



รายงานการวิจัย

การพัฒนาถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวเป็นพลังงานทดแทน

**Development of Compressed Charcoal from Scrapped Coconut
for Alternative Energy**

ผศ.ดร.ศิริชัย ต่อสกุล หัวหน้าโครงการ

ผศ.กฤษฏา ทอศรี ผู้ร่วมวิจัย

นายจกมล สุภารัตน์ ผู้ร่วมวิจัย

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

งบประมาณประจำปี พ.ศ. 2555



รายงานการวิจัย

การพัฒนาอ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวเป็นพลังงานทดแทน

ผศ.ดร.ศิริชัย ต่อสกุล	หัวหน้าโครงการ
ผศ.กฤษฏา ทองศรี	ผู้ร่วมวิจัย
นายจงกล สุภารัตน์	ผู้ร่วมวิจัย

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
งบประมาณประจำปี พ.ศ. 2555

บทคัดย่อ

การพัฒนาถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวได้แนวคิดจากคุณสมบัติของกากมะพร้าวที่เนืือกากมะพร้าวมีน้ำมัน งานวิจัยนี้จึงศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวที่เป็นส่วนผสมหลักมาผสมกับกะลามะพร้าว ขี้เลื่อย ถ่านไม้ เบนูจพรรณ ในอัตราส่วนผสมที่ 70:30 , 60:40 , 50:50 , 40:60 และ 30:70 โดยทำการอัดแท่งถ่านมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูกลวง 1 เซนติเมตร ความยาว 12 เซนติเมตร และถ่านอัดแท่งรูปทรงกระบอกมีครึ่ง 5 ครีบริบรอบด้าน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร และมีการทดสอบคุณสมบัติค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ทดสอบปริมาณความชื้น และทดสอบระยะเวลาในการมอดดับของถ่านอัดแท่ง ผลการทดสอบพบว่าถ่านอัดแท่งจากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวกับถ่านอัดแท่งจากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยมีค่าความร้อนใกล้เคียงกันซึ่งมีค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน มผช. ที่กำหนดไว้ว่าถ่านอัดแท่งจะต้องมีค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 5,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม และพบว่าถ่านอัดแท่งจากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวกับถ่านอัดแท่งจากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยมีปริมาณความชื้นต่ำ ส่วนระยะเวลาในการมอดดับที่ใช้เวลานานที่สุด คือถ่านอัดแท่งจากมะพร้าวผสมไม้เบนูจพรรณกับถ่านอัดแท่งจากมะพร้าวผสมถ่านไม้ ซึ่งระยะเวลาในการมอดดับจะแปรผกผันกับค่าความร้อนนั่นเองและอัตราส่วนผสมที่ให้ค่าความร้อนสูงคือกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าว, กากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยที่อัตราส่วน 30:70 ส่วนกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบนูจพรรณที่อัตราส่วน 70:30 ซึ่งกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย, กะลามะพร้าวจะให้ค่าความร้อนที่สูงกว่ากากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบนูจพรรณ และส่วนผสมที่ให้ปริมาณความชื้นต่ำคือ กากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าว, ขี้เลื่อย, ถ่านไม้เบนูจพรรณ ที่อัตราส่วนผสม 30:70 แล้วระยะเวลาในการมอดดับคือ ส่วนผสมกากมะพร้าวกับกะลามะพร้าว, ขี้เลื่อย, ถ่านไม้เบนูจพรรณ ที่อัตราส่วน 70:30

คำสำคัญ ถ่านอัดแท่ง กากมะพร้าว ถ่านไม้ ขี้เลื่อย ไม้เบนูจพรรณ กะลามะพร้าว

Abstract

The development of charcoal briquette from coconut meal was the idea derived the oil content in the coconut meal. This research studied the production of charcoal briquette by mixing the coconut meal, which was a main ingredient with coconut shell, saw dust, wooden charcoal at the mixing ration of 70:30, 60:40, 50:50, and 30:70. The charcoal briquette's hold diameter was 1 centimeter and its length was 12 centimeter. The shape of charcoal briquette was a cylinder with 5 fins. The diameter of charcoal was 4 centimeter. The properties of briquette were analyzed according to ASTM to be in accordance with Thai Community Product Standard as well as humidity test, and the extinguish duration were tested. The test result revealed that charcoal briquette from coconut meal mixed with coconut shell and the charcoal briquette mixed with saw dust had similar calorific value which was higher than Thai Community Product Standard which stated that charcoal briquette shall not have less calorific value lower than 5,000 kilocalories per kilogram. In addition, it was found that charcoal briquette from coconut meal mixed with coconut shell and charcoal briquette mixed with saw dust's humidity were low. Charcoal briquette from coconut meal mixed with mixed wood and charcoal briquette from coconut meal mixed with wooden charcoal had the longest extinguish duration, which was inversely proportional to calorific value.

Keywords: Charcoal Briquette, Coconut Meal, Wooden Charcoal, Saw dust, Mixed Wood, Coconut Shell.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ และภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหะการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับใช้ในการทดสอบ ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนงบประมาณประจำปี 2555 ในงานวิจัยฉบับนี้ จนสำเร็จไปได้ด้วยดี

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลการศึกษาวิจัยครั้งนี้ สามารถจะนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในอุตสาหกรรมได้ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดกับงานวิจัยฉบับนี้ต่อไป

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 จุดประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 พลังงานชีวมวล	4
2.2 ถ่าน	18
2.3 วัสดุคิปที่ใช้ทำการทดลอง	24
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	33
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	36
3.1 วัสดุและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยทดลอง	36
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน	43
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและวิเคราะห์	66
4.1 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลถ่านอัดแท่งกากมะพร้าวผสมขี้เถ้า	66
4.2 ผลการทดลองถ่านอัดแท่งกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าว	82
4.3 ผลการทดลองถ่านอัดแท่งกากมะพร้าวผสมไม้เบญจพรรณ	95
4.4 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองรวม	110

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปการทดลองและข้อเสนอแนะ	114
5.1 สรุปผลการทดลอง	114
5.2 ข้อเสนอแนะในการทดลอง	121
บรรณานุกรม	122
ภาคผนวก ก	124
ผลการทำ Pre-Test	125
ภาคผนวก ข	136
ผลการทดสอบและมาตรฐาน	137
ภาคผนวก ค	157
เครื่องมือและเครื่องจักรที่ใช้ในการทำโครงการ	158
ภาคผนวก ง	163
การเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ	164

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ประเภทและศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย 2550	8
2.2	ศักยภาพทางพลังงานของชีวมวลในประเทศไทยในปี 2550	9
2.3	พลังงานชีวมวลที่เกิดขึ้นในแต่ละปี	10
2.4	ศักยภาพชีวมวลสำหรับผลิตไฟฟ้าในปี 2550	13
2.5	แสดงส่วนประกอบทางเคมีของกากมะพร้าว	27
3.1	ลักษณะของถ่านหลังจากอัดออกมาตามส่วนผสมระหว่างกากมะพร้าวกับขี้เลื่อย	45
3.2	ผลการทดลองเบื้องต้นของถ่านหลังจากอัดออกมาตามส่วนผสมลักษณะของถ่าน	51
3.3	หลังจากทำการอัดแท่งออกมาตามอัตราส่วนที่กำหนด	56
4.1	ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย	66
4.2	ค่าความชื้นของถ่านอัดแท่งกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย	68
4.3	ค่าสารระเหยของถ่านอัดแท่งกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย	69
4.4	ค่าคาร์บอนคงตัวของถ่านอัดแท่งกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย	70
4.5	ค่าปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย	71
4.6	ระยะเวลาในการมอดดับของกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย	72
4.7	ผลการทดสอบปริมาณคาร์บอนคงตัว (Carbon stable)	82
4.8	ผลการทดสอบปริมาณความชื้น (Moisture content)	83
4.9	ผลการทดสอบปริมาณเถ้า (Ash content)	84
4.10	ผลการทดสอบปริมาณสารระเหย (Volatile content)	85
4.11	ผลการทดสอบค่าความร้อน (Heating value)	86
4.12	ผลการทดสอบระยะเวลาในการมอดดับ	87
4.13	ผลการทดสอบปริมาณความชื้น (Moisture content)	96
4.14	ผลการทดสอบปริมาณสารระเหย (Volatile content)	97
4.15	ผลการทดสอบปริมาณคาร์บอนคงตัว (Carbon stable)	98
4.16	ผลการทดสอบปริมาณเถ้า (Ash content)	99
4.17	ผลการทดสอบค่าความร้อน (Heating value)	100
4.18	ผลการทดสอบระยะเวลาในการมอดดับ	102

