั่งผงถ่านเปลือกมะพร้าวอ่อน

รูปที่ 20 ชั่งแป้งมัน

รูปที่ 21 คนแป้งมันจนเป็นกาวแป้งเปียก



รูปที่ 22 ผสมกาวแป้งเปียกลงในผงถ่าน

รูปที่ 23 ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน

รูปที่ 24 นวดผงถ่านกับกาวแป้งเปียก

รูปที่ 25 อัดเป็นแท่งด้วยเครื่องอัดมือ

รูปที่ 26 อัดเป็นแท่งเชื้อเพลิง

รูปที่ 27 เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะพร้าวอ่อน

รูปที่ 28 นำเชื้อเพลิงอัดแท่งตากแดด

รูปที่ 29 เชื้อเพลิงอัดแท่งตากแดดจนแห้ง

รูปที่ 30 เชื้อเพลิงอัดแท่งตากแดดจนแห้งสนิท

3. ประเมินคุณภาพและคุณสมบัติของเชื้อเพลิง โดยการหาปริมาณเถ้า และ ปริมาณความชื้น ของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะพร้าวอ่อน และ ศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะพร้าวอ่อน นำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะพร้าวอ่อนที่ตากแดดจนแห้งสนิท มาศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานหุงต้ม โดยทดสอบการต้มน้ำ ซึ่งใช้หม้อต้มน้ำอะลูมิเนียมเบอร์ 20 พร้อมฝา กับเตาหุงต้มใช้น้ำ 1500 กรัม (ปริมาตรของน้ำประมาณ ¾ ของปริมาณความจุของหม้อ) และน้ำหนักเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะพร้าวอ่อน 500 กรัม ทำการทดลองในห้องที่ไม่มีลมพัด สังเกตการแตกปะทุของแท่งเชื้อเพลิง ปริมาณควันของแท่งเชื้อเพลิงขณะติดไฟ วัดอุณหภูมิของน้ำจนกระทั่งน้ำเดือด แล้วบันทึกเวลาที่ใช้ไปพร้อมทั้งเปิดฝาหม้อ จากนั้นปล่อยให้น้ำเดือดต่อไปอีก 30 นาที คำนวณค่างานที่ได้ อัตราการเผาไหม้ และประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะพร้าวอ่อน ดังนี้ (จิระพงษ์ คูหากาญน์)

$$\text{งานที่ได้} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำที่ระเหยไป}}{\text{น้ำหนักของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้สุทธิ}}$$

$$\text{อัตราการเผาไหม้} = \frac{\text{น้ำหนักของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้สุทธิ (กรัม)}}{\text{ระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด (นาที)}}$$

ทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะพร้าวอ่อน (ครั้งที่ 1)

$$\text{งานที่ได้} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำที่ระเหยไป (กรัม)}}{\text{น้ำหนักของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้สุทธิ (กรัม)}}$$

$$\text{แทนค่า} = \frac{773.50 \text{ กรัม}}{500 \text{ กรัม}}$$

$$= 1.55 \text{ กรัม}$$

$$\text{อัตราการเผาไหม้} = \frac{\text{น้ำหนักของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้สุทธิ (กรัม)}}{\text{ระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด (นาที)}}$$

$$\text{แทนค่า} = \frac{500 \text{ กรัม}}{44 \text{ นาที}}$$

$$= 11.36 \text{ กรัมต่อนาที}$$

ทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะพร้าวอ่อน (ครั้งที่ 2)

$$\text{งานที่ได้} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำที่ระเหยไป (กรัม)}}{\text{น้ำหนักของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้สุทธิ (กรัม)}}$$

$$\text{แทนค่า} = \frac{809.35 \text{ กรัม}}{500 \text{ กรัม}}$$

$$= 1.62 \text{ กรัม}$$

$$\text{อัตราการเผาไหม้} = \frac{\text{น้ำหนักของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้สุทธิ (กรัม)}}{\text{ระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด (นาที)}}$$

