รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

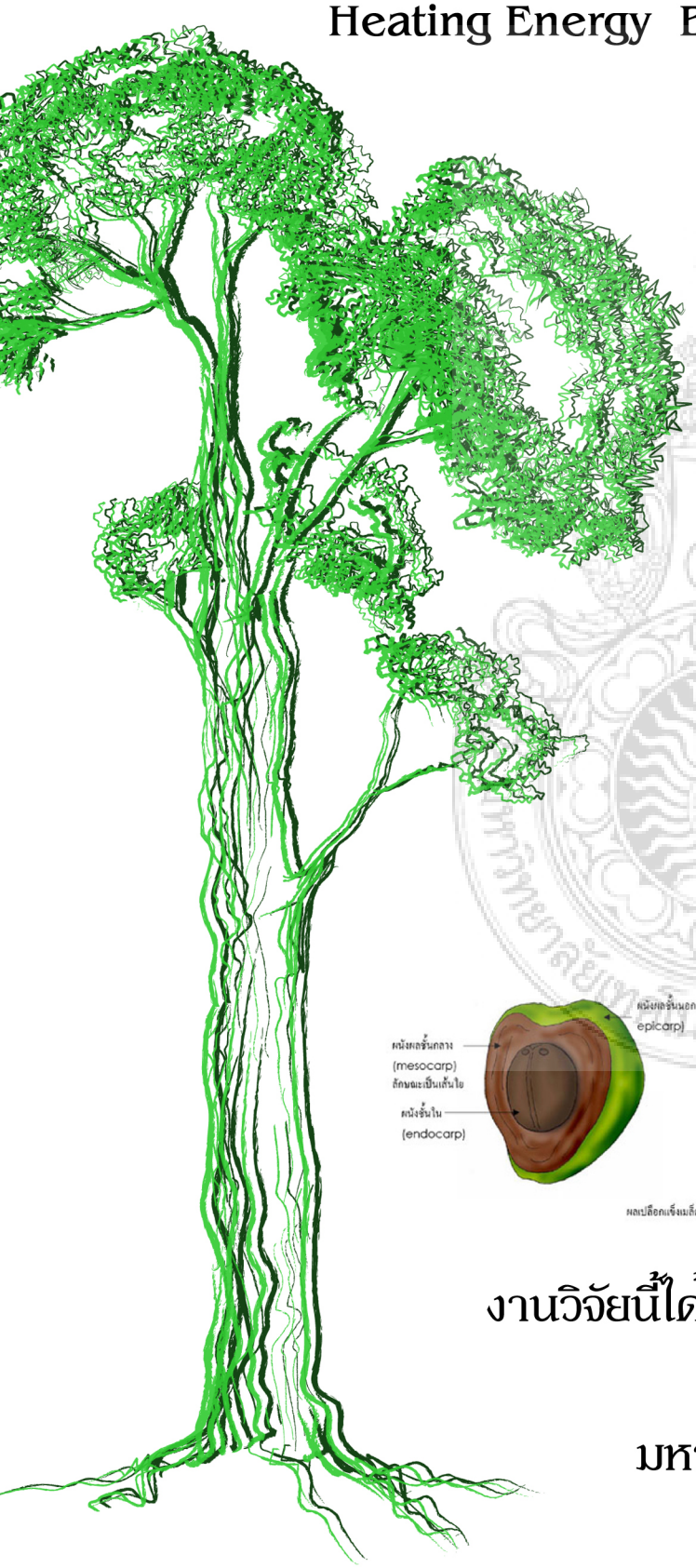
พลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

Heating Energy Briquettes From Cashew Nut Shell

สังเวย เสวกวิหารี

วันดี มาตสถิตย์

นิภาพร ปัญญา



งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณประจำปี

พ.ศ. 2553

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

พลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

Heating Energy Briquettes From Cashew Nut Shell

สังเวย เสวกวิหารี

วันดี มาตสถิตย์

นิภาพร ปัญญา

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณประจำปี พ.ศ. 2553

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่องานวิจัย : พลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

ผู้วิจัย : สังเวย เสวกวิหารี , วันดี มาตสถิต , นิภาพร ปัญญา

พ.ศ. : 2553

บทคัดย่อ

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

Research Title : **Heating Energy Briquettes From Cashew Nut Shell**

Researcher : **SANGWOEI SAWEKWIHAREE , WUNDEE MASTHIT , NIPAPORN PANYA.**

Year : **2010**

ABSTRACT

The research in the aim for useless material from cashew nut shell produce are heating energy briquettes to use recompense energy fine wood and charcoal from natural. By the flour paste is join together pass procedure heating briquettes with hand press implement. It is cashew nut shell can make to burn with earthen stove, high temperature stove and steel stove from cashew nut shell are still shape and have bring into fine crush machine receive dust charcoal. It is mixed dust charcoal with flour in ratio 5:1 (by melt flour into hot water one liter until flour paste) mixed and bring into heating briquettes with hand press implement receive heating energy briquettes are no broken. When we bring expose to the sun until dried. After that to test efficiency of heating energy to see that cashew nut shell can to produce are heating energy briquettes. It use heating energy in home family in community replace to use from fire wood and charcoal from natural and heating energy briquettes from cashew nut shell can to use a make cooking well, no broken, fire well and height heater. It is suitable to produce heating energy for to use home family, communities or commercial production and industries are use heating energy from fire wood and charcoal.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ทุนในการทำวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนการใช้ห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์ และเครื่องมือต่าง ๆ จนงานวิจัยสำเร็จตามระยะเวลาที่กำหนด ขอขอบคุณนายก อบต. และชาวบ้านเกาะพยาม จังหวัดระนอง ที่สนใจและอำนวยความสะดวกในการลงพื้นที่ ในการถ่ายทอดผลงานวิจัย 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	2
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
	นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย	2
บทที่ 2	**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	**3**
	แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
บทที่ 3	**วิธีดำเนินการวิจัย**	**38**
	เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย	38
	วิธีดำเนินการวิจัย	38
บทที่ 4	**ผลการวิเคราะห์ข้อมูล**	**49**
	ผลการศึกษา	49
บทที่ 5	**สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ**	**57**
	สรุปผลการวิจัย	57
	ข้อเสนอแนะ	57

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

เอกสารอ้างอิง **58**

ภาคผนวก **59**

1. รูปกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์จังหวัดระนอง 59

2. ประวัตินักวิจัย 74

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (สูตรที่ 1)	54
2	ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (สูตรที่ 2)	55
3	ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านเชื้อเพลิงจากไม้	56

สารบัญภาพประกอบ

ภาพที่ **หน้า**

1. เปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ 39
2. เตาเผาแบบอังโล่ 39
3. ปิดฝาเตา 39
4. ถ่านเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ 39
5. เตาเผาแบบอุณหภูมิสูง 40
6. เปลือกก่อนเข้าเตาเผา 40
7. เผาเปลือกนาน 1.30 ชั่วโมง 40
8. ถ่านเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ 40
9. เตาเผาแบบแผ่นเหล็ก 41
10. เผาเปลือกนาน 2 ชั่วโมง 41
11. เปิดเตาเผา 41
12. ถ่านเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ 41
13. ถ่านเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์บดละเอียด 42
14. แป้งมัน 42
15. กาวแป้งเปียก 43
16. ผสมผงถ่านกับกาวแป้งเปียก 43
17. ส่วนผสมถ่านอัดแท่ง 43
18. อัดแท่งด้วยเครื่องอัดมือ 43
19. ก้อนถ่านอัดแท่ง 43
20. ก้อนถ่านอัดแท่งที่ตากแดดจนแห้ง 43

ภาคผนวก

21. แนะนำตัว และวัตถุประสงค์การลงพื้นที่เพื่อถ่ายทอดผลงานวิจัย 59
22. อธิบายขั้นตอนและวิธีการทำถ่านอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ 59
23. ชาวบ้าน เกาะพยาม จ. ระนอง 60
24. ชาวบ้านที่เข้ารับการถ่ายทอดเทคโนโลยีจำนวน 40 คน 60
25. ตัวอย่างถ่านเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ 61
26. ชาวบ้านลงมือปฏิบัติจริง 61
27. ขั้นตอนที่ 1 เผาเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (กลุ่มที่ 1) 62

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
28.	ขั้นตอนที่ 1 เผาเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (กลุ่มที่ 2)	62
29.	ขั้นตอนที่ 2 ผสมอัตราส่วน	63
30.	คลุกเคล้าให้เข้ากัน	63
31.	เตรียมอัตราส่วนตามสูตร	64
32.	อัดส่วนผสมให้เป็นแท่ง ด้วยเครื่องอัดมือ	64
33.	ถ่านอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์	65
34.	ชาวบ้านทดลองปฏิบัติ	65
35.	ชาวบ้านทดลองปฏิบัติ	66
36.	ชาวบ้านทดลองปฏิบัติ	66
37.	ชาวบ้านทดลองปฏิบัติ	67
38.	เด็ก ๆ ก็สนใจทำถ่านอัดแท่ง	67
39.	นำถ่านอัดแท่งที่ได้มาตากแดดให้แห้ง	68
40.	ชาวบ้านกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์	68
41.	ชาวบ้านกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์	69
42.	ส่วนของเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่แกะเนื้อในออกแล้ว	69
43.	ส่วนของเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่เหลือทิ้ง	70
44.	ต้นมะม่วงหิมพานต์ที่เกาะพยาม จ. ระนอง	70
45.	ต้นมะม่วงหิมพานต์ที่เกาะพยาม จ. ระนอง	71
46.	ผลมะม่วงหิมพานต์	71
47.	ผลมะม่วงหิมพานต์	72
48.	เมล็ดมะม่วงหิมพานต์	72
49.	ผลมะม่วงหิมพานต์	73

บทที่ 1
บทนำ

พลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

Heating Energy Briquettes From Cashew Nut Shell

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันสภาวะการณ์ด้านพลังงานเป็นปัญหาที่วิกฤตต่อภาวะเศรษฐกิจและสังคมของประเทศเป็นอย่างมาก ทุกหน่วยงานจึงพยายามหามาตราการลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากน้ำมันที่มีราคาแพง และต้องพึ่งพาการนำเข้าจากต่างประเทศ จึงมีการสนับสนุนให้ใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากก๊าซธรรมชาติ และการหาแหล่งพลังงานทดแทน เนื่องจากประเทศไทยของเราเป็นประเทศเกษตรกรรม มีศักยภาพในการผลิตพืชผลทางการเกษตรที่สามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานได้ แต่หลักใหญ่ของผลผลิตทางการเกษตร เพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารของโลก ถ้านำผลผลิตเหล่านี้มาใช้ผลิตเป็นพลังงานเชื้อเพลิงก็จะทำให้แหล่งอาหารของโลกเกิดภาวะขาดแคลน ส่งผลกระทบต่อการดำรงอยู่ของมวลมนุษย์ชาติ