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	วงจรการสร้างชีวมวล
2.2	ถ่านอัดแท่งตามท้องตลาด
2.3	การผสมถ่านกากมะพร้าวกลับถ่านขี้เลื่อยตามอัตราส่วนที่กำหนด
2.4	การอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่กำหนด
2.5	การทำให้แห้งโดยการนำแท่งถ่านไปตากแดด
2.6	ต้นมะพร้าว
2.7	กากมะพร้าวที่ได้จากการคั้นเอาน้ำกะทิแล้ว
2.8	กะลามะพร้าว
2.9	แป้งมันสำปะหลัง
3.1	กากมะพร้าว
3.2	ขี้เลื่อย
3.3	การเผาของกะลามะพร้าว
3.4	กะลามะพร้าวที่ทำการบดละเอียด
3.5	ถ่านไม้เบญจพรรณ
3.6	แป้งมันสำปะหลัง
3.7	เครื่องชั่งและกระบอกตวง
3.8	ปั๊มที่ใช้เผาถ่าน
3.9	เครื่องผสม
3.10	เครื่องอัดถ่านแบบอัดสกรู (Screw Extrusion)
3.11	แผนภาพการดำเนินวิจัย
3.12	วิธีการเผาถ่านที่วัสดุมีขนาดเล็ก
3.13	ตัวอย่างถ่านกากมะพร้าวและถ่านขี้เลื่อย
3.14	ลักษณะถ่านในอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าว 90% ถ่านขี้เลื่อย 10%
3.15	ลักษณะถ่านในอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าว 80% ถ่านขี้เลื่อย 20%
3.16	ลักษณะถ่านในอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าว 70% ถ่านขี้เลื่อย 30%
3.17	ลักษณะถ่านในอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าว 60% ถ่านขี้เลื่อย 40%

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.18 ลักษณะถ่านในอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าว 50% ถ่านจี้เลื่อย 50%	48
3.19 ลักษณะถ่านในอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าว 40% ถ่านจี้เลื่อย 60%	49
3.20 ลักษณะถ่านในอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าว 30% ถ่านจี้เลื่อย 70%	49
3.21 ลักษณะถ่านในอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าว 20% ถ่านจี้เลื่อย 80%	50
3.22 ลักษณะถ่านในอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าว 10% ถ่านจี้เลื่อย 90%	50
3.23 ถ่านที่ได้จากอัตราส่วนที่ 1	51
3.24 ถ่านที่ได้จากอัตราส่วนที่ 2	52
3.25 ถ่านที่ได้จากอัตราส่วนที่ 3	52
3.26 ถ่านที่ได้จากอัตราส่วนที่ 4	53
3.27 ถ่านที่ได้จากอัตราส่วนที่ 5	53
3.28 ถ่านที่ได้จากอัตราส่วนที่ 6	54
3.29 ถ่านที่ได้จากอัตราส่วนที่ 7	54
3.30 ถ่านที่ได้จากอัตราส่วนที่ 8	55
3.31 ถ่านที่ได้จากอัตราส่วนที่ 9	55
3.32 การอัดแท่งถ่านไม่จับตัวเป็นแท่งถ่าน	57
3.33 ถ่านอัดแท่งที่มีรอยร้าวและเปราะแตกหัก	57
3.34 ถ่านอัดแท่งได้ดีมีรอยร้าวเล็กน้อย	58
3.35 ถ่านอัดแท่งอัดเป็นแท่งได้ดี	58
3.36 ถ่านอัดแท่งเป็นแท่งได้ดี ผิวเรียบ	59
3.37 ถ่านอัดแท่งยึดเกาะเป็นแท่งได้ดี	59
3.38 ถ่านที่อัดแท่งที่ยึดเกาะกันได้ดี แต่มีรอยร้าวเมื่อแห้ง	60
3.39 ถ่านอัดแท่งยึดเกาะกันได้ไม่ดี เมื่อแห้งจะมีการแตกหัก	60
3.40 ถ่านอัดแท่งไม่ค่อยยึดเกาะกันเป็นแท่ง	61
3.41 การตัดความยาวของถ่านอัดแท่งเพื่อให้ได้ขนาด	61
3.42 การตากถ่านอัดแท่งที่อัดได้ให้แห้ง	62

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.43	เครื่องทดสอบหาค่าความร้อน	63
3.44	เครื่องหาปริมาณเถ้า	64
4.1	ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งกากมะพร้าวผสมจีเลื้อยแต่ละอัตราส่วน และถ่านไม้ ทั่วไป	73
4.2	ความชื้นของถ่านอัดแท่งกากมะพร้าวผสมจีเลื้อยแต่ละอัตราส่วน และถ่านไม้ ทั่วไป	74
4.3	ค่าปริมาณสารระเหยของถ่านอัดแท่งกากมะพร้าวผสมจีเลื้อยแต่ละอัตราส่วน และ ถ่านไม้ทั่วไป	75
4.4	ค่าปริมาณคาร์บอนคงตัวของถ่านอัดแท่งกากมะพร้าวผสมจีเลื้อยแต่ละอัตราส่วน และ ถ่านไม้ทั่วไป	76
4.5	ค่าปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งกากมะพร้าวผสมจีเลื้อยแต่ละอัตราส่วน และถ่านไม้ ทั่วไป	78
4.6	ระยะเวลาในการมอดดับของถ่านอัดแท่งกากมะพร้าวผสมจีเลื้อยแต่ละอัตราส่วน และถ่านไม้ทั่วไป	79
4.7	คุณสมบัติโดยรวมในสภาพที่มีความชื้น	80
4.8	คุณสมบัติโดยรวมในสภาพที่ไม่มีความชื้น	81
4.9	กราฟแสดงผลการทดสอบปริมาณคาร์บอนคงตัว (Carbon stable) ในสภาพปกติ และสภาพไม่มีความชื้น	88
4.10	กราฟแสดงผลการทดสอบปริมาณความชื้น (Moisture content)	90
4.11	กราฟแสดงผลการทดสอบปริมาณเถ้า (Ash content) ในสภาพปกติ และสภาพไม่ มีความชื้น	91
4.12	กราฟแสดงผลการทดสอบปริมาณสารระเหย (Volatile content) ในสภาพปกติ และสภาพไม่มีความชื้น	92
4.13	กราฟแสดงผลการทดสอบค่าความร้อน (Heating value) ในสภาพปกติ และสภาพไม่มีความชื้น	93
4.14	กราฟแสดงผลการทดสอบระยะเวลาในการมอดดับ	95

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.15	กราฟแสดงผลการทดสอบปริมาณความชื้น (Moisture content)	103
4.16	กราฟแสดงผลการทดสอบปริมาณสารระเหย (Volatile content) ในสภาพปกติและไม่มี	104
	ความชื้น	
4.17	กราฟแสดงผลการทดสอบปริมาณคาร์บอนคงตัว (Carbon stable) ในสภาพปกติและไม่มี	105
	ความชื้น	
4.18	กราฟแสดงผลการทดสอบปริมาณเถ้า (Ash content) ในสภาพปกติและไม่มี	106
	ความชื้น	
4.19	กราฟแสดงผลการทดสอบค่าความร้อน (Heating value) ในสภาพปกติและไม่มี	108
	ความชื้น	
4.20	กราฟแสดงผลการทดสอบระยะเวลาในการมอดดับ	109
4.21	ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งเมื่อเปรียบเทียบกับส่วนผสมอื่นๆ	110
4.22	ค่าความชื้นของถ่านอัดแท่งเมื่อเปรียบเทียบกับส่วนผสมอื่นๆ	111
4.23	ระยะเวลาในการมอดดับของถ่านอัดแท่งเมื่อเปรียบเทียบกับส่วนผสมอื่นๆ	112
ค.1	เครื่องอัดถ่านแบบอัดสกรู	158
ค.2	เครื่องผสม	158
ค.3	เครื่องตัดถ่านตามขนาดเท่าๆกัน	159
ค.4	ที่ตากถ่านหลังจากอัดแล้ว	159
ค.5	ปั๊มติ๊กที่ใช้เผาถ่านจากมะพร้าวและขี้เลื่อย	160
ค.6	เตาอบ	160
ค.7	เครื่องทดสอบความร้อน	161
ค.8	เตาเผา	161
ค.9	เครื่องหาปริมาณเถ้า	162

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันนี้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีใช้นั้นวันมีแต่จะลดน้อยลงทุกวัน โดยเฉพาะทรัพยากรประเภทใช้แล้วหมดไปและกว่าจะสร้างขึ้นมาใหม่ก็ต้องใช้เวลานาน ดังนั้นจึงต้องมีการคิดค้นสิ่งที่จะนำมาทดแทนทรัพยากรเหล่านั้น โดยการนำวัสดุที่เหลือใช้กลับมาพัฒนาปรับปรุงให้มีคุณสมบัติที่ดีขึ้นสามารถใช้แทนทรัพยากรธรรมชาติที่หมดสิ้นไป และประหยัดทรัพยากร ธรรมชาติได้ ซึ่งเป็นการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ให้กลับนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อีก ก่อให้เกิดความคุ้มค่าของวัสดุเหล่านั้นอย่างแท้จริง

ดังนั้นกากมะพร้าวและขี้เลื่อยเป็นอีกตัวอย่างหนึ่งที่เป็นวัสดุเหลือใช้ และหากมองให้เห็นประโยชน์ของการใช้ให้คุ้มค่า สามารถนำกากมะพร้าวและขี้เลื่อยมาใช้ประโยชน์ได้อีกหากมีการพัฒนาปรับปรุงกากมะพร้าวและขี้เลื่อยให้เป็นสิ่งที่เกิดประโยชน์ใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนต่อไปได้