$$\text{แทนค่า} = \frac{500 \text{ กรัม}}{45 \text{ นาที}}$$

$$= 11.11 \text{ กรัมต่อนาที}$$

ทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะพร้าวอ่อน (ค่าเฉลี่ย)

$$\text{งานที่ได้} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำที่ระเหยไป (กรัม)}}{\text{น้ำหนักของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้สุทธิ (กรัม)}}$$

$$\text{แทนค่า} = \frac{791.42 \text{ กรัม}}{500 \text{ กรัม}}$$

$$= 1.58 \text{ กรัม}$$

$$\text{อัตราการเผาไหม้} = \frac{\text{น้ำหนักของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้สุทธิ (กรัม)}}{\text{ระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด (นาที)}}$$

$$\text{แทนค่า} = \frac{500 \text{ กรัม}}{44.5 \text{ นาที}}$$

$$= 11.24 \text{ กรัมต่อนาที}$$

ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากถ่านไม้ (ถ่านไม้ซื้อจากตลาดใส่ถุงขาย)

$$\text{งานที่ได้} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำที่ระเหยไป (กรัม)}}{\text{น้ำหนักของถ่านที่ใช้สุทธิ (กรัม)}}$$

$$\text{แทนค่า} = \frac{824.77 \text{ กรัม}}{500 \text{ กรัม}}$$

$$= 1.65 \text{ กรัม}$$

$$\text{อัตราการเผาไหม้} = \frac{\text{น้ำหนักของถ่านที่ใช้สุทธิ (กรัม)}}{\text{ระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด (นาที)}}$$

$$\text{แทนค่า} = \frac{500 \text{ กรัม}}{50 \text{ นาที}}$$

$$= 10 \text{ กรัมต่อนาที}$$

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการศึกษา

1. การเผาเปลือกมะพร้าวอ่อนแห้งในเตาเผาแบบแผ่นเหล็ก ได้ถ่านเปลือกมะพร้าวอ่อนมีสีดำ ลักษณะเป็นถ่านน้ำหนักเบา

2. การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะพร้าวอ่อน โดยผสม ถ่านเปลือกมะพร้าวอ่อนบดละเอียด แป้งมันและน้ำ โดยทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสม จนได้สูตรที่เหมาะสมในการอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิง โดยใช้ผงถ่านเปลือกมะพร้าวอ่อน 1 กิโลกรัม ผสมกาวแป้งเปียก ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน อัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้ 42 ก้อน น้ำหนักเฉลี่ยก้อนละ 40 .48 กรัม นำไปตากแดดจนแห้งสนิทใช้เวลา 3-5 วัน นำมาชั่งน้ำหนักเหลือน้ำหนักก้อนละ 25.93 กรัม ทดลองใช้มือบีบก้อนเชื้อเพลิง พบว่า ก้อนเชื้อเพลิงแห้งสนิท แข็งคงรูป ไม่แตกหัก

3. ปริมาณเถ้า (Ash content) คือส่วนของสารอนินทรีย์ที่เหลือจากการสันดาปถ่านในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 750 °C นาน 6 ชั่วโมง (จิระพงษ์ 2546) ผลการทดสอบเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะพร้าวอ่อน มีปริมาณเถ้าร้อยละ 7.0

4. ปริมาณความชื้น (Moisture content) คือการอบถ่านที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรืออบจนกระทั่ง น้ำหนักของตัวอย่างคงที่ผลการทดสอบเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะพร้าวอ่อนมีปริมาณความชื้น ร้อยละ 9.7 ซึ่งปริมาณความชื้นในแท่งเชื้อเพลิงจะมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพในการใช้งาน และความสามารถในการจุดติดไฟ

5. ประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะพร้าวอ่อน แท่งเชื้อเพลิงที่ได้สามารถทำให้น้ำ 1500 กรัม เดือดในเวลาเฉลี่ย 14.5 นาที อัตราการเผาไหม้เฉลี่ย 11.24 กรัม/นาที เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะพร้าวอ่อนมีการติดไฟได้ดี ไม่มีการแตกปะทุ ไม่มีเขม่า ไม่มีควันและไม่มีกลิ่น ขณะใช้งาน ดังแสดงในตาราง

ตารางแสดง ประสิทธิภาพการใช้งาน ของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะพร้าวอ่อน

เชื้อเพลิงอัดแท่ง จากเปลือกมะพร้าวอ่อน			
ค่าที่ใช้ในการคำนวณ / ผลที่ได้รับ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
น้ำหนักของน้ำที่ระเหยไป	773.50 g	809.35 g	791.42 g
น้ำหนักน้ำที่เหลืออยู่	726.95 g	690.65 g	708.80 g
น้ำหนักเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้สุทธิ	500 g	500 g	500 g
ระยะเวลาที่ใช้จนน้ำเดือด	14 นาที	15 นาที	14.5 นาที
ระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด	44 นาที	45 นาที	44.5 นาที
อุณภูมิของน้ำก่อนตั้งไฟ	31 °C	32 °C	31.5 °C
งานที่ทำได้	1.55 g	1.62 g	1.58 g
อัตราการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง	11.11 g/นาที	11.36 g/นาที	11.24 g/นาที
การแตกประทุของถ่าน	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
การติดไฟ	ดี	ดี	ดี
ควัน	ไม่มีควัน	ไม่มีควัน	ไม่มีควัน
เขม่า	ไม่มีเขม่า	ไม่มีเขม่า	ไม่มีเขม่า
กลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาศักยภาพด้านพลังงานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะพร้าวอ่อน เพื่อเป็นแนวทางการใช้ประโยชน์จากเปลือกมะพร้าวอ่อน ซึ่งเป็นขยะเหลือทิ้งจากครัวเรือน มาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง แทนการใช้เชื้อเพลิงจากฟืนและถ่านไม้ ซึ่งสรุปผลได้ดังนี้

1. เปลือกมะพร้าวอ่อน ที่เป็นขยะของเหลือทิ้งจากครัวเรือน สามารถนำมาเผาในเตาเผาแบบแผ่นเหล็กได้ถ่านเปลือกมะพร้าวอ่อน มีน้ำหนักเบา นำมาบดให้เป็นผงละเอียด ผสมกับกาวแป้งเปียกในอัตราส่วน 5: 1 แล้วอัดเป็นแท่ง ตากแดดให้แห้งสนิท สามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งได้

2. ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะพร้าวอ่อน สามารถใช้งานหุงต้มในครัวเรือนได้ดีกว่าถ่านเชื้อเพลิงจากไม้ เนื่องจากไม่มีการแตกปะทุของเชื้อเพลิง มีการติดไฟดี ไม่มีเขม่า ไม่มีควันและไม่มีกลิ่นรบกวนในระหว่างการใช้งาน

ข้อเสนอแนะ

เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้ ต้องตากแดดให้แห้งสนิท เพราะถ้าแท่งเชื้อเพลิงไม่แห้งสนิท จะทำให้ค่าความชื้นสูง ซึ่งจะส่งผลทำให้การติดไฟของเชื้อเพลิงไม่ดี (ติดไฟช้า)และทำให้เกิดควันขณะเผาไหม้

เอกสารอ้างอิง

จิระพงษ์ คูหากาญจน์ 2550. ศักยภาพทางด้านพลังงานของถ่านตอรากยางพารา การสัมมนาทางวัฒนวิทยา ครั้งที่ 8 เทคโนโลยีวนวัฒน์ เพื่อขจัดความยากจน กลุ่มพัฒนาพลังงานจากไม้ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิชาการ ป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพ ฯ