ดังนั้นกลุ่มผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดในการนำวัสดุเหลือทิ้งจากภาคเกษตรมาผลิตเป็นพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยการนำเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่เกษตรกรแกะเอาส่วนเนื้อในของเมล็ดซึ่งเป็นส่วนที่ใช้รับประทานออกแล้ว ส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ดจะมีความหน้าประมาณ 2-3 มิลลิเมตร มียางสีน้ำตาลอ่อนมีลักษณะเป็นกรด ถ้าถูกผิวหนังจะทำให้พองเป็นแผลเปื่อย เกษตรกรจึงปล่อยทิ้งเป็นของเสีย หรือบางรายนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้มแทนฟืนและถ่าน แต่ก็พบปัญหาในเรื่องของเถ้าและเกิดควันมากขณะเผาไหม้ ทำให้มีผลกระทบต่อมลภาวะทางอากาศ และส่งผลโดยตรงต่อภาวะโลกร้อน ซึ่งเป็นปัญหาที่ทั่วโลกกำลังเผชิญและเร่งหาทางแก้ไขปัญหาโลกร้อน การนำเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์มาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จะช่วยลดปัญหาขยะเหลือทิ้งจากภาคเกษตร ลดปัญหาภาวะโลกร้อน ลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากน้ำมัน ลดปัญหาหารใช้ฟืนและถ่านไม้จากธรรมชาติ และลดการนำผลิตผลทางการเกษตรที่เป็นแหล่งอาหารของโลกมาผลิตเป็นพลังงานทดแทน อันจะเป็นประโยชน์ต่อสังคม เศรษฐกิจโดยรวมของประเทศและของโลก

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อนำวัสดุเหลือทิ้งเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์มาผลิตเป็นพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่ง
2. เพื่อศึกษาค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

3. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ กับถ่านเชื้อเพลิงจากไม้

ขอบเขตของการวิจัย

1. สถานที่ทดลองห้องปฏิบัติการเคมี 1 (9406) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2. เปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์นำมาผ่านกระบวนการเผาไหม้ในเตาเผาที่ควบคุมออกซิเจนให้เป็นถ่านแล้วบดให้เป็นผงถ่าน นำมาอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิง
3. ประเมินคุณภาพและคุณสมบัติของเชื้อเพลิงโดยใช้องค์ประกอบที่สำคัญของเชื้อเพลิงเป็นหลักในการประเมินคุณภาพ คือ คาร์บอนเสถียร ปริมาณเถ้า ความชื้น และค่าความร้อน โดยถือว่าค่าเชื้อเพลิงที่ให้ความร้อนสูงแสดงว่าเป็นเชื้อเพลิงที่ดี

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. นำวัสดุเหลือทิ้งจากภาคเกษตรมาทำให้เกิดประโยชน์
2. ลดปัญหาการขาดแคลนพลังงานเชื้อเพลิง
3. ลดปัญหาการใช้ฟืนและถ่านไม้จากธรรมชาติ
4. ลดปัญหาภาวะโลกร้อน

นิยามศัพท์เฉพาะ

พลังงานเชื้อเพลิง (heating energy) หมายถึง พลังงานใดๆที่จะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ทดแทนแหล่ง พลังงาน ซึ่งมีการสะสมตามธรรมชาติและใช้หมดไป เช่น น้ำมัน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ พลังงานทดแทนภายในประเทศที่สามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานเชื้อเพลิงได้ เช่น พลังงานจากแสงอาทิตย์ ลม ความร้อนใต้พิภพ น้ำ พืช วัสดุเหลือใช้จากการเกษตร และขยะ เป็นต้น

อัดแท่ง (briquette) หมายถึง การนำเอาวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น ไม้กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม ซังข้าวโพด เปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ มาเผาจนเป็นถ่าน และบดจนเป็นผง แล้วอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการ

เปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (cashew nut shell) คือ ส่วนของผลปลอมที่ขยายตัวพองโตขึ้นจนใหญ่กว่าเมล็ดแล้วผ่าเมล็ดในสีขาวซึ่งเป็นส่วนที่ใช้รับประทานได้ออก จะเหลือเปลือกเมล็ดที่มีความหนาและแข็ง จะมีน้ำมันเป็นส่วนของกรดอะนาคาร์ดิก (anacardid acid) และสารคาร์ดอล (cardol) ซึ่งเป็นพิษต่อผิวหนังมนุษย์และสัตว์แต่ก็สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

มะม่วงหิมพานต์ เป็นไม้ผลยืนต้น ตระกูลเดียวกับมะม่วงมีขึ้นอยู่ทั่วไปในประเทศที่มีอากาศร้อนและฝนตกชุก เป็นพืชอุตสาหกรรมที่สำคัญของประเทศไทย และกำลังได้รับความสนใจทั้งภาครัฐบาลและเอกชนที่จะพัฒนาให้เป็นพืชเศรษฐกิจเพื่อเป็นสินค้าส่งออก การปลูกมะม่วงหิมพานต์นอกจากเป็นการเพิ่มรายได้แก่เกษตรกรแล้วยังเป็นการเพิ่มการปลูกป่า ทำให้สภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อมดีขึ้น ปัจจุบันมะม่วงหิมพานต์ได้ปลูกกระจายไปทั่วประเทศ แต่ปลูกมากทางภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ผลมะม่วงหิมพานต์ มีลักษณะประหลาดเนื่องจาก ส่วนที่เป็นผลคือก้านของดอกที่ขยายตัวพองขึ้นและส่วนที่เป็นผลจริง ๆ คือ เมล็ดที่รูปร่างเหมือนไตติดอยู่ตรงปลายสุด เมื่อยังอ่อนจะมีสีเขียว และขยายเติบโตจนมีขนาดใหญ่กว่าผลใน เมื่อได้ขนาดก็หยุดเจริญเติบโตและเปลี่ยนสีเป็นสีเทา ส่วนที่เป็นผลปลอมก็เริ่มขยายตัวพองโตขึ้นจนใหญ่กว่าเมล็ด เมล็ดจะมีความยาวประมาณ 3 เซนติเมตร กว้าง 2-5 เซนติเมตร ถ้าผ่าเมล็ดออกเปลือกเมล็ดจะหนาราว 2-3 มิลลิเมตร เมล็ดในมีสีขาวประกบกัน 2 ซีก เป็นส่วนที่ใช้รับประทาน มีคุณค่าทางอาหารสูงใกล้เคียงไข่ นม เนื้อ ไม่เพิ่มไขมันในเส้นเลือดและตับ เป็นโปรตีนที่ย่อยง่ายที่สุด ดีกว่าพืชตระกูลถั่ว ส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ดมียางสีน้ำตาลอ่อนมีลักษณะเป็นกรดถ้าถูกผิวหนังจะทำให้พองเป็นแผลเปื่อย แต่มีประโยชน์สามารถนำมาสกัดได้กรดน้ำมัน ซึ่งมีประโยชน์ทางอุตสาหกรรมใช้ทำผ้าเบรค หมึกพิมพ์ สีทาบ้าน และอื่น ๆ รวมทั้งนำมาทำเชื้อเพลิงใช้แทนฟืนและถ่าน (www.ku.ac.th/e-magazine/december46/agri/mango.html)

มะม่วงหิมพานต์ (cashewnut)มีชื่อวิทยาศาสตร์ ว่า Anacardium occidentale มีถิ่นกำเนิดในประเทศบราซิล นักเดินเรือชาวโปรตุเกสนำไป ปลูก ในอินเดียและแอฟริกาในคริสต์ศตวรรษที่ 16 และได้ แพร่กระจายไปทั่วบริเวณเขตร้อนของโลก มะม่วงหิมพานต์เป็น ไม้ผลในวงศ์เดียวกับมะม่วง คือ family Anacardiaceae มะม่วงหิมพานต์เป็นไม้ผลอุตสาหกรรมชนิดหนึ่งที่มีการใช้ ประโยชน์ได้ทุกส่วนของต้น เช่น ยอดอ่อนใช้เป็นผัก ลำต้นและกิ่งใช้ทำถ่านและฟืน เปลือกลำต้นใช้ทำยาแผนโบราณแก้โรคความดันโลหิตสูง หรือนำมาเป็นสีย้อมผ้า ส่วนของผลปลอมใช้รับประทานและเป็นอาหารสัตว์ รวมทั้งใช้ผลิตแยม ไวน์ และน้ำส้มสายชู ในส่วนของเปลือกเมล็ดที่หนาและแข็งจะมีน้ำมันเป็นส่วนของกรดอะนาคาร์ดิก (anacardid acid) ร้อยละ 90 และสารการ์ดอล (cardol) ร้อยละ 10 ซึ่งเป็นพิษต่อผิวหนังมนุษย์ และสัตว์ แต่ก็สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ในอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ อุตสาหกรรมพลาสติก อุตสาหกรรมสี ในส่วนเยื่อหุ้มเนื้อในนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ ส่วนเนื้อในสุดของเมล็ด (kernel) เป็นส่วนที่ใช้รับประทาน และมีคุณค่า ทางอาหารสูงมาก มีไขมันร้อยละ 47

โปรตีนร้อยละ 21 แป้งร้อยละ 12 มีวิตามินและธาตุอาหารอื่นๆ อีกมากมาย (ดร.ปิยะ เฉลิมกลิ่น www.tistr.or.th)

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 อาจใช้วิธีเดียวกันกับการอบข้าวหรือว่านำไปอบด้วยเตาโรตาลี่ก็ได้ 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)

<u>เหมาะสำหรับ</u> ธุรกิจหมูย่างเกาหลี ร้านอาหาร ต้ม ปิ้ง ย่าง เป็นเชื้อเพลิงเหมือนถ่านไม้ทั่วไป

- 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 นอกจากจะเป็นการสร้างรายได้จากวัสดุเหลือใช้แล้ว 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 หันถังให้ช่องลมตรงทางลม 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

1) 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) และหาประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน (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 สำหรับเปลือกทุเรียนของสายพันธุ์ชะนีและหมอนทองตามลำดับ 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

3) 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 ใส่ถาดอลูมิเนียมที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้วนำไปอบในตู้ที่อุณหภูมิประมาณ 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