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ในสภาวะปัจจุบันประชากรมีการเพิ่มจำนวนมากขึ้นเป็นจำนวนมาก ซึ่งส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติมากขึ้น อาทิเช่น การใช้เชื้อเพลิงประเภทแก๊สธรรมชาติ ไม้ เชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ ในจำนวนประชากรเหล่านั้นมีหลายคน หลายองค์กรที่ใช้ทรัพยากรเหล่านั้นอย่างฟุ่มเฟือยไม่ได้คำนึงถึงการสูญเสียทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งจำเป็นคือจำเป็นต้องมีการคิดค้นหา หรือวิจัย ปรับปรุงพัฒนาวัสดุที่เหลือใช้สามารถนำกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อทดแทนทรัพยากรธรรมชาติ ที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เพียงพอต่อความต้องการของประชากรที่มีอยู่อย่างไม่จำกัด [1]

กากมะพร้าวและขี้เลื่อย ในปัจจุบันมีจำนวนมาก และสามารถนำกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อย่างมาก โรงเลื่อยไม้ก็จะมีขี้เลื่อยอยู่จำนวนมากและโรงคั้นน้ำกะทิก็จะมีกากมะพร้าว ซึ่งขี้เลื่อยและกากมะพร้าวนี้เองที่ต้องนำไปกำจัดทิ้ง และโรงงานเหล่านี้มีขนาดค่อนข้างใหญ่ และมีกำลังการผลิตมากขึ้นทุกวันเพื่อผลิตให้พอต่อความต้องการของประชาชน ซึ่งขี้เลื่อยและกากมะพร้าวนี้มีจำนวนมากที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์เลยนอกจากการที่จะต้องนำไปทำลายทิ้งโดยเปล่าประโยชน์ และอาจก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศในการเผาทิ้ง จึงมีแนวคิดที่จะนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อีกโดยพัฒนาปรับปรุงคุณสมบัติให้ดีขึ้น และสามารถนำทดแทนเชื้อเพลิงได้

ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย กะลามะพร้าว และไม้เบญจพรรณ สามารถที่ผสมกับกากมะพร้าวที่มีปริมาณมากให้เป็นเชื้อเพลิงขึ้นมาได้สิ่งสำคัญ คือผลิตเชื้อเพลิงจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย กากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าว และ กากมะพร้าวผสม

ไม้เบญจพรรณ โดยการนำกากมะพร้าวผสมนำไปอัดแท่งเพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม ทำการทดสอบหาคุณสมบัติ ค่าความร้อน (Heating value), ปริมาณสารระเหย (Volatile matters), ปริมาณคาร์บอน (Fixed carbon), ปริมาณเถ้า (Ash content) และ ปริมาณความชื้น (Moisture content) แล้วนำคุณสมบัติต่าง ๆ นี้มาเปรียบเทียบกับถ่านจากไม้ทั่วไป เพื่อหาอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุด

1.2 จุดประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อผลิตเชื้อเพลิงจากวัสดุที่เหลือใช้ (กากมะพร้าว ขี้เลื่อย กะลามะพร้าว และไม้เบญจพรรณ) เพื่อนำเชื้อเพลิงเหล่านี้มาใช้ในชีวิตประจำวัน

1.2.2 เพื่อศึกษาส่วนผสมระหว่างกากมะพร้าวกับขี้เลื่อย กะลามะพร้าว และไม้เบญจพรรณ เพื่อนำมาใช้ในการอัดแท่งเป็นเชื้อเพลิงให้มีประสิทธิภาพการใช้งานให้ได้ใกล้เคียงหรือดีกว่าถ่านที่ได้จากไม้

1.2.3 เพื่อศึกษาถ่านที่ได้จากการอัดให้มีประสิทธิภาพการใช้งานใกล้เคียงหรือนานกว่าถ่านที่ได้จากวัสดุอื่น ๆ

1.3 ขอบเขตของโครงการ

เพื่อให้โครงการครั้งนี้บรรลุตามความมุ่งหมายที่ตั้งไว้ ผู้วิจัยจึงกำหนดขอบเขตไว้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าว ขี้เลื่อย กะลามะพร้าว และไม้เบญจพรรณ โดยทำการบดอัดวัตถุดิบให้เป็นถ่านอัดแท่ง จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการทำให้แห้งโดยการตากแดด มีคุณสมบัติดังนี้

1.3.1 รูปทรง มีลักษณะ คือ รุกหลวงระบายนาคาสดลอดแท่งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง รุกหลวง 1 เซนติเมตร ความยาว 12 เซนติเมตร และถ่านอัดแท่งรูปทรงกระบอกมีครีบริบ 5 ครีบริบด้าน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร

1.3.2 วัสดุที่ใช้ คือ กากมะพร้าว ขี้เลื่อย กะลามะพร้าว และไม้เบญจพรรณ

1.3.3 อัตราส่วนผสมของถ่านอัดแท่ง จากกากมะพร้าวและขี้เลื่อยจากในกระบวนการผลิตจำนวน 9 อัตราส่วน ประกอบไปด้วยอัตราส่วนของกากมะพร้าวต่อขี้เลื่อยโดยมีอัตราส่วนผสมดังนี้ 9 : 1, 8 : 2, 7 : 3, 6 : 4, 5 : 5, 4 : 6, 3 : 7, 2 : 8, 1 : 9

1.3.4 สมรรถนะที่ต้องการทราบ คือ

- 1) ค่าความร้อน (Heating value) ตามมาตรฐาน ASTM D 5865
- 2) ปริมาณสารระเหย (Volatile matters) ตามมาตรฐาน ASTM D 3175
- 3) ปริมาณคาร์บอน (Fixed carbon) ตามมาตรฐาน ASTM D 3172
- 4) ปริมาณเถ้า (Ash content) ตามมาตรฐาน ASTM D 3174
- 5) ปริมาณความชื้น (Moisture content) ตามมาตรฐาน ASTM D 3173

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 สามารถทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพในการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งได้
- 1.4.2 สามารถทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มของขี้เลื่อย กะลามะพร้าว ไม้เบญจพรรณ และกากมะพร้าว
ได้
- 1.4.3 สามารถนำเอากากมะพร้าวขี้เลื่อยกะลามะพร้าว และไม้เบญจพรรณ มาใช้ให้เกิด
ประโยชน์
- 1.4.4 พัฒนางานวิจัยด้านเชื้อเพลิง เพื่อเป็นพลังงานทดแทนต่อไปในอนาคต

บทที่ 2

งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การทำเชื้อเพลิงจากกากมะพร้าวผสมจีเลอเป็นการใช้วัสดุที่หาได้ง่ายมาแปรรูปให้เป็นประโยชน์โดยศึกษาถึงการเผาไหม้และการใช้งานให้มีประสิทธิภาพดีที่สุดโดยการศึกษาหาถึงองค์ประกอบและทฤษฎีของวัสดุต่างๆที่นำมาทดลอง

2.1 พลังงานชีวมวล

2.1.1 ความหมายของพลังงานชีวมวล

ชีวมวล (Biomass) เป็นการผสมคำระหว่าง สิ่งมีชีวิต (Bio) กับ ปริมาณพลัง (mass) ซึ่งหมายถึง งานที่ได้จากพืชและสัตว์ที่สามารถนำไปใช้ในรูปของพลังงานได้ [2]

ชีวมวลเป็นพลังงานที่ได้จากพืชและสัตว์โดยกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีโดยใช้ความร้อนหรือกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีโดยอาศัยจุลินทรีย์ [3]

ชีวมวล คือ สารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานธรรมชาติและสามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานได้ เช่น วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร หรือกากจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม การเกษตร [4]

ชีวมวล คือ สารทุกรูปแบบที่ได้จากสิ่งมีชีวิต (นอกจากที่ได้กลายเป็นเชื้อเพลิงประเภทฟอสซิลไปแล้ว) ซึ่งรวมถึงการผลิตจากการเกษตรและป่าไม้ ของเสียจากสัตว์ เช่น มูลสัตว์ และของเสียจากโรงงานแปรรูปทางการเกษตร ขยะ และน้ำเสียจาก

พลังงานชีวมวล หมายถึง พลังงานที่ได้มาจากชีวมวลโดยอาศัยกระบวนการที่ทำให้เกิดการแตกตัวของอินทรีย์สารที่อยู่ในชีวมวลและผลิตพลังงานออกมา [5]

สรุปได้ว่าพลังงานชีวมวล หมายถึง พลังงานที่ได้จากพืชและซากสัตว์หรืออินทรีย์สารต่างๆ โดยที่สามารถนำไปใช้ในรูปของพลังงานได้ พลังงานที่ได้มาจากชีวมวลจะอาศัยกระบวนการที่ทำให้เกิดการแตกตัวของอินทรีย์สารที่อยู่ในชีวมวลและผลิตพลังงานออกมา

2.1.2 ความสำคัญของพลังงานจากชีวมวล

จากปัญหาความร่อยหรอของทรัพยากรประเภทใช้แล้วหมดไป เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติและถ่านหิน ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่ใช้กันมาก ประกอบกับการเกิดวิกฤตการณ์พลังงานทำให้มนุษย์หาทางประหยัดการใช้พลังงาน และพัฒนาพลังงานรูปแบบอื่นขึ้นมาทดแทน โดยเฉพาะประเภทที่ไม่มีวันหมดสิ้นไปหรือเรียกว่า พลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานจากแหล่งน้ำ พลังงานลม และพลังงานจากชีวมวล เป็นต้น [3]

ชีวมวลสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานได้หลายรูปแบบ เช่น นำไม้มาทำฟืนหรือเผาถ่าน นำมาผลิตก๊าซชีวมวลเพื่อใช้กับเครื่องยนต์ นำมูลสัตว์มาหมัก หรือย่อยสลายโดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดจากจุลินทรีย์เปลี่ยนเป็นก๊าซชีวภาพ ใช้ในการหุงต้ม เดินเครื่องยนต์ หรือผลิตกระแสไฟฟ้า เราได้ใช้พลังงานจากชีวมวลมาเป็นเวลานานแล้วจนถึงปัจจุบันก็ยังมีการนำมาใช้ประโยชน์ในสัดส่วนที่ไม่น้อยเลยโดยเฉพาะในประเทศที่กำลังพัฒนา ตามชนบทก็ยังมีการใช้ฟืนหรือถ่านในการหุงหาอาหารชีวมวลเป็นอินทรีย์สารที่ได้จากพืชและสัตว์ต่างๆ เช่น เศษไม้ ขยะ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญที่หาได้ในประเทศ โดยเฉพาะประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีผลผลิตทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก อาทิ แกลบ ฟางข้าว ชานอ้อย กากและกะลาปาล์ม เป็นต้น ซึ่งชีวมวลเหล่านี้สามารถนำมาเผาไหม้เพื่อนำพลังงานความร้อนที่ได้ไปใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้า

อย่างไรก็ตามการนำชีวมวลมาผลิตพลังงานยังมีข้อจำกัดอยู่ เช่น บางชนิดใช้ได้ทั้งเป็นอาหารและพลังงาน ได้แก่ อ้อย มันสำปะหลัง ถ้านำมาใช้เป็นพลังงานต้องไม่ทำให้อาหารขาดแคลนโดยอาจใช้ส่วนที่เหลือหรือปลูกพืชเหล่านี้ให้มากขึ้น การนำไม้ในป่ามาเป็นเชื้อเพลิงหรือผลิตพลังงานย่อมทำให้ไม้หมดไป เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ จึงควรปลูกไม้โตเร็วเพื่อนำมาใช้เป็นพลังงานโดยตรงเพื่อลดปัญหาการทำลายป่าลง

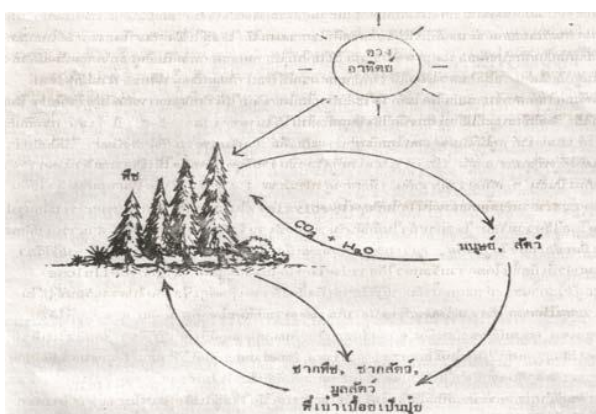
2.1.3 แหล่งกำเนิดพลังงานชีวมวล

ชีวมวลได้มาจากสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ พืชจัดว่าเป็นสิ่งมีชีวิตที่สร้างอาหารเองได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสงโดยนำเอาคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำมาสร้างเป็นสารประกอบอินทรีย์ และออกซิเจน มีพลังงานแสงอาทิตย์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาสารประกอบอินทรีย์ที่สร้างขึ้นพืชจะใช้ในการดำรงชีวิตบางส่วน ที่เหลือจะเก็บสะสมไว้ในส่วนต่างๆ ได้แก่ ราก ลำต้น ใบ ดอก ผล และเมล็ด เช่น มันสำปะหลังเก็บสะสมแป้งไว้ในราก อ้อยสะสมน้ำตาลไว้ในลำต้น เป็นต้น ดังนั้นถ้านำอินทรีย์สารที่พืชสะสมไว้มาทำให้แตกตัวออกก็จะได้พลังงานมาใช้ต่อไป แหล่งพลังงานที่ได้จากพืชที่สำคัญมีทั้งพืชบกและพืชน้ำ ดังนี้ [3]

1) พืชบก ได้แก่ ไม้ยืนต้น มีทั้งไม้เนื้อแข็งและไม้เนื้ออ่อน เช่น ไม้โกงกาง ไม้ยูคาลิปตัส ไม้ยางพารา ไม้แสม พืชล้มลุก เช่น ฟางข้าว หญ้า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากพืช เช่น น้ำมันเมล็ดทานตะวัน น้ำมันเมล็ดละหุ่ง น้ำมันสน น้ำมันเมล็ดสบู่ดำ วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร และอุตสาหกรรม เช่น แกลบขี้เลื่อย เศษไม้ ขอดอ้อย ฟางข้าว เปลือกและซังข้าวโพด ชานอ้อย เปลือกผลไม้ กากน้ำตาลน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปมันสำปะหลัง

2) พืชน้ำ ได้แก่ ผักตบชวา จอกแหน สับ (ที่สับเป็นชิ้นเล็กๆ ผสมกับมูลสัตว์หมักทำก๊าซชีวภาพ) ส่วนการสร้างชีวมวลของสัตว์นั้น สัตว์มิได้สร้างขึ้นโดยตรง เพียงแต่สัตว์กินพืชเป็นอาหารและได้รับการถ่ายทอดพลังงานจากพืชไปตามข่ายใยอาหาร (Food web) สัตว์จะนำสารอินทรีย์จากพืชไปใช้ประโยชน์ ส่วนกากที่เหลือซึ่งสัตว์ไม่สามารถนำไปใช้ได้ก็จะถูกขับถ่ายออกมาเป็นมูล ในการเผาผลาญอาหารของสัตว์นั้นมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำออกมากับกระบวนการหายใจด้วย ซึ่งพืชสามารถนำกลับไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงได้ หากสัตว์ตายลงก็จะเน่าเปื่อยผสมกับซากพืชและมูลสัตว์ กลายเป็นปุ๋ยให้พืชกลับมาใช้ได้ อีกภาพประกอบข้างล่างนี้จะเห็นได้ว่าชีวมวลสามารถหมุนเวียนอยู่ได้ โดยไม่มีวันหมดไปถ้าองค์ประกอบต่างๆ ในวงจรคงอยู่ จึงกล่าวได้ว่า พลังงานจากชีวมวลเป็นพลังงานหมุนเวียน

พลังงานจากชีวมวลที่มนุษย์ได้จากสัตว์ ได้แก่ มูลของสัตว์ชนิดต่างๆ เช่น โค กระบือ สุกร เป็ดและไก่ ซึ่งนำไปตากแห้งแล้วนำไปเผาเป็นเชื้อเพลิงโดยตรง หรือนำมูลสดไปหมักทำก๊าซชีวภาพได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 วงจรการสร้างชีวมวล [3]

2.1.4 วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหลักที่สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทน ได้แก่ แกลบ และฟางข้าว ชานอ้อย กากและกะลาปาล์ม กะลามะพร้าว ฯลฯ จากการประเมินศักยภาพของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจากพืช 10 ชนิดที่มีศักยภาพสูง ได้แก่ อ้อย ข้าว น้ำมันปาล์ม มะพร้าว มันสำปะหลัง ข้าวโพด ถั่วลิสง ฝ้าย ถั่วเหลืองและข้าวฟ่าง ในปี พ.ศ. 2543 พบว่าปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ประมาณ 63 ล้านตัน โดยถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงและใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นๆ

ประมาณ 16 ล้านตัน ปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ส่วนที่ยังไม่ได้ใช้เท่ากับ 42 ล้านตัน เทียบเท่าพลังงาน 604.82 เพตาจูล (6.04×10^{17} จูล)

กระบวนการผลิตทางการเกษตรของประเทศไทย อันได้มาซึ่งผลผลิตต่างๆ ที่ส่งออกไปยังต่างประเทศมีมูลค่าปีละหลายพันล้านบาท เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรสามารถนำมาผลิตพลังงานทดแทน ยังได้จากอุตสาหกรรมเกษตร อาทิเช่น แกลบจากโรงสี กากอ้อยจากโรงงานน้ำตาล กากปาล์ม เปลือกปาล์ม และกะลาปาล์มจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และกะลามะพร้าวจากโรงงานแปรรูปเนื้อมะพร้าว จี๊เหล็อกจากโรงงานแปรรูปไม้ เป็นต้น ประเมินว่าศักยภาพในการผลิตพลังงานทดแทนจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร จากรายงานการใช้เชื้อเพลิงในปี 2542 ปริมาณการใช้ฟืน 6.7 ล้านตัน ถ่านไม้ 3.3 ล้านตัน โดยใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำในอุตสาหกรรมอาหารอบแห้ง ใช้กับเตาในอุตสาหกรรมเซรามิก การผลิตอิฐ และการผลิตปูนขาว ส่วนใหญ่ใช้หุงต้มประกอบอาหารในครัวเรือนชนบท ส่วนถ่านไม้ใช้ในอุตสาหกรรมครัวเรือน หุงต้มประกอบอาหารทั้งครัวเรือนชนบทและในเมือง รายงานกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานในปี 2539 มีแหล่งผลิตฟืนและถ่านเหลือเพียง 25.6 เพอร์เซ็นต์ โดยปริมาณการใช้ฟืนและถ่านคิดเป็น 16.7 เพอร์เซ็นต์ เทียบกับการใช้พลังงานอื่นๆ ดังนั้นการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาแปรเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน สำหรับการหุงต้มประกอบอาหารหรือในอุตสาหกรรมครัวเรือน จึงเป็นสิ่งที่ทำได้ง่าย มีค่าใช้จ่ายไม่สูงมากนัก เมื่อเทียบกับพลังงานไฟฟ้า หรือก๊าซธรรมชาติ ยังก่อให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่าต่อชุมชน ช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน การแปรรูปจากซังข้าวโพดเป็นถ่าน จึงเป็นรูปแบบหนึ่งที่เกษตรกรสามารถทำได้เอง โดยอาศัยความรู้พื้นฐานทางธรรมชาติของวัสดุเหลือใช้ และกระบวนการวิธีการเผาถ่านที่เป็นเทคโนโลยีจากนักวิชาการที่ภาครัฐส่งเสริมเพื่อนำไปสู่ชุมชนที่เข้มแข็งและพึ่งตนเองได้ในที่สุด