ฐานิตย์ เมธิยานนท์ , ประสาน สถิตย์เรืองศักดิ์ และ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ 2549 การผลิตเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งจากถ่านไม้ยางพารา ด้วยเทคนิคเอ็กซิทรูชัน โดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน “การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 2” วันที่ 27 – 29 กรกฎาคม 2549 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

สังเวย เสวกวิหารี , วันดี มาตสถิตย์ และ นิภาพร ปัญญา 2553 พลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ “ การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 3 ” วันที่ 24 – 26 พฤศจิกายน 2553 ศูนย์ประชุมสถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ กรุงเทพ

สุภาวดี สวัสดิพรพัลลภ , กิตติพงษ์ ตันมิตร , อำนาจ สุขศรี และบรรจงศรี จีระวิพูลวรรณ 2549 การใช้ประโยชน์ชานอ้อยจากโรงงานน้ำตาล เพื่อผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง “การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงาน แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 2” วันที่ 27 – 29 กรกฎาคม 2549 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

สุวิทย์ เพชรห้วยลึก , ฉัตร ผลนาค , ธัญญรัตน์ อินทร์เจริญ และพชิตา เปล่าเล สมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ปาล์มน้ำมัน “การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงาน แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 2” วันที่ 27 – 29 กรกฎาคม 2549 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

อภิรักษ์ สวัสดิกิจ , ทีปกร คุณาพรวิวัฒน์ , พิสุทธิ์ รัตนแสนวงษ์ , จักรพันธ์ กันหา วรพจน์ พันธ์คง การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขี้เถ้าแกลบผสมซังข้าวโพด และกะลามะพร้าว ด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชั่นโดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสานการประชุมวิชาการ เครือข่ายการวิจัยของสถาบันอุดมศึกษา 17 – 19 มกราคม 2551 จังหวัดขอนแก่น

S.R. Richards , 1990 “Physical testing of fule briquettes” Fule Processing Technology , Vol 25 , Issue 2 pp. 89 – 100

ไม่มีเนื้อหาจากต้นฉบับ

ภาคผนวก

ประวัติหัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ – นามสกุล (ภาษาไทย)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สังเวย เสวกวิหารี

Asst.Prof. Sangwoei Sawekwiharee

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน

3170300181

3. ตำแหน่งปัจจุบัน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่

กลุ่มวิชาเคมี หมวดวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

เลขที่ 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์วงสว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

e-mail address : sangwoei.s@rmutp.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	คุณวุฒิ/วิชาเอก	สถาบันอุดมศึกษา	ปีที่สำเร็จ
ปริญญาโท	ค.อ.ม. (วิชาเอกเคมี)	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2541
ปริญญาตรี	ค.บ. เคมี	สถาบันราชภัฏเชียงใหม่	2532

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

วิทยาศาสตร์เคมี และ เภสัช

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

7.1 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

ภาวะผู้นำของผู้บริหารสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตโชติเวช

7.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน

1.พลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณประจำปี 2553 เผยแพร่ ในการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 3 “ การพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนดลยีในยุคเศรษฐกิจสร้างสรรค์ ” วันที่ 24 - 26 พฤศจิกายน พ. ศ. 2553 ณ ศูนย์ประชุมสถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ กรุงเทพมหานคร

2.ศักยภาพด้านพลังงาน ของเชื้อเพลิงอัดแท่ง จากเปลือกมังคุดได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณประจำปี 2555 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.เผยแพร่ในงานสัปดาห์วันวิทยาสาสตร์ “ จุดประกายความคิด พัฒนาชีวิตด้วยวิทยาสาสตร์ ” 16 -17 สิงหาคม 2555 คณะวิทยาสาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพ ฯ