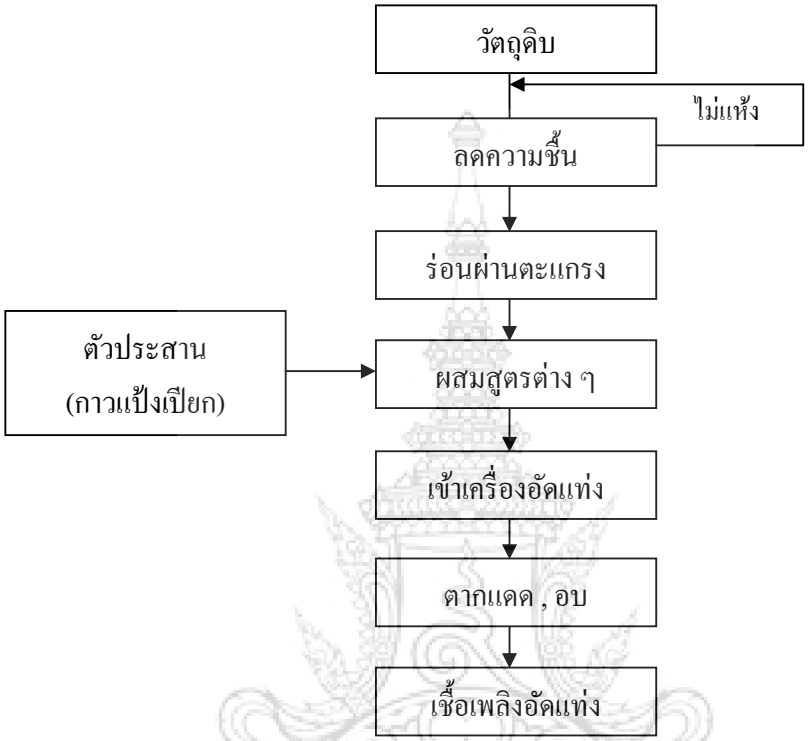
1.6 ถึง 2.8 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ทั้งนี้ ในการทดสอบความหนาแน่นของเปลือกทุเรียนอัดแท่งโดยการหาค่าการทนแรงอัด (Compressive Strength) นั้น ผลปรากฏว่า เปลือกทุเรียนอัดแท่งแบบอัดร้อนพันธุ์หมอนทอง มีค่าทนแรงอัดสูงที่สุด คือ เท่ากับ 60.2 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ส่วนแบบอัดเย็นทั้งสองสายพันธุ์มีค่าการทนแรงอัดต่ำ 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

2) การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ของยางพารา

เชื้อเพลิงเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในชีวิต ในปัจจุบันความต้องการใช้เชื้อเพลิงมากขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้เชื้อเพลิงขาดแคลนและมีราคาสูง (อนุชิต กิจสวัสดิ์, 2543) ในการทำสวนยางพารา พบว่า ไม้ยางพาราและเปลือกนอกของเมล็ดยางพารามีปริมาณมาก และวัสดุดังกล่าวไม่ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ นอกเหนือจากปล่อยให้ย่อยสลายเองตามธรรมชาติ 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

4. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

การออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดแท่งชานอ้อย ซึ่งเป็นการอัดแบบไม่ใช้ความร้อนโดยใช้เกลียวอัดและมีมอเตอร์ขนาด 220 โวลต์ เป็นต้นกำลังนั้น ได้นำมาทดลองผลิตชานอ้อยโดยมีกระบวนการผลิตชานอ้อยเป็นดังนี้



รูปที่ 1 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

4) 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 ดังนั้นการลดการใช้พลังงานหรือเปลี่ยนมาใช้พลังงานทดแทนในรูปอื่น จะช่วยทำให้เกิดผลดีต่อภาพรวมของประเทศเป็นอย่างมาก และปัจจุบันได้มีการค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับพลังงานทดแทนในหลาย ๆ รูปแบบเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ซึ่งจะทำให้เกิดเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่เหมาะสม และเป็นการลดการใช้พลังงานของประเทศลงได้

โครงการวิจัยนี้ เป็นการนำขี้เถ้าแกลบที่เป็นของเสียจากการเผาแกลบเพื่อนำไอความร้อนไปใช้สำหรับอบข้าวเปลือกสด ซึ่งเป็นขั้นตอนหนึ่งในการลดความชื้นให้ข้าวเปลือกก่อนที่จะนำไป

เข้ากระบวนการสีเป็นข้าวสาร ขั้นตอนการผลิตแท่งเชื้อเพลิงจะคำนึงถึงความเป็นไปได้ในการผลิตที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนจนเกินไป และใช้วัตถุดิบที่เป็นส่วนผสมที่หาง่ายราคาถูก เพื่อให้ต้นทุนการผลิตต่ำ ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัยนี้นอกจากจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับขี้เถ้าแกลบแล้ว ยังเป็นการส่งเสริมให้มีการผลิตถ่านจากขี้เถ้าแกลบ หรือจากวัตถุดิบอื่น ๆ เพื่อใช้ในครัวเรือนหรืออาจขยายผลไปในเชิงพาณิชย์ และยังเป็นการประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงที่ใช้ในครัวเรือน ผลของการศึกษานี้สามารถนำไปใช้กับกลุ่มอุตสาหกรรมหรือเกษตรกรรม ที่มีของเสียจากกระบวนการผลิตในลักษณะใกล้เคียงกันได้อีกด้วย

2. วัตถุประสงค์การศึกษา

1) เพิ่มมูลค่าให้กับขี้เถ้าแกลบ
2) ศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมของการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง ที่ใช้ส่วนผสมจากขี้เถ้าแกลบเป็นหลัก
3) ศึกษาและผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง ให้เป็นไปตามมาตรฐานสำหรับ นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์และในครัวเรือน
4) ส่งเสริมให้มีการนำขี้เถ้าแกลบกลับมาใช้ประโยชน์

3. วัตถุดิบและอุปกรณ์การศึกษา

ในการศึกษาจะใช้วัตถุดิบและอุปกรณ์หลัก สำหรับการผลิตแท่งเชื้อเพลิงดังนี้

3.1 ขี้เถ้าแกลบ

ด้วยโครงสร้างของแกลบที่มีสารประกอบซิลิเกต (Silicates :SiO_2) อยู่มากทำให้มีภาระในด้านการกำจัดขี้เถ้า แต่ก็มีการนำเอาขี้เถ้าแกลบไปทำประโยชน์อื่น ๆ เช่น เป็นส่วนผสมของวัสดุก่อสร้าง ทำผงขัดทำความสะอาด ฯลฯ ซึ่งจากการทดสอบคุณสมบัติของขี้เถ้าแกลบตามมาตรฐาน ASTM D3172 D3177 และ D5865 ซึ่งได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ 1 พบว่าขี้เถ้าแกลบยังมีค่าความร้อนเชื้อเพลิง (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 (kcal/kg)	3,530	7,970	7,760

สำหรับถ่านกะลามะพร้าวและถ่านซังข้าวโพด ถือว่าเป็นวัตถุดิบรองที่นำมาใช้ผสมกับขี้เถ้าแกลบ เมื่อนำมาทดสอบคุณสมบัติจะได้ผลแสดงในตารางที่ 1

3.2 เครื่องผลิตแท่งเชื้อเพลิง

ในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงจะใช้เครื่องอัดรีดด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นแบบรีดเย็นซึ่งจากการที่ได้มีการศึกษาที่ผ่านมา พบว่ากระบวนการเอ็กซ์ทรูชั่นแบบรีดเย็นจะใช้พลังงานจำเพาะต่ำ เพราะไม่ต้องการความร้อนในระหว่างการอัด แต่ต้องใช้ตัวประสานเพื่อทำหน้าที่ยึดเกาะวัตถุดิบให้คงรูปขณะขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิง นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยอีกมากมายที่ใช้กระบวนการอัดรีดเย็นผลิตแท่งเชื้อเพลิง จากวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ เช่น กะลาปาร์ม ไม้ยางพาราผสมกะลามะพร้าวและกะลาปาล์ม เครื่องผลิตแท่งเชื้อเพลิงจะมีลักษณะเป็นสกรูหมุนอัดอาศัยต้นกำลังจากมอเตอร์ 3 เฟส ขนาด 10 แรงม้า สกรูหมุนด้วยความเร็วประมาณ 140 รอบต่อนาที แท่งเชื้อเพลิงที่ผ่านการอัดรีดจะมีลักษณะทรงกระบอกกลวง มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกและภายในประมาณ 15 mm และ 40 mm ตามลำดับ สำหรับความยาวสามารถตัดได้ตามต้องการ

4. ขั้นตอนการศึกษา

4.1 การกำหนดสัดส่วนของแท่งเชื้อเพลิง

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

1) สัดส่วนการผสมผงขี้เถ้าแกลบกับผงถ่านซังข้าวโพด 30 : 70
2) สัดส่วนการผสมผงขี้เถ้าแกลบกับผงถ่านซังข้าวโพด 40 : 60
3) สัดส่วนการผสมผงขี้เถ้าแกลบกับผงถ่านซังข้าวโพด 50 : 50
4) สัดส่วนการผสมผงขี้เถ้าแกลบกับผงถ่านกะลามะพร้าว 30 : 70
5) สัดส่วนการผสมผงขี้เถ้าแกลบกับผงถ่านกะลามะพร้าว 40 : 60
6) สัดส่วนการผสมผงขี้เถ้าแกลบกับผงถ่านกะลามะพร้าว 50 : 50

สำหรับกรรมวิธีการผสม เริ่มจากนำวัตถุดิบในอัตราส่วนที่กำหนดข้างต้นรวมทั้งแป้งมันที่ผสมกับน้ำร้อน อุณหภูมิ 80-85 °C นำทั้งหมดมาผสมและคลุ กเคล้ากัน หลังจากนั้ นจึ งนำเข้าเครื่องอัดรีดให้เป็นแท่งเชื้อเพลิงและตัดตามขนาดที่ต้องการ และนำไปตากแดดประมาณ 1 วันเพื่อลดความชื้นจะได้แท่งเชื้อเพลิง

4.2 การทดสอบแรงกด

ในการทดสอบแรงกดโดย เครื่อง UTM (universal testing machine) ซึ่งเป็นการทดสอบแบบทำลาย โดยการเพิ่มแรงกดไปจนกระทั่งแท่งเชื้อเพลิงแตกหัก และประมวลผลของแรงสูงสุดจากโปรแกรมของเครื่อง และนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าที่ยอมรับได้ในเชิงพาณิชย์ซึ่งแรงกดที่ได้ก่อนแท่งเชื้อเพลิงจะแตกหักจะต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 0.375 MPa

4.3 การทดสอบค่าความร้อนเชื้อเพลิง

การทดสอบหาค่าความร้อนเชื้อเพลิง โดยใช้อุปกรณ์ oxygen bomb calorimeter โดยการนำค่าอุณหภูมิที่ได้จากการทดลอง มาคำนวณหาค่าความร้อนเชื้อเพลิงโดยอาศัยสมการที่ 1 ดังนี้