2.1.5 ศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย

ในปี 2550 กระทรวงพลังงานได้ประเมินศักยภาพของชีวมวลในประเทศไทยที่สามารถใช้ในการผลิตไฟฟ้าอยู่ที่ประมาณ 3,000 MW

แบ่งเป็น ชีวมวลที่มาจากแกลบ 700 MW ฟางข้าว 650 MW ชานอ้อย 900 MW ยอดอ้อยและใบอ้อย 570 MW เส้นใย กะลาและทะเลาะปาล์มเปล่า 70 MW เศษไม้ 40 MW เหง้ามัน ลำปะหลัง 70 MW และซังข้าวโพด 70 MW ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ประเภทและศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย 2550 [6]

ประเภทของชีวมวล	กำลังไฟฟ้า (MW)
แกลบ	700
ฟางข้าว	650
ชานอ้อย	900
ยอดและใบอ้อย	570
เส้นใย กะลา และทะลายปาล์มเปล่า	70
เศษไม้	40
เหง้ามันสำปะหลัง	70
ซังข้าวโพด	70

ความเชื่อมั่นศักยภาพของพลังงานจากชีวมวลในประเทศ ทำให้กระทรวงพลังงาน ตั้งเป้าหมายว่า ในปี 2554 การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล จะต้องส่งเสริมให้ได้จำนวน 2,800 MW หรือคิดเป็นพลังงานได้ประมาณ 940 พันตันน้ำมันดิบ (kilotons of oil equivalent : ktoe) สามารถใช้ผลิตพลังงานความร้อนเชิงพาณิชย์ได้ 3,660 ktoe จากเดือนพฤศจิกายน 2550 ที่สามารถผลิตได้จำนวน 1,977 MW

อย่างไรก็ตาม ข้อมูลจากบริษัท เอ.ที. ไบโอพาเวอร์ จำกัด เจ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวลรายใหญ่ตั้งอยู่ที่จังหวัดพิจิตร ซึ่งใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงในการผลิต ได้มีการศึกษาและสำรวจถึงศักยภาพของชีวมวลเมื่อต้นปี 2550 ระบุว่า ประเทศไทยยังศักยภาพชีวมวลเหลือพอที่จะผลิตพลังงานไฟฟ้า ได้ประมาณ 2,070 - 3,130 MW

ส่วนศักยภาพของชีวมวลจากแกลบและชานอ้อยนั้น ไม่มีศักยภาพเหลือเพียงพอสำหรับโรงไฟฟ้าที่ตั้งใหม่แล้วเนื่องจากที่ผ่านมา ภาครัฐได้มีการส่งเสริมให้เกิดโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวนหลายแห่งและส่วนใหญ่ต่างเลือกใช้แกลบและชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิง ทำให้ศักยภาพที่มีอยู่ของชีวมวลทั้งสองประเภทดังกล่าวแทบไม่มีเหลืออยู่ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ศักยภาพทางพลังงานของชีวมวลในประเทศไทยในปี 2550 [6]

ประเภทของชีวมวล	วัสดุที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง	ค่าความร้อน (MJ/kg)	ศักยภาพในการนำมาใช้เป็นพลังงาน (PJ)
อ้อย	ชานอ้อย	16.21	130 -199
ข้าว	ใบและยอด	16.15	
	แกลบ	13.98	
ข้าวโพด	ฟางข้าว	14.35	77-87
	ชังข้าวโพด	16.12	
มันสำปะหลัง	และใบ	15.05	6-8
	เหง้ามันสำปะหลัง	14.56	

หมายเหตุ : MJ = Mega joules คือ 1 ล้านจูล

PJ = Pet joules คือ 10¹⁵ หรือ 1 พันล้านล้านจูล

ได้ประเมินศักยภาพพลังงานชีวมวลที่เกิดขึ้นในแต่ละปี โดยอ้างอิงจากผลผลิตทางการเกษตรเฉลี่ยในแต่ละปี อัตราส่วนชีวมวลต่อผลผลิตโดยเฉลี่ย และค่าความร้อนที่ได้จากการวัดในสภาพสด หรือที่ระดับความชื้นที่ระบุไว้ 10⁶ ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 พลังงานชีวมวลที่เกิดขึ้นในแต่ละปี [7]

ลำดับ	ชีวมวล	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	ค่าความร้อน ต่ำเมกะจูล/ กก.	อัตราส่วนชีวมวล		ปริมาณ ล้านตัน	พลังงาน กิกะจูล x 10 ⁶
				ต่อ ผลผลิต (เปอร์เซ็นต์)	ตัน/ไร่		
1	เกลบ	12.00	13.52	21.00		5.25	70.96
2	ฟางข้าว	10.00	12.33	49.00		12.25	151.04
3	ชานอ้อย	50.73	7.37	28.00		14.00	103.15
4	ใบและยอด อ้อย	9.20	15.48	17.00		8.50	131.57
5	จี้เลื่อย	55.00	6.57		3	0.75	4.93
6	ปีกไม้	55.00	6.57		12	3.00	19.71
7	ปลายไม้	55.00	6.57		12	3.00	19.71
8	รากไม้	55.00	6.57		5	1.25	8.21
9	ใบปาล์ม	38.50	11.40	19.00		0.95	10.83
10	กะลาปาล์ม	12.00	16.90	4.00		0.20	3.38
11	ทะลาย เปล้าปาล์ม	58.60	7.24	32.00		1.60	11.58
12	ทางปาล์ม	78.00	1.76	141.00		7.05	12.41
13	ลำต้นปาล์ม	48.40	7.54		10	0.1	0.75
14	เหง้ามัน สำปะหลัง	59.40	5.49	20.00		3.40	18.68
15	ชังข้าวโพด	40.00	9.62	24.00		1.20	11.54
16	ชังข้างโพด	42.00	9.83	82.00		4.10	40.30
17	เปลือกไม้ ยูคาลิปตัส	63.00	4.92		3	1.80	8.85

ชีวมวลที่เกิดขึ้นในแต่ละปีนั้น บางส่วนได้ถูกนำมาใช้เป็นพลังงานแล้วดังนี้

1) กระบวนการผลิตของผู้ผลิตชีวมวลเอง

- โรงงานน้ำตาลใช้ชานอ้อยประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ของส่วนที่เกิดขึ้น เป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้า และไอน้ำเพื่อกระบวนการผลิต คิดเป็นพลังงาน 82.50 ล้านกิกะจูล
- โรงงานสีข้าว โรงสีไฟ และโรงสีข้าวหนึ่งใช้แกลบเป็นพลังงานในการอบข้าวเปลือกสีข้าวและนึ่งข้าว คิดเป็นพลังงานรวม 21.30 ล้านกิกะจูล
- โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบใช้ใบปาล์มประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ ของส่วนที่เกิดขึ้นเป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าและไอน้ำเพื่อกระบวนการผลิต คิดเป็นพลังงาน 9.75 ล้านกิกะจูล
- โรงเลื่อยไม้ยางพาราใช้ปีกไม้ยางพาราประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ ของส่วนที่เกิดขึ้น เป็นเชื้อเพลิงอบไม้ยางพารา คิดเป็นพลังงาน 7.88 ล้านกิกะจูล
- โรงงานผลิตเยื่อกระดาษใช้เปลือกไม้ยูคาลิปตัส และฟ่อนไม้ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ของส่วนที่เกิดขึ้น เป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าและไอน้ำเพื่อกระบวนการผลิต คิดเป็นพลังงาน 4.43 ล้านกิกะจูล คิดเป็นพลังงานรวม 125.86 ล้านกิกะจูลหรือ 2,900 ktoe

2) โรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้แกลบ ชานอ้อย น้ำมันยางดำและเปลือกไม้ยูคาลิปตัส ผลิตไฟฟ้าจ่ายเข้าระบบ คิดเป็นหน่วยไฟฟ้าเท่ากับ 1,764 ล้านกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง (สถิติปี พ.ศ.2548)

3) โรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ชีวมวลผลิตความร้อนเพื่อกระบวนการผลิตตัวอย่าง เช่น