เผยแพร่ในหนังสือพิมพ์บ้านเมือง “ ถ่านเปลือกมังคุด เชื้อเพลิงชั้นยอด ” วันจันทร์ที่ 24 กันยายน 2555 ปีที่ 11 ฉบับที่ 3223 หน้า 13 (ล่าง) และหนังสือพิมพ์ไทยโพสต์ “ ถ่านเปลือกมังคุด เชื้อเพลิงชั้นยอด ผลงานวิจัยคณะวิทย์ มทร.พระนคร ” วันจันทร์ที่ 24 กันยายน 2555 ปีที่ 16 ฉบับที่ 5804 หน้า 7 (บน)

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัย

1.Sangwoei Sawekwiharee, Panakamom Deeyai, and Naphat Chathirat , “Interpretation of XPS spectra of Double Perovskites of the Y2NiMnO6 Ceramics” International Conference on Engineering and Applied Science (ICEAS-2919),Hokkaido, Japan, 22-24July, 2014, p 446-457.

2 . Sangwoei Sawekwiharee, ThanapongSareein, Naphat Chathirat . “Electrical Characterization by Impedance Spectroscopy of double perovskites of Y2NiMnO6 ceramics” , International Conference on Engineering and Applied Science (ICEAS-2921),Hokkaido, Japan, 22-24July, 2014, p 458-470.

3 . Sangwoei Sawekwiharee, Thanaporn Boonchoo , Anchana Kuttiyawong, NaphatChathirat, “Measurement of the Flavonol Glucosides and Antioxidant Activities of Shallot by Gas Chromatograps”, , International Conference on Engineering and Applied Science (ICEAS-2922),Hokkaido, Japan, 22-24July, 2014, p 590-597.

4 . Sangwoei Sawekwiharee, Thanaporn Boonchoo , Anchana Kuttiyawong, NaphatChathirat, “Performance Evaluation of Heating Energy Briquettes from Cashew Nut Shell” , , International Conference on Engineering and Applied Science (ICEAS-2923),Hokkaido, Japan, 22-24July, 2014, p 598-606.

5 . Sangwoei Sawekwiharee, Thanaporn Boonchoo, Anchana Kuttiyawong, Naphat Chathirat, “Heating Energy Briquettes from Cashew Nut Shell”, Applied Mechanics and Materials Vol. 804 (2015) pp 283-286.

6 . Sangwoei Sawekwiharee, Suejit Pechprasarn, ,Anchana Kuttiyawong,and Naphat Albutt, “Adsorption of Pb(II) from Solution by Mangosteen Peel Charcoal Powder” ,Applied Mechanics and MaterialsVol. 866 (2017), pp 116-118.

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

1. ชื่อ – นามสกุล (ภาษาไทย) นายอุดมเดชา พลเยี่ยม

(ภาษาอังกฤษ) Mr. Udomdeja Polyium

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3-4509-00329-●

3. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

4. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก

กลุ่มวิชาเคมี หมวดวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
เลขที่ 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์วงสว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
e-mail address: udomdeja.p@rmutp.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	คุณวุฒิ/วิชาเอก	สถาบันอุดมศึกษา	ปีที่สำเร็จ
ปริญญาโท	วท.ม. (วิชาเอกเคมี)	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2544
ปริญญาตรี	ค.บ. เคมี	สถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา	2538

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

เคมีประยุกต์ และ เคมีศึกษา

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัย

1. Ta-ngam, and U. Polyium. 2007. “The Learning Styles of Students of RIT , Chotiwet Campus.” RMUTP Research Journal 1 (1): 51–57.

2. Polyium, U. 2010. “Variables Affecting to Learning Achievement in Bio-Organic Chemistry of Students on Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.” Research and development journal KMUTT 33 (1): 3–12.

3. Polyium, U. and Panya, N. 2014. “Allelopathic effects of Xylocarpus Gangeticus Parkins on germination and growth of weed in rice fields.” Journal of Applied Sciences Research 9 (12): 6180–6184.

4. Polyium, U and Pigoolthong. A. 2017. “Fuel briquettes from sisal waste in Thailand.” Applied Mechanics and Materials 866 (1): 168–171. doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.866.168