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

โดยที่ $Q_{\text{เชื้อเพลิง}}$ คือ ปริมาณความร้อนจากแท่งเชื้อเพลิง m_w คือ มวลของน้ำใน bucket m_{eq} คือ water equivalent ของ bomb calorimeter C_p คือ ความร้อนจำเพาะของน้ำ ΔT คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง Q_1 คือ ความร้อนที่เกิดจากขดลวดไฟฟ้า Q_2 คือ ความร้อนที่เกิดจากกรดไนตริก และ Q_3 คือ ความร้อนที่เกิดจากกรดซัลฟูริกในทางปฏิบัติค่า Q_2 และ Q_3 จะมีค่าน้อยมากดังนั้นสมมติให้เท่ากับศูนย์และเพื่อให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (ΔT) มีค่าความถูกต้องมากขึ้นจึงหาค่า ΔT จากสมการที่ 2 ดังนี้

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

โดยที่ a คือ เวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ b คือ เวลาตั้งแต่อุณหภูมิเริ่มสูงขึ้นจนถึง 60% ของอุณหภูมิทั้งหมด c คือ เวลาตั้งแต่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจนกระทั่งคงที่(สูงสุด – ต่ำสุด) T_a คือ อุณหภูมิเริ่มการเผาไหม้ T_c คือ อุณหภูมิที่จุดองศาเซลเซียส r_1 คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงก่อนการเผาไหม้ r_2 คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงหลังการจุดบอมบ์

4.4 จุดคุ้มทุน

เป็นระดับการผลิตหรือการขายระดับใดระดับหนึ่ง ที่ก่อให้เกิดรายได้รวม (Total revenues) เท่ากับ ต้นทุนรวม (total cost) นั่นคือ จุดที่ไม่มีผลกำไรหรือขาดทุนจากการดำเนินงาน ประเมินจากสมการที่ 3 ดังนี้

$$C = F + VN \qquad (3)$$

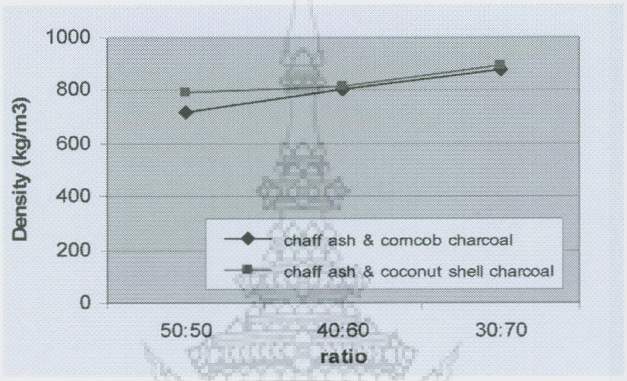
โดยที่ C คือ ค่าใช้จ่ายในการผลิต F คือ ต้นทุนคงที่ V คือ ต้นทุนแปรผันต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการผลิต เช่น ค่าแรง ค่าไฟฟ้า เป็นต้น N คือ จำนวนผลผลิต รายได้จากการขายแท่งเชื้อเพลิงคำนวณจากสมการที่ 4

$$R = I N \qquad (4)$$

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

5. ผลการทดลอง

5.1 ความหนาแน่น

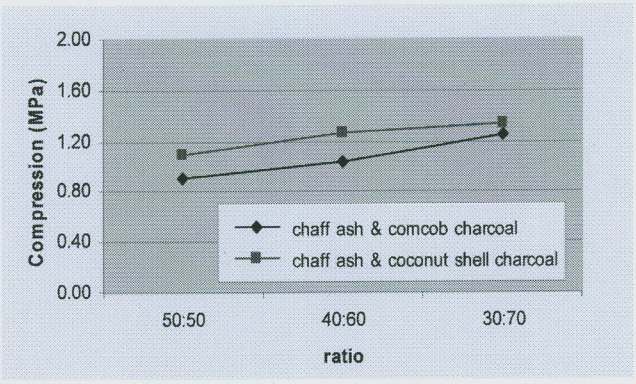


รูปที่ 1 ความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง

จากรูปที่ 1 แสดงให้เห็นถึงความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ กัน และพบว่าส่วนผสมของถ่านกะลามะพร้าวเมื่อผสมลงในขี้เถ้าแกลบจะให้ค่าความหนาแน่นสูงกว่าซังข้าวโพด ในทุก ๆอัตราส่วนผสมแต่จะต่างกันไม่มากนัก สาเหตุอาจเป็นเพราะความหนาแน่นปรากฏ (bulk density) ของผงกะลามะพร้าวมีค่ามากกว่าผงถ่านซังข้าวโพด

5.2 ความต้านทานแรงกด

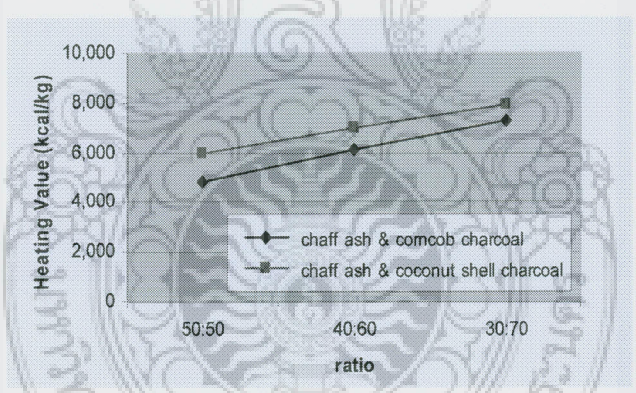
หลังจากผลิตแท่งเชื้อเพลิงตามอัตราส่วนผสมต่าง ๆ และได้นำมาทดสอบแรงกดจนได้ผลการทดสอบตามอัตราส่วนต่าง ๆ แสดงในรูปที่ 2 จากรูปความต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงที่ผสมถ่านกะลาจะมีค่ามากกว่าซังข้าวโพดเป็นเพราะผงถ่านกะลา จะมีอนุภาคใหญ่และแข็งแรงกว่าซังข้าวโพด สำหรับขี้เถ้าแกลบจะมีผลต่อแรงกดน้อยมากเพราะค่าถ่านคงตัว (fixed carbon) ในตัวขี้เถ้าแกลบมีค่าน้อยจึงทำให้รับแรงกดได้น้อย แต่จากการทดลองพบว่าทุกอัตราส่วนจะมีค่าสูงกว่าค่าที่ยอมรับได้ในเชิงพาณิชย์



รูปที่ 2 ผลการทดสอบแรงกดของแท่งเชื้อเพลิง

5.3 ค่าความร้อนเชื้อเพลิง

การทดสอบค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงโดย oxygen bomb calorimeterพบว่าค่าความร้อนแท่งเชื้อเพลิงนั้นจะมีค่าเปลี่ยนไปตามสัดส่วนการผสมของผงถ่านซังข้ าวโพด และผงถ่านกะลามะพร้าวที่เพิ่มขึ้นเพราะค่าความร้อนของผงถ่านซังข้าวโพดและผงถ่านกะลามะพร้าวจะมีค่าสูงกว่าขี้เถ้าแกลบและการทดลองทำให้เห็นว่า ทุก ๆ อัตราส่วนผสมของแท่งเชื้อเพลิงมีค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (5,000 kcal/kg) มีเพียงอัตราส่วนผสมของขี้เถ้าแกลบกับซังข้าวโพดในอัตราส่วนผสม 50:50 ที่ได้ค่าความร้อนต่ำกว่ามาตรฐานรูปที่ 3 แสดงค่าความร้อนเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้นตามสัดส่วนการผสมของซังข้าวโพดและถ่านกะลามะพร้าว



รูปที่ 3 ผลการทดสอบหาค่าความร้อนเชื้อเพลิง

5.4 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

ข้อมูลที่ใช้ในการการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนประกอบด้วย ราคาเครื่องรีดแท่งเชื้อเพลิง (ราคาเครื่องเก่า) 30,000 บาท กำลังการผลิตที่ 150 kg/ชม. ราคาขายแท่งเชื้อเพลิง 7 บาท/kg ค่าไฟฟ้าในการผลิตแท่งเชื้อเพลิง 0.173 บาท/kg ต้นทุนวัตถุดิบ 3.5 บาท/kg ชั่วโมงการผลิต 8 ชม./วัน ค่าแรงงานขั้นต่ำ 175 บาท/วัน ค่าแรงในการผลิต 0.15 บาท/kg จากข้อมูลประกอบข้างต้น ซึ่งเป็นส่วนผสมของขี้เถ้าแกลบกับถ่านกะลามะพร้าวอัตราส่วน 50: 50 สามารถวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนโดยอาศัยสมการที่ 3 และ 4 จะได้ปริมาณการผลิตที่คุ้มทุนที่ 9,448 kg สำหรับอัตราส่วนผสมอื่นจุดคุ้มทุนจะแตกต่างกันไม่มากนัก

6. สรุปผล

การศึกษาถึงการผลิตเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากชีวมวล โดยอาศัยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชั่นแบบอัดรีดเย็นโดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสานวัตถุดิบหลักที่ใช้ได้แก่ ขี้เถ้าแกลบที่ ได้จากการเผาแกลบในกระบวนการอบข้าวเปลือกในโรงสีข้าว โดยการนำมาบดผสมกับผงถ่านซังข้าวโพด และผงถ่านกะลามะพร้าวมีอัตราส่วนผสมอยู่ที่ 50:50 40:60 และ 30:70 โดยน้ำหนัก ส่วนแป้งมันจะนำไปผสมกับน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 - 85 °C โดยมีสัดส่วนการผสมต่อน้ำหนักวัตถุดิบเท่ากับ 1:10 จากการศึกษาพบว่าค่าความหนาแน่น ความต้านทานแรงกด จะแปรผันตามสัดส่วนการผสมของผงซังข้าวโพดและผงกะลามะพร้าวที่เปลี่ยนแปลงแต่จะแตกต่างกันไม่มากนักพบว่ามีค่าความร้อนเชื้อเพลิงเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 6,048 - 6,943 kcal/kg ความชื้นอยู่ระหว่าง 5.7 - 5.83 % (ข้อมูลการทดสอบจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย) ซึ่งมีค่าอยู่ในมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชน อัตราการผลิตแท่งเชื้อเพลิงเฉลี่ย 2.5 kg/min ที่ความเร็วรอบ 140 RPM ความหนาแน่นอยู่ในช่วง 800 - 833 kg/m^3 ค่าความต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงจะอยู่ในช่วง 1.07 - 1.23 MPa ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าที่ยอมรับได้ในเชิงพาณิชย์ จุดคุ้มทุนของการผลิตแท่งเชื้อเพลิงอยู่ที่ 9,448 kg อัตราการติดไฟของถ่านอยู่ที่ 1.5 – 2.5 ชม. จากข้อสรุปข้างต้นพบว่ามีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ในครัวเรือนหรือผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์