- โรงงานแป้งมัน โรงงานผลิตผงชูรส และ โรงงานผลิตน้ำมันพืชใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันเตา
- โรงงานผลิตถุงมือยางใช้เศษไม้ยางพาราเป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันเตา
- โรงงานปูนซีเมนต์ใช้แกลบ และเศษไม้ยางพาราทดแทนถ่านหิน
- โรงงานปลาป่นและ โรงงานผลิตปุ๋ยขาวใช้เศษไม้ยางพาราเป็นเชื้อเพลิง
- โรงเผาอิฐใช้แกลบและเศษไม้ยางพาราเป็นเชื้อเพลิง เป็นต้น

สถิติการใช้พลังงานส่วนนี้ยังไม่มีตัวเลขที่แน่ชัด จากการสำรวจและประเมินเบื้องต้นของศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล คาดว่าอยู่ที่ 2,000 ktoe

4) ภาคที่อยู่อาศัยเช่น ฟืนและถ่านไม้ ถูกนำไปเป็นพลังงานในครัวเรือนตามชนบท ซึ่งยังไม่ทราบปริมาณที่แน่ชัด

ชีวมวลบางชนิดไม่เหมาะนำมาเป็นพลังงานเนื่องจากความชื้นค่อนข้างสูง เช่น กากและเปลือกมันสำปะหลังชีวมวลบางชนิดเหมาะนำมาเป็นเชื้อเพลิงได้ดีแต่อยู่ในท้องไร่ ท้องนา ต้องหาวิธี การจัดเก็บรวบรวมเพื่อให้ต้นทุนถูกที่สุดเช่น ฟางข้าว ใบอ้อยยอดอ้อย รากไม้ยางพารา และเหง้ามันสำปะหลัง เป็นต้น

2.1.6 ศักยภาพของก๊าซชีวภาพในประเทศ และการส่งเสริมจากภาครัฐ

การที่ก๊าซชีววมวลสามารถผลิตได้จากมูลสัตว์ ขยะ ของเสียต่างๆ หรือน้ำเสียจากโรงงานทำให้ประเทศไทยมีศักยภาพสูงในการผลิตก๊าซชีวภาพ เพราะเป็นประเทศที่มีทั้งภาคเกษตร และอุตสาหกรรม ค่อนข้างที่จะมีศักยภาพ

ข้อมูลจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พ.พ.) ระบุว่าไทยมีศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพดังนี้

1) มูลสัตว์ 6 ชนิด คือ มูลโค กระบือ สุกร ไก่ เป็ดและมูลช้าง ในปี พ.ศ. 2543 มีศักยภาพในการผลิตแก๊สชีวภาพได้ 560 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นพลังงานประมาณ 11.75 เพตาจูล

2) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ได้เก็บข้อมูล ปริมาณขยะ พบว่าในปี 2548 ประเทศไทยมีขยะมูลฝอยชุมชนเกิดขึ้น 14.3 ล้านตันหรือวันละ 38,221 ตัน มาจากกรุงเทพมหานครวันละ 8,291 ตัน คิดเป็นร้อยละ 21 ของขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั้งประเทศ อีกร้อยละ 32 เป็นขยะเทศบาล และเมืองพัทยา ประมาณวันละ 12,635 ตันและร้อยละ 47 เป็นขยะนอกเทศบาลในเขตองค์การบริหารส่วนตำบลประมาณวันละ 18,295 ตันปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน ถูกนำกลับมาใช้ประโยชน์ 3.1 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 22 ของปริมาณขยะที่เกิดขึ้นเท่านั้น

3) น้ำเสียในปี พ.ศ. 2543 น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีศักยภาพสูงในการนำมาผลิตก๊าซชีวภาพ 11 ประเภทอุตสาหกรรม เช่น โรงฆ่าสัตว์ โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง โรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม เป็นต้น มีศักยภาพที่จะผลิตก๊าซชีวภาพได้ 435.33 ล้านลูกบาศก์เมตรเท่ากับพลังงาน 10.45 เพตาจูล ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ศักยภาพชีวมวลสำหรับผลิตไฟฟ้าในปี 2550 [6]

ประเภท	วัสดุที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง	กำลังไฟฟ้า (MW)
อ้อย	ชานอ้อย	-
	ใบและยอด	1,220 - 1,860
ข้าว	แกลบ	-
	ฟางข้าว	702 - 1,100
ข้าวโพด	ซังข้าวโพด	60 - 70
ปาล์ม	ทะลายปาล์มเปล่า	70 - 700

ข้อดีและข้อเสียของชีวมวล

ชีวมวลเป็นพลังงานที่มาจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ไม่มีวันหมดไป เพราะวงจรการผลิตชีวมวลคือวงจรของพืชที่มีระยะเวลาสั้น ต่างจากน้ำมันหรือถ่านหินที่ต้องอาศัยการทับถมกันเป็นเวลาหลายล้านปี นอกจากนี้ชีวมวลสามารถผลิตได้ภายในประเทศ เกษตรกรจะมีรายได้เพิ่มขึ้นจากการจำหน่ายชีวมวลสู่ผู้ใช้ และยังช่วยลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศได้อีกด้วย

ข้อดี ที่สำคัญทางสิ่งแวดล้อมคือ การใช้ชีวมวลในการผลิตความร้อนหรือไฟฟ้าจะไม่เพิ่มปริมาณสุทธิของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศโลก ในกรณีที่เรามีการผลิตชีวมวลขึ้นมาเพื่อทดแทนชีวมวลที่ได้ใช้ไป เพราะจะทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถูกหมุนเวียนมาใช้ในชีวมวลที่ผลิตใหม่เท่ากับปริมาณก๊าซที่ถูกผลิตจากการเผาไหม้ชีวมวลนั้นๆ เนื่องจากพืชต้องหายใจเพื่อเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปใช้ในการเจริญเติบโต อีกทั้งชีวมวลยังมีปริมาณกำมะถันต่ำกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิลมากนั้น หมายถึง การใช้ชีวมวลจะลดโอกาสในการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) ซึ่งตรงข้ามกับการใช้น้ำมันในภาคขนส่ง หรือถ่านหินในโรงไฟฟ้า

แต่เมื่อมีข้อดี ชีวมวลก็ย่อมมีข้อเสีย ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ชีวมวลมีการเก็บรักษาและการขนส่งที่ยาก และมีความเสี่ยงสูงในการจัดหาหรือรวบรวมปริมาณชีวมวลที่ต้องการใช้ให้คงที่ตลอดปีเพราะชีวมวลบางประเภท เช่น กากอ้อยมีจำกัดเพียงบางเดือน อีกทั้งชีวมวลทุกประเภทต่างต้องการพื้นที่ในการเก็บรักษามากกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น หากต้องการปริมาณความร้อนที่เท่ากันจะต้องใช้แกลบในปริมาณที่มากกว่าน้ำมันเตา เป็นต้น ดังนั้น การพัฒนาระบบวิธีการจัดเก็บและขนส่งจึงสำคัญและจำเป็นมาก

นอกจากนี้ ราคาไฟฟ้าที่รัฐบาลรับซื้อมาจากโรงไฟฟ้าชีวมวล หรือที่เรียกว่าผู้ผลิตรายเล็ก (SPPs : Small Power Producers) นั้น ยังไม่ดึงดูดใจในการลงทุนมากนัก เรื่องนี้ สามารถจัดการได้ด้วยการรณรงค์ให้ภาคเอกชนเข้ามามีส่วนร่วมในการผลิตไฟฟ้า ด้วยราคารับซื้อที่ดึงดูดให้นำลงทุนมากขึ้น โดยใช้หลักการคำนวณต้นทุนทางสังคมและสิ่งแวดล้อม (Social and Environmental Cost) เข้าไปในราคารับซื้อไฟฟ้าด้วย และสร้างระบบประกันราคาชีวมวลเพื่อลดความเสี่ยงของการขาดแคลนชีวมวลในบางฤดูให้ลดต่ำลง

ไม่จำเป็นเสมอไปที่ประเทศจะต้องพึ่งพาเทคโนโลยีพลังงานลมหรือแสงอาทิตย์ ที่ยังคงมีต้นทุนต่อหน่วยสูง หรือการสร้างโรงไฟฟ้าพลังความร้อนจากถ่านหินแห่งใหม่ที่ปล่อยมลพิษในระดับที่สูงขณะผลิตไฟฟ้า ในปัจจุบัน พลังงานจากชีวมวลที่ประเทศมีเหลือใช้อยู่มากนั้น สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานความร้อนและผลิตไฟฟ้าได้ด้วยราคาที่ต่ำลงจนเกินไปนักส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำมากและยังสามารถเสริมรายได้ให้แก่เกษตรกรในท้องถิ่นได้อีกด้วย

ศักยภาพของการผลิตชีวมวลในประเทศ มีแนวโน้มจะเพิ่มมากขึ้นในอนาคต เนื่องจากปริมาณผลผลิตทางการเกษตร ที่ก่อให้เกิดชีวมวล มีแนวโน้มจะผลิตได้เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะปัจจัยสำคัญหลายประการ เช่น การเพิ่มจำนวนพื้นที่เพาะปลูก และการพัฒนาเทคโนโลยีทางการเกษตร เป็นต้น