5) 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 โดยเศษถ่านเหล่านี้ยังมีศักยภาพที่จะทำการรวมก้อนเศษถ่านเหล่านั้นให้เป็นแท่งเชื้อเพลิงที่จะสะดวกต่อการนำไปใช้งานและการขนส่ง สำหรับวิธีการขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิงที่ได้รับการนิยมมีด้วยกันสองวิธี

5) 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 โดยเศษถ่านเหล่านี้ยังมีศักยภาพที่จะทำการรวมก้อนเศษถ่านเหล่านั้นให้เป็นแท่งเชื้อเพลิงที่จะสะดวกต่อการนำไปใช้งานและการขนส่ง สำหรับวิธีการขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิงที่ได้รับการนิยมมีด้วยกันสองวิธี คือการอัดด้วยเทคนิคเอกซ์ทรูชัน และการอัดด้วยไฮดรอลิก ซึ่งในกระบวนการอัดรีดด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชันจะสามารถอัดได้อย่างต่อเนื่อง และสามารถทำได้สะดวกกว่าการอัดด้วยไฮดรอลิก สำหรับกระบวนการเอกซ์ทรูชัน สามารถแบ่งออกได้ 2 แบบ คือ กระบวนการอัดรีดร้อนและกระบวนการอัดรีดเย็น โดยกระบวนการอัดรีดร้อนจะใช้กับวัตถุดิบที่มีลิกนินเป็นส่วนประกอบ เช่น ขี้เลื่อย แกลบ เป็นต้น ซึ่งในการให้ความร้อนระหว่างกระบวนการอัดรีดจะทำให้ลิกนินที่มีอยู่ในวัตถุดิบละลายออกมา และยึดเกาะวัตถุดิบให้คงรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิง แต่ในกระบวนการอัดรีดเย็นนั้นไม่ต้องการความร้อนในระหว่างการอัด แต่จะต้องใช้ตัวประสานเพื่อทำหน้าที่ยึดเกาะวัตถุดิบให้คงรูปในขณะขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิง โดยจากการทดลองที่ผ่านมาของฐานิตย์และคณะ ซึ่งทำการทดลองผลิตเชื้อเพลิงแท่งแข็งจากขี้เลื่อยด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชันแบบรีดร้อนโดยใช้ขดลวดความร้อนเป็นตัวให้ความร้อน ซึ่งพบว่าอัตราการผลิตแท่งเชื้อเพลิงต่ำและใช้พลังงานจำเพาะสูงรวมถึงมีขั้นตอนที่ยุ่งยากนอกจากนี้ยังมีงานวิจัยจำนวนมากใช้กระบวนการอัดรีดเย็นในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ เช่น กะลามะพร้าว ถ่านหินแอนทราไซท์ กะลาปาล์ม สำหรับตัวประสานที่มีการใช้ในกระบวนการอัดรีดเย็นมีด้วยกันหลายชนิด เช่น โมลาส ฟางข้าวหมัก แป้งเปียก แอสฟัลต์ เป็นต้น ซึ่งตัวประสานแต่ละชนิดจะให้คุณสมบัติในการใช้งานที่แตกต่างกัน โดยโมลาสจะให้ความแข็งแรงกับแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้เป็นอย่างดีและไม่มีควันเมื่อ

นำไปเผาไหม้ 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 หลังจากผสมวัตถุดิบเสร็จแล้วนำวัตถุดิบมาอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงโดยเดินเครื่องผลิตแท่งเชื้อเพลิง โดยทำการป้อนวัตถุดิบลงในเครื่องผลิตแท่งเชื้อเพลิงซึ่งในระหว่างทำการผลิตแท่งเชื้อเพลิงจะต้องทำการวัดปริมาณกระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ในการอัดแท่งเชื้อเพลิงและวัดอัตราการผลิตแท่งเชื้อเพลิงของแต่ละเงื่อนไขเพื่อนำไปหาค่าพลังงานที่ใช้ในการอัดจำเพาะ เมื่อผลิตแท่งเชื้อเพลิงได้จะนำแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้บางส่วนมาทำการบดเพื่อที่จะนำไปหาค่าความชื้นเริ่มต้นของเชื้อเพลิงแต่ละเงื่อนไขที่ทำการทดลองเมื่อทราบค่าความชื้นเริ่มต้นแล้วนำแท่งเชื้อเพลิงที่อัดได้ที่เหลือจากการหาค่าความชื้นเริ่มต้นมาทำการอบให้เหลือความชื้นประมาณ 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

6) 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 และใช้โมลาสประสานจะให้ค่าความร้อน 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% $_{\text{wet-bulk}}$ 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 แต่สูตรผสมแบบที่มีแกลบเป็นส่วนผสมที่มีผลทำให้

ค่าความหนาแน่นลดลง 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

ตารางที่ 1 แสดงสมบัติทางกายภาพโดยเฉลี่ยของแท่งเชื้อเพลิงจำแนกในส่วนผสมต่าง ๆ

สูตรผสม	ความหนาแน่น	ค่าความร้อน		มวลเถ้า
	(kg/m^3)	kcal/kg	MJ/kg	$(\%)_{db}$
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 และพบว่าการนำเปลือกทุเรียนมาผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิงเขียวจะให้ค่าความร้อนสูงสุด

ตารางที่ 2 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 จากการศึกษาศักยภาพ

พลังงานความร้อนจากวัสดุปาล์มในภาคใต้ 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 $2,818 \pm 103$ 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

7) 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 สำหรับการปลูกยางพาราเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมผลิตน้ำยางพารานั้นเมื่อไม้ยางพารามีอายุครบ 25 ปีขึ้นไป หรือยางพาราสวนนั้น ๆ ให้ผลผลิตน้ำยางพาราลดลงจะมีการตัดฟันเพื่อขายเนื้อไม้ ส่วนตอรากยางพาราซึ่งมีมากกว่าปีละ 12 ล้านตอรากนั้นมีการเผาทำลายเป็นส่วนใหญ่ คิดเป็นพื้นที่หลายหมื่นไร่ต่อปี 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 ปล่อยให้การเผาถ่านดำเนินต่อไปจนกระทั่งควันใสและปล่องควันแห้งสนิทจึงปิดหน้าเตา

และปิดปล่องควันจนครบทุกปล่องเป็นการยุติการเผาถ่าน การศึกษาผลผลิตถ่านตอรากยางพาราทำโดยชั่งน้ำหนักถ่านก้อน ถ่านป่น ถ่านหรือหัวถ่าน (ถ่านที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์) และขี้เถ้า

สำหรับการสุ่มตัวอย่างตอรากยางพาราและถ่านตอรากยางพารา เพื่อไปหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น ค่าความร้อน วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ค่าความหนาแน่น และหาประสิทธิภาพการใช้งานหุงต้มกับเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง กรมป่าไม้ กปม.1 (เตาถ่าน) นั้น ใช้วีการสุ่มตัวอย่างด้วยแผนแบบการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (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

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

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

$$\text{ปริมาณคาร์บอนเสถียร (\%)} = 100 - \text{ปริมารความชื้น (\%)} - \text{ปริมาณสารระเหยได้ (\%)} - \text{ปริมาณขี้เถ้า}$$

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

3. ประสิทธิภาพการใช้งานหุงต้มของถ่านตอรากยางพาราเปรียบเทียบกับเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงกรมป่าไม้ กปม. 1 (เตาถ่าน)

การหาประสิทธิภาพการใช้งานหุงต้มของถ่านตอรากยางพารา ทำโดยการทดสอบการต้มน้ำ ซึ่งใช้หม้อต้มน้ำอลูมิเนียมเบอร์ 24 พร้อมฝา กับเตาที่ใช้ทดสอบเป็นเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงกรม

ป่าไม้ 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

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

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

$$Hu = \frac{[MC_p (T_2-T_1)] + [(M-M_1)L] \times 100}{(M_fH_1 + M_kH_2)}$$

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 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 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) ทั้งนี้เนื่องจากการเผาถ่านเตาอิฐก่อนั้นเป็นการทำให้ไม้กลายเป็นถ่านด้วยวิธีการอบไม้ให้เป็นถ่าน (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

ตารางที่ 2 ค่าความร้อนของถ่านตอรากยางพาราที่เผาด้วยเตาอิฐก่อ

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

ตารางที่ 3 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

ตารางที่ 4 ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านตอรากยางพาราที่ได้จากเตาอิฐก่อ

ค่าที่ใช้ในการคำนวณและผลรับที่ได้	หน่วย	ถ่านตอรากยางพารา		
		เตาอิฐก่อ		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
น้ำหนักของน้ำที่ระเหยไป	กรัม	790	905	847.50
น้ำหนักน้ำเหลืออยู่	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
อุณหภูมิของน้ำก่อนตั้งไฟ	°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

ตารางที่ 4 ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านตอรากยางพาราที่ได้จากเตาอิฐก่อ (ต่อ)

ค่าที่ใช้ในการคำนวณและผลรับที่ได้	หน่วย	ถ่านตอรากยางพารา		
		เตาอิฐก่อ		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
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

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการ

1. เก็บตัวอย่างเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่เป็นของเหลือทิ้งจากภาคเกษตร จากจังหวัดระนอง ซึ่งเกษตรที่ปลูกมะม่วงหิมพานต์ได้นำส่วนของเนื้อในที่ใช้รับประทานได้ออกแล้ว

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

อุปกรณ์

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

วิธีการดำเนินการ

1. ศึกษาการเผาเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ด้วยเตาเผาแบบต่าง ๆ

1.1 เตาถ่านแบบเตาอังโล่ โดยการนำเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หนัง 1 กิโลกรัม ใส่เตาเผาจุดไฟเผาปล่อยให้เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ลุกไหม้ติดไฟประมาณ 30 นาที ปิดฝาเตาให้มิดชิดเพื่อไม่ให้ออกซิเจนเข้าไปในเตาได้ ใช้เวลาในการเผานาน 2 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นเปิดฝาเตา จะได้ถ่านเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์คงรูปลักษณะเดิม และมีบางส่วนเป็นเถ้าเมื่อนำมาชั่งน้ำหนักได้ถ่านเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ 400 กรัม ดังรูปที่ 1-4

รูปที่ 1 เปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

รูปที่ 2 เตาเผาแบบอังโล่

รูปที่ 3 ปิดฝาเตา

รูปที่ 4 ถ่านเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

1.2 เตาเผาอุณหภูมิสูง (muffle furnace) เตาเผาลักษณะนี้จะควบคุมอุณหภูมิและตั้งเวลาในการเผาได้ตามต้องการ โดยการนำเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หนัก 1 กิโลกรัม ใส่ในโถกระเบื้องพร้อมฝาปิดแล้วนำเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะได้ถ่านเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์คงรูปลักษณะเดิม ไม่มีเถ้า แต่มีน้ำมันสีดำมีความเหนียวอยู่ที่ก้นโถกระเบื้อง ทำให้ถ่านเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ส่วนนี้ไม่สามารถนำมาใช้ต่อได้ในการเผาด้วยเตาเผาแบบนี้ ต้องใช้ตะแกงลวดลองที่ก้นโถกระเบื้องเพื่อให้น้ำมันที่ออกจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์กรองอยู่ด้านล่าง ส่วนเปลือกที่เผาจนเป็นถ่านจะอยู่ด้านบนนำมาชั่งน้ำหนักได้ 381 กรัม ดังรูปที่ 5-8

รูปที่ 5 เตาเผาแบบอุณหภูมิสูง

รูปที่ 6 เปลือกก่อนเข้าเตาเผา

รูปที่ 7 เผาเปลือกนาน 1.30 ชั่วโมง

รูปที่ 8 ถ่านเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

1.3 เตาเผาแบบแผ่นเหล็ก เตาเผาชนิดนี้ใช้แผ่นเหล็กมาสร้างเป็นเตารูปสี่เหลี่ยมมีขาตั้ง มีประตูปิดเปิดและมีปล่องควัน เพื่อควบคุมออกซิเจน โดยการนำเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หนัก 1 กิโลกรัม ใส่ตะแกรงลวดจุดไฟเข้าเตาเผาให้เปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ลุกไหม้ติดไฟแล้วนำตะแกรงลวดใส่ในเตาเผาปล่อยให้ไฟลุกไหม้นาน 30 นาที จึงปิดฝาเตา เผาต่อไปอีก 30 นาที ปิดปล่องควันไม่ให้ออกซิเจนเข้าไปในเตาเผาได้รวมใช้เวลาในการเผานาน 2 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็น เปิดฝาเตา จะได้ถ่านเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์คงรูปลักษณะเดิม และมีบางส่วนเป็นเถ้า เมื่อนำมาชั่งน้ำหนักได้ถ่านเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ 375 กรัม ดังรูปที่ 9-12

รูปที่ 9 เตาเผาแบบแผ่นเหล็ก

รูปที่ 10 เผาเปลือกนาน 2 ชั่วโมง

รูปที่ 11 เปิดเตาเผา

รูปที่ 12 ถ่านเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

2. ศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

2.1 นำถ่านเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ที่ได้จากการเผาในข้อ 1 มาบดด้วยเครื่องบดละเอียดจนเป็นผงถ่าน

2.2 เตรียมตัวประสานแป้งเปียกโดยใช้แป้งมันผสมน้ำร้อนเป็นตัวประสาน

2.3 ผสมผงถ่านกับกาวแป้งเปียกในอัตราส่วนต่าง ๆ เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมในการนำมาผลิตถ่านอัดแท่ง

สูตรที่ 1 ละลายแป้งมัน 200 กรัม ในน้ำ 1 ลิตร ต้มให้ละลายเข้ากันเทกาวแป้งเปียกลงในผงถ่าน 1 กิโลกรัม (ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน นำไปเข้าเครื่องอัดแท่งด้วยเครื่องอัดมือ ได้ถ่านอัดแท่งขนาดแท่งละประมาณ 4.5 ซม. จำนวน 44 ก้อน น้ำหนักเฉลี่ยก้อนละ 42.49 กรัม นำถ่านอัดแท่งไปตากแดดจนแห้งสนิทใช้เวลาประมาณ 3 วัน นำมาชั่งอีกครั้งเหลือน้ำหนักก้อนละ 25.56 กรัม

สูตรที่ 2 ละลายแป้งมัน 300 กรัม ในน้ำ 1 ลิตร ต้มให้ละลายจนเป็นกาวแป้งเปียก เทกาวแป้งเปียกลงในผงถ่าน 2 กิโลกรัม เติมกลีเซลีน 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผสมคลุกเคล้า ให้เข้ากัน นำไปเข้าเครื่องอัดแท่งด้วยเครื่องอัดมือ ได้ถ่านอัดแท่งจำนวน 75 ก้อน น้ำหนักก้อนละประมาณ 43.78 กรัม นำถ่านอัดแท่งที่ได้ไปตากแดดจนแห้งสนิท ใช้เวลา 5 วัน นำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งเหลือน้ำหนักคงที่ก้อนละประมาณ 25.39 กรัม ดังรูปที่ 13-20

รูปที่ 13 ถ่านเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์บดละเอียด

รูปที่ 14 แป้งมัน

รูปที่ 15 กาวแป้งเปียก

รูปที่ 16 ผสมผงถ่านกับกาวแป้งเปียก

รูปที่ 17 ส่วนผสมถ่านอัดแท่ง

รูปที่ 18 อัดแท่งด้วยเครื่องอัดมือ

รูปที่ 19 ก้อนถ่านอัดแท่ง

รูปที่ 20 ก้อนถ่านอัดแท่งที่ตากแดดจนแห้ง

จากการศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ทั้ง 2 สูตร ได้ถ่านอัดแท่งที่มีความแข็ง ไม่เปาะแตกหักง่ายคงรูปเป็นแท่งถ่าน

3. ประเมินคุณภาพและคุณสมบัติของเชื้อเพลิง โดยใช้การวิเคราะห์ค่าความร้อน และการหาองค์ประกอบทางเคมีของถ่านอัดแท่งเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ โดยการส่งตัวอย่างถ่านอัดแท่งสูตรที่ 1 ไปตรวจวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนเสถียร (คาร์บอนคงตัว) ปริมาณเถ้า ปริมาณความชื้น และค่าความร้อน ส่วนสูตรที่ 2 ส่งตรวจวิเคราะห์ค่าความร้อนที่โครงการเคมีกรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยใช้วิธีทดสอบตามกรรมวิธีของ ASTM D 3172-07a , ASTM D 3174-04 , ASTM d 3173-03 (2008) และ ASTM D 5865-07 ตามลำดับ ส่วนสูตรที่ 2 ทดสอบโดยกรรมวิธีของ ASTM D 5865-07a

4. ศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมหานต์

นำถ่านอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ตากแดดจนแห้งสนิท มาศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานหุงต้ม โดยทดสอบการต้มน้ำ ซึ่งใช้หม้อต้นน้ำอะลูมิเนียมเบอร์ 20 พร้อมฝา กับเตาหุงต้มใช้น้ำ 1525.90 กรัม (ปริมาตรของน้ำประมาณ ¾ ของปริมาณความจุของหม้อ) และน้ำหนักถ่านอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ 500 กรัม ทำการทดลองในห้องที่ไม่มีลมพัด สังเกตการณ์แตกปะทุของถ่าน ปริมาณควันของถ่านขณะติดไฟ วัดอุณหภูมิของน้ำจนกระทั่งน้ำเดือด แล้วบันทึกเวลาที่ใช้ไปพร้อมทั้งเปิดฝาหม้อ จากนั้นปล่อยให้น้ำเดือดต่อไปอีก 30 นาที (จิระพงษ์ คูหากาญน์)

คำนวณค่างานที่ได้ อัตราการเผาไหม้ และประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ดังนี้

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

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

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

เมื่อ Hu = ประสิทธิภาพการใช้งาน (%)

M = น้ำหนักน้ำเริ่มต้น (กรัม)

M_1 = น้ำหนักน้ำที่เหลืออยู่ (กรัม)

M_f = น้ำหนักเชื้อเพลิง (ถ่านอัดแท่งเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์)

M_k = น้ำหนักเชื้อไฟ (เศษไม้ กิ่งไม้แห้ง)

C_p = ความร้อนจำเพาะของน้ำ เท่ากับ 1 แคลอรี / กรัม

T_1 = อุณหภูมิของน้ำก่อนตั้งไฟ (องศาเซลเซียส)

T_2 = อุณหภูมิของน้ำเดือด (องศาเซลเซียส)

L = ความร้อนแฝงของน้ำ เท่ากับ 540 แคลอรี/กรัม

H_1 = ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (ถ่านอัดแท่งเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์)

H_2 = ค่าความร้อนของเชื้อไฟซึ่งมีค่า 4280 แคลอรี/กรัม

ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (ค่าเฉลี่ย

สูตรที่ 1)

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

แทนค่า = $\frac{776.39 \text{ กรัม}}{500 \text{ กรัม}}$

= 1.55 กรัม

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

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

= 11.23955 กรัมต่อนาที

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

แทนค่า $= \frac{[1525.90 \times 1 (95-32)] + [(1525.90 - 749.52) \times 540] \times 100}{(500 \times 6022 + 20 \times 4280)}$

$= \frac{[1525.90 \ (63)] + [776.38 \times 540] \times 100}{3011000 + 85600}$

$= \frac{[96131.7 + 419245.2] \times 100}{3096600}$

$= \frac{515376.9 \times 100}{3096600}$

$= 16.64$

ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ สูตรที่ 1 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 16.64

ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (ค่าเฉลี่ย สูตรที่ 2)

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

แทนค่า $= \frac{804.11 \text{ กรัม}}{500 \text{ กรัม}}$

$= 1.608 \text{ กรัม}$

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

แทนค่า $= \frac{500 \text{ กรัม}}{42 \text{ นาที}}$

= 11.9047 กรัมต่อนาที

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

แทนค่า = $\frac{[1500 \times 1 (95-32.5)] + [(1500 - 695.89) \times 540] \times 100}{(500 \times 5689 + 20 \times 4280)}$

= $\frac{[1500 \times 62.50] + [804.11 \times 540] \times 100}{2844500 + 85600}$

= $\frac{[93750 + 434219.4] \times 100}{2844500 + 85600}$

= $\frac{527969.4 \times 100}{2930100}$

= 18.01

ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ สูตรที่ 2 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 18.01

ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของถ่านเชื้อเพลิงจากถ่านไม้ (ถ่านไม้ซื้อจากตลาดใส่ถุงขายถุงละ 20 บาท)

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

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

= 10 กรัมต่อนาที

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

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

= 1.64 กรัม

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

แทนค่า = $\frac{[1525.90 \times 1 (95-33.5)] + [(1525.90 - 701.13) \times 540] \times 100}{(500 \times 7500 + 20 \times 4280)}$

= $\frac{[1525.90 \times 61.5] + [824.77 \times 540] \times 100}{3750000 + 85600}$

= $\frac{[93842.85] + [445375.8] \times 100}{3835600}$

= $\frac{539218.65 \times 100}{3835600}$

= 14.05

ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านไม้ (ซื้อจากท้องตลาด) มีค่าร้อยละ 14.05