ตั้งแต่ปี 2535 เป็นต้นมา สถาบันวิจัยและพัฒนาระบบสุขภาพชุมชน (สพข.) ได้นำเงินจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน มาสนับสนุนทุนดำเนินงาน ให้กับหน่วยงานต่างๆ เพื่อร่วมกันพัฒนาเทคโนโลยีชีวมวล ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และใช้ได้สะดวกขึ้น ส่งเสริมให้มีการสาธิตเทคโนโลยี ที่ใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงเพื่อให้สร้างความเชื่อมั่นการใช้งานได้จริง ตลอดจนการส่งเสริมให้ใช้ มีการใช้พลังงานหมุนเวียนในการผลิตไฟฟ้าโดยการทำให้ราคารับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก ที่ใช้พลังงานหมุนเวียนเป็นเชื้อเพลิง อยู่ในระดับที่เหมาะสมเมื่อเทียบกับต้นทุนในการผลิต จะเป็นแรงจูงใจให้ผู้สนใจลงทุนผลิต และขายไฟฟ้า ที่ใช้พลังงานหมุนเวียน เป็นเชื้อเพลิงเพิ่มมากขึ้น นอกจากนั้น ยังได้มีการประสานงานกับการไฟฟ้าทั้ง 3 ฝ่าย เพื่อแก้ไขระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตรายเล็ก ขนาดเล็กมาก (ที่มีปริมาณพลังไฟฟ้าที่ขายเข้าระบบน้อยกว่า 1 MW) เพื่อลดต้นทุนค่าเชื่อมต่อ โยระบบเข้ากับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า ก่อให้เกิดบรรยากาศที่จูงใจให้มีการผลิตพลังงานไฟฟ้า จากชีวมวลได้มากขึ้นพร้อมทั้ง สถาบันวิจัยและพัฒนาสุขภาพชุมชน (สพข.) จะรณรงค์ประชาสัมพันธ์ ถึงข้อดีของพลังงาน จากชีวมวล เพื่อสร้างความเข้าใจ และเกิดภาพลักษณ์ที่ดี ในการใช้ชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานให้มากขึ้น

ความพยายามของ สถาบันวิจัยและพัฒนาสุขภาพชุมชน (สพข.) ในการเร่งให้มีการพัฒนาพลังงาน จากเชื้อเพลิง ที่เป็นชีวมวลและพลังงานทดแทนอื่นๆ เพื่อให้มีส่วนช่วยลด

การพึ่งพาเชื้อเพลิง และพลังงานนำเข้านั้น สามารถดำเนินงานไปอย่างมีประสิทธิภาพ ก็จะเป็นการกระตุ้นให้มีการผลิตไฟฟ้า จากแหล่งพลังงานที่มีอยู่ในปัจจัยในการผลิตถ่านอัดแท่ง

2.1.7 การผลิตชีวมวลในประเทศไทย

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีผลผลิตทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก เช่น ข้าว น้ำตาล ยางพารา น้ำมันปาล์ม และมันสำปะหลัง เป็นต้น ผลผลิตส่วนหนึ่งส่งออกไปยังต่างประเทศมีมูลค่าปีละหลายพันล้านบาท อย่างไรก็ตามในการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรเหล่านี้ จะมีวัสดุเหลือใช้ออกมาจำนวนหนึ่งด้วย

1) ชีวมวลมีปริมาณที่ไม่แน่นอน เนื่องจาก ชีวมวลแต่ละชนิดปลูกเพียงตามฤดูกาลเท่านั้น และผลผลิตที่ได้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ

- เกษตรกรเปลี่ยนชนิดของผลผลิตไปตามความต้องการของตลาด
- พื้นที่การเกษตรลดลงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพไปสู่เมือง
- ชีวมวลมีอยู่มากแต่อยู่อย่างกระจัดกระจายทำให้รวบรวมได้ยาก เช่น กะลามะพร้าว เศษไม้ ช้างข้าวโพด ยอดอ้อยที่อยู่ตามท้องไร่ท้องนา และเกลบตามโรงสีเล็กๆ

2) ปริมาณชีวมวลที่มีใช้อยู่ในโรงงาน และพื้นที่ใกล้เคียง มีไม่เพียงพอที่จะนำไปผลิตไฟฟ้า ที่ให้ผลตอบแทนในการลงทุนดีพอ และเมื่อต้องการชีวมวล ประเภทอื่น หรือจากแหล่งอื่นมาเสริม ก็จะมีปัญหาในเรื่องต่างๆ ดังนี้

- ค่าขนส่งจากแหล่งชีวมวลมาสู่โรงงาน ถ้ายังอยู่ไกลพื้นที่ตั้งของโรงงานก็ยิ่งทำให้มีค่าใช้จ่ายสูง
- เทคโนโลยีที่สามารถใช้ได้กับเชื้อเพลิงชีวมวลหลายๆ ชนิด มีราคาแพง
- มีความเสี่ยงสูงในการรวบรวมชีวมวลจากแหล่งต่างๆ ให้ได้ปริมาณตามต้องการ

3) ค่าใช้จ่ายสูงที่จะลงทุนเชื่อมต่อระบบไฟฟ้า ระหว่างโรงงานสู่ระบบสายส่ง ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เช่น ค่าอุปกรณ์เชื่อมต่อ ค่าก่อสร้างระบบสายส่ง เป็นต้น

4) โรงงานขาดความเชื่อมั่นที่จะลงทุน เนื่องจาก

- ขาดการสนับสนุนการลงทุนจากสถาบันการเงิน เนื่องจากความไม่แน่นอนของปริมาณชีวมวล
- ขาดความมั่นใจด้านเทคโนโลยี ด้วยยังขาดการสาธิตเทคโนโลยี
- ไม่มีผู้ให้คำปรึกษาทางเทคนิค
- ขาดบุคลากรที่จะเป็นผู้ดำเนินการและบำรุงรักษาโรงไฟฟ้า

5) ราคาซื้อขายและราคาขายของไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานสิ้นเปลืองยังต่ำมากเมื่อเทียบกับไฟฟ้าที่ได้จากชีวมวล จึงไม่เกิดแรงจูงใจในการผลิต แต่ถ้าราคาไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานสิ้นเปลือง สูงขึ้นในอนาคต ก็จะเป็นแรงจูงใจ ให้มีการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า ของโรงสีข้าว และโรงงานน้ำตาล จนทำให้มีไฟฟ้าเหลือมากพอ จำหน่ายคืนเข้าระบบของการไฟฟ้าฯ ได้

2.1.8 พลังงานหมุนเวียนและพลังงานจากชีวมวล

พลังงานหมุนเวียนในโลกนี้ สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทหลัก ดังนี้

- 1) พลังงานหมุนเวียนที่มาจากแสงอาทิตย์โดยตรง ซึ่งคือ พลังงานแสงอาทิตย์
- 2) พลังงานหมุนเวียนที่มาจากแสงอาทิตย์โดยอ้อม เช่น พลังงานลม คลื่น หรือ ชีว

มวล และชีวภาพ

3) พลังงานหมุนเวียนที่ไม่เกี่ยวข้องกับแสงอาทิตย์ เช่น พลังงานไต้พิภพ น้ำขึ้น-น้ำลง พลังงานทั้งสามประเภท ต่างมีศักยภาพที่แตกต่างกันออกไปตามลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศ สำหรับในประเทศไทยนั้น นอกเหนือจากพลังงานจากแสงอาทิตย์แล้ว พลังงานชีวมวลจัดได้ว่าเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ และที่สำคัญคือ มีศักยภาพสูงมากอีกด้วย

ชีวมวล (Biomass) คือ สารทุกรูปแบบที่ได้มาจากสิ่งมีชีวิตโดยไม่ผ่านการกลายเป็นเชื้อเพลิงฟอสซิลไปแล้ว เช่น สิ่งที่ได้หรือเหลือใช้จากการเกษตร เช่น แกลบ ชานอ้อย ฟางข้าว ขยะมูลฝอย น้ำเสียจากโรงงาน หรือ แม้กระทั่งมูลสัตว์ต่างๆ มีรายงานว่า พลังงานชีวมวลนี้มีสัดส่วนการใช้คิดเป็นร้อยละ 14.7 ของพลังงานรวมของโลก ประมาณกันว่า ประชากรกว่าร้อยละ 40 ของประชากรโลกอาศัยชีวมวลในการหุงต้มและให้ความอบอุ่น และหากพิจารณาเฉพาะปริมาณการใช้ในประเทศกำลังพัฒนาทั่วโลกนั้น การใช้พลังงานชีวมวลจะมีสัดส่วนที่ร้อยละ 38.1 ของการใช้พลังงานทั้งหมด โดยมีจีนและอินเดีย เป็นประเทศผู้ใช้หลัก

สำหรับในประเทศไทยนั้น ข้อมูลล่าสุดคือในปี พ.ศ. 2545 ทางกรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงานได้รายงานไว้ว่า สัดส่วนการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายของพลังงานเชิงพาณิชย์ต่อพลังงานชีวมวล อยู่ที่ประมาณ 83 : 17 ซึ่งลดลงจาก 10 ปีก่อน ซึ่งมีสัดส่วนอยู่ที่ประมาณ 70 : 30 นั้นหมายความว่า เรามีการใช้พลังงานชีวมวลในสัดส่วนที่น้อยลงอย่างมาก แต่กลับไปใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศในสัดส่วนที่มากขึ้น เป็นสาเหตุให้มูลค่าการนำเข้าพลังงานของประเทศสูงขึ้นทุกปี โดยในปี 2545 คิดเป็นมูลค่าถึง 336,388 ล้านบาท (ร้อยละ 85 ใช้ไปกับการซื้อน้ำมันดิบ)