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการศึกษา

1. การเผาเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ด้วยเตาเผาแบบอังโล่ ได้ถ่านเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์มีรูปร่างลักษณะเดิม มีไหม้เป็นขี้เถ้าบ้างเล็กน้อย ส่วนเตาเผาอุณหภูมิสูงได้ถ่านเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์มีรูปร่างลักษณะเดิม คงรูปไม่เปาะ ไม่มีขี้เถ้า แต่มีส่วนที่เป็นน้ำมันเหนียว ๆ สีดำ ส่วนเตาเผาแบบแผ่นเหล็กได้ถ่านเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์มีรูปร่างลักษณะเดิม และมีไหม้เป็นขี้เถ้ามากกว่าเตาเผาแบบอื่นๆ

2. การผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ โดยใช้ส่วนผสมของผงถ่าน แป้งมัน และน้ำ โดยทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสม จนได้สูตรที่เหมาะสมในการอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้เป็นสูตรที่ 1 ส่วนสูตรที่ 2 ทดลองใช้ ผงถ่าน แป้งมัน กลีเซอลีน และน้ำ อัดเป็นแท่งด้วยเครื่องอัดมือได้แท่งเชื้อเพลิงจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในการทดลองนี้ 2 สูตร ในสูตรที่ 1 ใช้ผงถ่านหนัก 1 กิโลกรัมอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้ 44 ก้อน น้ำหนักเฉลี่ยก้อนละ 42.49 กรัม นำไปตากแดดจนแห้งสนิทใช้เวลา 3-5 วัน นำมาชั่นน้ำหนักเหลือน้ำหนักก้อนละ 25.56 ส่วนสูตรที่ 2 ใช้ผงถ่าน 2 กิโลกรัมอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้ 75 ก้อน น้ำหนักเฉลี่ยก้อนละ 43.78 กรัม นำไปตากแดดให้แห้งสนิทใช้เวลาประมาณ 5-7 วัน ทดลองใช้มือบีบก้อนถ่านทั้งสองสูตร พบว่าสูตรที่ 1 ก้อนถ่านแห้งสนิทไม่แตกหักแข็งคงรูปเป็นแท่งถ่าน ส่วนสูตรที่ 2 บีบแล้วไม่แตกหักเหมือนสูตรที่ 1 แต่ต้องใช้เวลาในการตากแดดนานกว่าสูตรที่ 1

3. การประเมินคุณภาพ และคุณสมบัติของเชื้อเพลิง โดยใช้การวิเคราะห์หาค่าความร้อนและการหาองค์ประกอบทางเคมีของถ่านอัดแท่งเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์คือ

1. ปริมาณคาร์บอนเสถียร (Fixed carbon content) คือส่วนของสารอินทรีย์ที่เหลืออยู่ในถ้วยเผา หลังจากหักสารระเหยได้และขี้เถ้าออกไปแล้วคาร์บอนเสถียรนี้ประกอบด้วย ธาตุคาร์บอนเป็นส่วนใหญ่ ผลการทดสอบถ่านอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ มีคาร์บอนเสถียรร้อยละ 49.2

2. ปริมาณเถ้า (Ash content) คือส่วนของสารอนินทรีย์ที่เหลือจากการสันดาปถ่านในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 750 °C นาน 6 ชั่วโมง (จิระพงษ์ 2546) ผลการทดลองถ่านอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ มีปริมาณเถ้าร้อยละ 4.2

3. ปริมาณความชื้น (Moisture content) คือการอบถ่านที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรืออบจนกระทั่ง น้ำหนักของตัวอย่างคงที่ผลการทดสอบถ่านอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์มีปริมาณความชื้น ร้อยละ 6.6 ซึ่งปริมาณความชื้นในถ่านอัดแท่งจะมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพในการใช้งาน และความสามารถในการจุดติดไฟน้อยลง

4. ค่าความร้อน (Calorific value) คือปริมาณความร้อนที่ถูกปล่อยจากการเผาไหม้โดยสมบูรณ์ของสาร ผลการทดสอบถ่านอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ สูตรที่ 1 มีค่าความร้อน 6022 แคลอรี่ต่อกรัม ส่วน สูตรที่ 2 มีค่าความร้อน 5689 แคลอรี่ต่อกรัม ดังผลการรายงานการทดสอบ ต่อไปนี้

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

รายงานการทดสอบ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง	เครื่องหมาย / ตรา	หมายเลขปฏิบัติการ
เชื้อเพลิงอัดแท่ง สูตร 1	-	L53/04096.1

ผลการทดสอบ

ความชื้น	ร้อยละ	6.6
เถ้า	ร้อยละ	4.2
สารที่ระเหยได้	ร้อยละ	40.0
คาร์บอนคงตัว	ร้อยละ	49.2
กำมะถัน (S)	ร้อยละ	0.01
ค่าความร้อนแบบกรอส (gross)	แคลอรีต่อกรัม	6022

ชื่อผู้ใช้บริการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ที่อยู่ผู้ใช้บริการ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ

ลักษณะตัวอย่าง ของแข็งสีดำ

วันที่ทดสอบ 31 พฤษภาคม – 4 มิถุนายน 2553

วิธีทดสอบ ASTM D 3173-03 (2008), ASTM D 3174-04, ASTM D3175-07, ASTM D 3172-07a, ASTM D 3177-02 (2007) และ ASTM D 5865-07a ตามลำดับ

หมายเหตุ ผลการทดสอบคำนวณจากสภาพของตัวอย่างตามที่ได้รับ

ผู้รับรอง	ผู้รายงาน
(นางสาวกานดา โกมลวัฒนชัย)	(นายวชิรพันธุ์ พันธุ์กระวี)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ	นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

รายงานการทดสอบ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง	เครื่องหมาย / ตรา	หมายเลขปฏิบัติการ
เชื้อเพลิงอัดแท่ง สูตร 2	-	L53/04096.2

ผลการทดสอบ

ค่าความร้อนแบบกรอส (gross)	แคลอรีต่อกรัม	5689

ชื่อผู้ใช้บริการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ที่อยู่ผู้ใช้บริการ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ

ลักษณะตัวอย่าง ของแข็งสีดำ

วันที่ทดสอบ 1– 3 มิถุนายน 2553

วิธีทดสอบ ASTM D 5865-07a

หมายเหตุ ผลการทดสอบคำนวณจากสภาพของตัวอย่างตามที่ได้รับ

ผู้รับรอง	ผู้รายงาน
(นางสาวกานดา โกมลวัฒนชัย)	(นายวชิรพันธุ์ พันธุ์กระยี)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ	นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

4. ประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ถ่านเชื้อเพลิงที่ได้จากสูตรที่ 1 สามารถทำให้น้ำ 1525.90 กรัม เดือดในเวลาเฉลี่ย 14.5 นาที อัตราการเผาไหม้เฉลี่ย 11.24 กรัม/นาที ค่าประสิทธิภาพการใช้งานเฉลี่ย 16.72% ถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์มีการติดไฟดีมาก ไม่มีการแตกปะทุ มีควันเล็กน้อย ไม่มีเขม่า ขณะใช้งาน ส่วนถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์สูตรที่ 2 สามารถทำให้น้ำ 1500 กรัม เดือดในเวลาเฉลี่ย 12 นาที อัตราการเผาไหม้เฉลี่ย 11.90 กรัม/นาที ค่าประสิทธิภาพการใช้งานเฉลี่ย 18.01 % ถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์มีการติดไฟดี ไม่มีการแตกปะทุ มีควัน และมีเขม่าบ้างเล็กน้อย ขณะใช้งาน จึงจัดว่าถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์สูตรที่ 2 ไม่เหมาะสำหรับใช้งานหุงต้มในครัวเรือนเท่ากับสูตรที่ 1 ดังแสดงในตารางที่ 1 และ ตารางที่ 2

5. เปรียบเทียบประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ กับถ่านเชื้อเพลิงจากไม้พบว่า ถ่านเชื้อเพลิงจากไม้สามารถทำให้น้ำ 1525.90 กรัม เดือดในเวลาเฉลี่ย 14.5 นาที อัตราการเผาไหม้เฉลี่ย 10 กรัม/นาที ค่าประสิทธิภาพการใช้งานเฉลี่ย 11.65% ถ่านเชื้อเพลิงจากไม้ มีการติดไฟดี ไม่มีเขม่า มีควันเล็กน้อย และมีการแตกปะทุของถ่านขณะใช้งาน ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 1 ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (สูตรที่ 1)

ถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่ง จากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์			
ค่าที่ใช้ในการคำนวณและผลที่ได้รับ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
น้ำหนักของน้ำที่ระเหยไป	799.30 g	753.47 g	776.39 g
น้ำหนักน้ำที่เหลืออยู่	726.60 g	772.43 g	749.52 g
น้ำหนักถ่านที่ใช้สุทธิ	500 g	500 g	500 g
ระยะเวลาที่ใช้จนน้ำเดือด	14 นาที	15 นาที	14.5 นาที
ระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด	44 นาที	45 นาที	44.5 นาที
อุณภูมิของน้ำก่อนตั้งไฟ	32 °C	32°C	32°C
ค่าความร้อนจากการสันดาปของเชื้อเพลิง	4280 cal/g	4280 cal/g	4280 cal/g
งานที่ทำได้	1.60	1.51	1.56
อัตราการเผาไหม้	11.36 g/นาที	11.11 g/นาที	11.24 g/นาที
ค่าประสิทธิภาพการใช้งาน	17.04 %	16.24 %	16.64 %
การแตกประทุของถ่าน	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
การติดไฟ	ดีมาก	ดีมาก	ดีมาก
ควัน	มีเล็กน้อย	มีเล็กน้อย	มีเล็กน้อย
เขม่า	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี

ตารางที่ 2 ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (สูตรที่ 2)

ถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่ง จากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์			
ค่าที่ใช้ในการคำนวณและผลที่ได้รับ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
น้ำหนักของน้ำที่ระเหยไป	832.47g	775.75 g	804.11 g
น้ำหนักน้ำที่เหลืออยู่	667.53g	724.25 g	695.89 g
น้ำหนักถ่านที่ใช้สุทธิ	500 g	500 g	500 g
ระยะเวลาที่ใช้จนน้ำเดือด	12 นาที	12 นาที	12 นาที
ระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด	42 นาที	42 นาที	42 นาที
อุณภูมิของน้ำก่อนตั้งไฟ	33°C	32°C	32.5°C
ค่าความร้อนจากการสันดาปของเชื้อเพลิง	4280 cal/g	4280 cal/g	4280 cal/g
งานที่ทำได้	1.66	1.55	1.61
อัตราการเผาไหม้	11.90 g/นาที	11.90 g/นาที	11.90 g/นาที
ค่าประสิทธิภาพการใช้งาน	18.51 %	17.52 %	18.01 %
การแตกประทุของถ่าน	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
การติดไฟ	ดี	ดี	ดี
ควัน	มีเล็กน้อย	มีเล็กน้อย	มีเล็กน้อย
เขม่า	มีเล็กน้อย	มีเล็กน้อย	มีเล็กน้อย

ตารางที่ 3 ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านเชื้อเพลิงจากไม้

ถ่านเชื้อเพลิงจากไม้			
ค่าที่ใช้ในการคำนวณและผลที่ได้รับ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
น้ำหนักของน้ำที่ระเหยไป	836.18g	813.36 g	824.77 g
น้ำหนักน้ำที่เหลืออยู่	689.72g	712.549 g	701.13 g
น้ำหนักถ่านที่ใช้สุทธิ	500 g	500 g	500 g
ระยะเวลาที่ใช้จนน้ำเดือด	15 นาที	14 นาที	14.5 นาที
ระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด	50 นาที	50 นาที	50 นาที
อุณภูมิของน้ำก่อนตั้งไฟ	34°C	33°C	32.5°C
ค่าความร้อนจากการสันดาปของเชื้อเพลิง	4280 cal/g	4280 cal/g	4280 cal/g
งานที่ทำได้	1.67	1.62	1.64
อัตราการเผาไหม้	10 g/นาที	10 g/นาที	10 g/นาที
ค่าประสิทธิภาพการใช้งาน	11.67 %	11.63 %	11.65 %
การแตกประทุของถ่าน	มี	มี	มี
การติดไฟ	ดี	ดี	ดี
ควัน	มีเล็กน้อย	มีเล็กน้อย	มีเล็กน้อย
เขม่า	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เพื่อเป็นแนวทางการใช้ประโยชน์จากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร มาผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง แทนการใช้เชื้อเพลิงจากฟืนและถ่านไม้จากธรรมชาติ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. เปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ที่เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร สามารถนำมาเผาในเตาที่ควบคุมออกซิเจนได้ถ่านเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ นำมาบดเป็นผงและผสมกับกาวแป้งเปียกในอัตราส่วน 5: 1 แล้วอัดเป็นแท่งตากแดดจนแห้งสนิท สามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งได้

2. ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ซึ่งตรวจวิเคราะห์ทดสอบโดยกรมวิทยาศาสตร์บริการ มีค่าความร้อนเท่ากับ 6022 แคลอรี่ต่อกรัม ซึ่งเป็นค่าความร้อนที่สูง เมื่อเทียบกับคุณลักษณะที่ต้องการ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มก.- ธ.ก.ส. ถ่านอัดแท่งกำหนดค่าความร้อนต้องไม่น้อยกว่า 5,500 แคลอรี่ต่อกรัม จึงจัดได้ว่าถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เหมาะสมสำหรับใช้งานหุงต้มในครัวเรือน

3. ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ สามารถใช้งานหุงต้มในครัวเรือนได้ดีกว่าถ่านเชื้อเพลิงจากไม้ เนื่องจากไม่มีการแตกปะทุของถ่าน มีการติดไฟดี ไม่มีเขม่าควันรบกวนในระหว่างการใช้งาน

4. เปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ มีคุณสมบัติและคุณภาพที่ดีในการนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง เพราะมีปริมาณความชื้นร้อยละ 6.6 ปริมาณเถ้าร้อยละ 4.2 ปริมาณคาร์บอนเสถียรร้อยละ 49.2 และมีค่าความร้อน 6022 แคลอรี่ต่อกรัม ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่สูงเมื่อเทียบตามเกณฑ์มาตรฐานของ มก.-ธ.ก.ส. (คุณภาพมาตรฐานผลิตภัณฑ์ภายใต้ความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์กับธนาคารเพื่อการเกษตร และสหกรณ์การเกษตร)

ข้อเสนอแนะ

1. ในการเผา เปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ควรเผาให้เป็นถ่านที่แก่รง เพื่อให้น้ำมัน และส่วนที่เป็นยางของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หมดไป เมื่อเวลานำผงถ่านมาอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงใช้หุงต้มจะได้ไม่ทำให้ก้นภาชนะมียางเหนียวสีดำเกาะติดที่ก้นภาชนะ

2. ถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ที่ผลิตได้ควรตากแดดให้แห้งสนิทก่อนนำมาใช้หุงต้มในครัวเรือน เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดควันขณะใช้งาน

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

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

ภาคผนวก

รูปกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยี การผลิตพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ระหว่างวันที่ 1 – 3 มิถุนายน 2553 ณ เกาะพยาม จ. ระนอง

รูปที่ 21 แนะนำตัว และวัตถุประสงค์การลงพื้นที่เพื่อถ่ายทอดผลงานวิจัย

รูปที่ 22 อธิบายขั้นตอนและวิธีการทำถ่านอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

รูปกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยี
การผลิตพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

รูปที่ 23 ชาวบ้าน เกาะพยาม จ. ระนอง

รูปที่ 24 ชาวบ้านที่เข้ารับการถ่ายทอดเทคโนโลยีจำนวน 40 คน

รูปกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยี
การผลิตพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

รูปที่ 25 ตัวอย่างผงถ่านเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

รูปที่ 26 ชาวบ้านลงมือปฏิบัติจริง

รูปกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยี
การผลิตพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

รูปที่ 27 ขั้นตอนที่ 1 เผาเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (กลุ่มที่ 1)

รูปที่ 28 ขั้นตอนที่ 1 เผาเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (กลุ่มที่ 2)

รูปกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยี
การผลิตพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

รูปที่ 29 ขั้นตอนที่ 2 ผสมอัตราส่วน

รูปที่ 30 คลุกเคล้าให้เข้ากัน

รูปกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยี
การผลิตพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

รูปที่ 31 เตรียมอัตราส่วนตามสูตร

รูปที่ 32 อัดส่วนผสมให้เป็นแท่ง ด้วยเครื่องอัดมือ

รูปกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยี
การผลิตพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

รูปที่ 33 ถ่านอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

รูปที่ 34 ชาวบ้านทดลองปฏิบัติ

รูปกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยี
การผลิตพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

รูปที่ 35 ชาวบ้านทดลองปฏิบัติ

รูปที่ 36 ชาวบ้านทดลองปฏิบัติ

รูปกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยี
การผลิตพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

รูปที่ 37 ชาวบ้านทดลองปฏิบัติ

รูปที่ 38 เด็ก ๆ ก็สนใจทำถ่านอัดแท่ง

รูปกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยี
การผลิตพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

รูปที่ 39 นำถ่านอัดแท่งที่ได้มาตากแดดให้แห้ง

รูปที่ 40 ชาวบ้านกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

รูปกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยี
การผลิตพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

รูปที่ 41 ชาวบ้านกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

รูปที่ 42 ส่วนของเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่แกะเนื้อในออกแล้ว

รูปกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยี
การผลิตพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

รูปที่ 43 ส่วนของเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่เหลือทิ้ง

รูปที่ 44 ต้นมะม่วงหิมพานต์ที่เกาะพยาม จ. ระนอง

รูปกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยี
การผลิตพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

รูปที่ 45 ต้นมะม่วงหิมพานต์ที่เกาะพยาม จ. ระนอง

รูปที่ 46 ผลมะม่วงหิมพานต์

รูปกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยี
การผลิตพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

รูปที่ 47 ผลมะม่วงหิมพานต์

รูปที่ 48 เมล็ดมะม่วงหิมพานต์

รูปกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยี
การผลิตพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

รูปที่ 49 ผลมะม่วงหิมพานต์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ประวัติหัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ – นามสกุล (ภาษาไทย)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สังเวย เสวกวิหารี

Asst Prof. SANGWOEI SAWEKWIHAREE

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน

3170300189056

3. ตำแหน่งปัจจุบัน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

5. ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี (ครุศาสตรบัณฑิต) สาขาวิชาเคมี สถาบันราชภัฏเชียงใหม่ และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท (ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต) สาขาวิชาเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

วิทยาศาสตร์เคมี และ เภสัช

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุ สถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย

ไม่มี

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

ภาวะผู้นำของผู้บริหารสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตโชติเวช

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน (อาจมากกว่า 1 เรื่อง)

ไม่มี

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการ ทำวิจัยว่าได้ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณร้อยละเท่าใด

การสกัดสีธรรมชาติจากพืชทำน้ำหมึกเติมปากกาไวด์บอร์ด แหล่งทุนใช้ทุนส่วนตัว ดำเนินการไปแล้ว 70 %

ประวัติผู้ร่วมโครงการวิจัย

1. ชื่อ – นามสกุล (ภาษาไทย)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันดี มาตสถิตย์

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน

-

3. ตำแหน่งปัจจุบัน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 517 ถนนนครสวรรค์ เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300

โทรศัพท์ : (02)6299153-7 โทรสาร (02) 2823718

5. ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี (การศึกษาศาสตรบัณฑิต) สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท (ครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต) สาขาวิชาบริหารการอาชีวะและเทคนิคศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

การออกแบบและพัฒนาสิ่งทอ

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย

ไม่มี

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทอ บ้านเนินขาว จ.ชัยนาท

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน (อาจมากกว่า 1 เรื่อง)

การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทอ บ้านเนินขาว จ. ชัยนาท ได้รับทุนจาก สกอ. ประจำปี 2550

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำวิจัยว่าได้ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณร้อยละเท่าใด

ไม่มี

ประวัติผู้ร่วมโครงการวิจัย

1. ชื่อ – นามสกุล (ภาษาไทย)

นางนิภาพร ปัญญา

Mrs. NIPAPORN PANYA

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน

3640800028065

3. ตำแหน่งปัจจุบัน

อาจารย์

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800
โทรศัพท์ : (02)913-2424 ต่อ 211 โทรสาร (02) 913-2424 ต่อ 105
Mouiyai @ hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี (วิทยาศาสตรบัณฑิต) สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ สถาบันราชภัฏอุตรดิตถ์ และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท (วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต) สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทค โนโลยพระจอมเกล้าธนบุรี

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

การออกแบบคอมพิวเตอร์ และการเขียนโปรแกรม

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย

ไม่มี

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

ไม่มี

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน (อาจมากกว่า 1 เรื่อง)

การพัฒนาบทเรียนช่วยสอน วิชาเคมีชีวอินทรีย์ งบประมาณ

ผลประโยชน์ จำนวน 30,000 บาท

จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำวิจัยว่าได้ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณร้อยละเท่าใด

ไม่มี