2.1.9 ประโยชน์ของชีวมวล

ประโยชน์ของชีวมวลมาใช้เป็นพลังงานตั้งแต่สมัยโบราณแล้ว ต่อมาโลกได้มีการพัฒนาเจริญมากขึ้น ใช้พลังงานเพิ่มขึ้น จึงได้นำเชื้อเพลิงจากฟอสซิล เช่น น้ำมันดิบ ถ่านหินและก๊าซธรรมชาติมาทดแทน ทำให้พลังงานจากชีวมวลมีบทบาทน้อยลงมากในปัจจุบันนี้ [8]

การนำชีวมวลมาเป็นเชื้อเพลิงมีข้อดีหลายประการมีดังนี้

1) การเผาไหม้สารทุกชนิดจะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่ง ล่องลอยไปในอากาศและห่อหุ้มโลกไว้ เมื่อแสงอาทิตย์ส่องลงมายังโลก รังสีบางส่วนไม่สามารถสะท้อนกลับออกไปได้ ทำให้โลกร้อนขึ้น จึงเรียกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ว่าเป็นก๊าซเรือนกระจก แต่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาชีวมวลจะถูกหมุนเวียนกลับไปใช้โดยพืชเพื่อสังเคราะห์แสง ดังนั้นการเผาชีวมวลไม่ถือว่าก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก

2) การไม่นำชีวมวลมาใช้โดยปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติ เช่น มูลสัตว์จะเกิดก๊าซมีเทนซึ่งถือว่าเป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดหนึ่ง และมีอันตรายกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 21 เท่า

3) ชีวมวลจะมีกำมะถัน หรือ ซัลเฟอร์ไม่เกินร้อยละ 0.2 ดังนั้นการนำชีวมวลมาเผาไหม้จะไม่สร้างปัญหาเรื่องฝนกรด (น้ำมันเตามีปริมาณกำมะถันประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนถ่านหินมีปริมาณกำมะถันประมาณ 0.3-3.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของถ่านหิน)

4) จี๊เถ้าของชีวมวลมีสภาพเป็นต่าง ดังนั้นเหมาะสมที่จะนำไปเพาะปลูกหรือปรับสภาพดินที่เป็นกรดแต่จี๊เถ้าจากการเผาถ่านหินจะมีสภาพเป็นต่าง ดังนั้นเหมาะสมที่จะนำไปเพาะปลูกหรือปรับสภาพดินที่เป็นกรดแต่จี๊เถ้าจากการเผาถ่านหินจะมีสารโลหะหนักปะปนอยู่ ดังนั้นต้องนำไปฝังกลบอย่างถูกวิธีเช่นมีฝ้ายรองรับด้านล่าง

5) ช่วยลดภาระในการกำจัดเช่น นำไปฝังกลบ และเผาทิ้ง เป็นต้น

6) ก่อให้เกิดการสร้างงานในท้องถิ่น ชุมชนมีรายได้เพิ่มขึ้น มีการประเมินว่าการนำชีวมวลในท้องถิ่นมาใช้ ทำให้เงินหมุนเวียนในระบบเพิ่มขึ้นถึง 7 เท่า และรายได้ประชาชาติสูงขึ้น กล่าว คือเมื่อชาวไร่ชาวนามีรายได้เพิ่มขึ้นจากชีวมวล จะนำเงินส่วนนี้ใช้จ่ายหมุนเวียนในท้องถิ่น เช่น จ้างคนเก็บและรวบรวมชีวมวล คนเหล่านั้นจะนำเงินส่วนนี้ใช้จ่ายอีกทอดหนึ่ง เป็นอย่างนี้เรื่อยๆ ไป

7) ประหยัดเงินตราต่างประเทศเพราะไม่ต้องนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศเช่น น้ำมันเตา และถ่านหิน เป็นต้นนอกจากนี้ชีวมวลยังมีประโยชน์ในรูปอื่นๆ เช่น ใช้เป็นวัตถุดิบผลิตสินค้า ปุ๋ย และกิจกรรมทางการเกษตรยกตัวอย่างเช่น

8) แปรรูปเป็นปุ๋ย โดยการนำเศษไม้ ใบหญ้าและฟางข้าวเป็นต้นมาหมัก 2-3 เดือน หรือปล่อยให้ย่อยสลายในสวน ในไร่ตามธรรมชาติก็ได้เช่นกัน

9) เป็นวัตถุดิบเช่น การนำเศษไม้ยางพาราจากโรงเลื่อยมาย่อยละเอียดเป็นแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากการนำไปแปรรูปเป็นเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ

10) เพาะเห็ดจากขี้เลื่อย และทะลายปาล์มเปล่า

11) ใช้ในกิจกรรมปศุสัตว์ เช่น ไรย์เกลบได้โรงเลี้ยงไก่เพื่อรองรับมูลไก่ เป็นต้น ความต้องการใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอนาคตเช่นกัน เนื่องจากชีวมวลมีราคาถูก ไม่แพงเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงสมัยใหม่ในปริมาณความร้อนที่เท่ากัน และจากปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งทำให้เกิดการสะสม ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ในบรรยากาศที่นำไปสู่การเกิดปฏิกิริยาเรือนกระจก และทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น ในขณะที่การนำชีวมวล มาใช้เป็นพลังงานทดแทนการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ จะช่วยบรรเทาปัญหาการเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ให้กับบรรยากาศ แต่เนื่องจากชีวมวลบางชนิดมีการผลิตตามฤดูกาลหรือมีเฉพาะบางภูมิภาค ดังนั้นการนำชีวมวลมาใช้ผลิตพลังงาน ในแต่ละโรงงาน ต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่น ประกอบ ได้แก่ แหล่งชีวมวลปริมาณรวมของชีวมวล และเทคโนโลยีการผลิตพลังงานชีวมวล

แม้ว่าในขณะนี้ การใช้พลังงานชีวมวล และเทคโนโลยีบางด้าน ยังไม่สามารถดำเนินการในเชิงพาณิชย์ และไม่มีมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ แต่การเตรียมพร้อมก็อาจจะเป็นประโยชน์อย่างมาก หากเกิดวิกฤติพลังงานขึ้นในอนาคต ขณะเดียวกันก็มีความเป็นไปได้ ที่จะทำให้การพัฒนาเทคโนโลยีบางสาขา ไปถึงขั้นที่สามารถลดต้นทุนลงจนกลายเป็นทางเลือก ที่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ได้เช่นกัน

2.2 ถ่าน

ถ่าน คือ ไม้ที่ได้จากการเผาไหม้ภายในบริเวณที่มีอากาศอยู่เบาบาง หรืออาจกล่าวในทางเทคนิคก็คือกระบวนการแยกสารอินทรีย์ภายในไม้ในสภาวะที่มีอากาศอยู่น้อยมาก เมื่อมีการให้ความร้อนระหว่างกระบวนการ จะช่วยกำจัดน้ำมัน น้ำมันดิน และสารประกอบอื่นๆ ออกจากไม้ ซึ่งผลผลิตที่ได้จากกระบวนการ คือ สารต่างๆ ประกอบด้วย สารประกอบหลักคือ คาร์บอน (80 เปอร์เซ็นต์) นอกจากนั้นจะเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (10-20 เปอร์เซ็นต์) เถ้า (0.5-10 เปอร์เซ็นต์) และแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น กำมะถัน และ ฟอสฟอรัส ถ่านที่ได้หลังจากกระบวนการผลิตจะมีปริมาณของคาร์บอนสูงและไม่มีความชื้น ทำให้ปริมาณพลังงานในถ่านสูง โดยมีค่าเป็นสองเท่าของปริมาณพลังงานในไม้แห้งสำหรับกระบวนการที่ทำให้สารอินทรีย์ในเนื้อไม้เปลี่ยนรูปเป็นถ่าน

เรียกว่า “คาร์บอนไนเซชัน (Carbonization)” เราสามารถแยกกระบวนการดังกล่าวเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ การเผาไหม้ การลดความชื้น การคายความร้อน และการทำให้เย็น [9]

2.2.1 ถ่านอัดแท่ง

พลังงานทางเลือกในยุคน้ำมันแพง พุดถึงเรื่องพลังงานทางด้านเชื้อเพลิง “ถ่าน” ก็เป็นส่วนหนึ่งที่ใช้ในครัวเรือน ในการประกอบอาหารประเภท ปิ้งย่าง ฯลฯ โดยเฉพาะอาชีพค้าขายประเภทดังกล่าว เช่น ไก่ย่าง เป็นต้น ที่ต้องใช้ถ่านเป็นประจำ เมื่อหลายปีก่อน คนเราจะคุ้นเคยและเคยชินกับถ่านไม้เท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ซึ่งได้จากการนำแท่งฟืนไม้มาเผาเป็นถ่านแต่ด้วยพระอัจฉริยภาพอันยาวไกลของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว พระองค์ทรงเล็งเห็นเกี่ยวกับการขาดแคลนไม้ในอนาคต รวมทั้งพลังงานด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านน้ำมัน พระองค์ทรงมีพระราชดำริให้วิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนน้ำมันตั้งแต่ราคาน้ำมันยังถูกๆแต่ด้วยสายพระเนตรอันยาวไกลของพระองค์ท่าน จึงเกิดโครงการในพระราชดำริต่างๆมากมายในปัจจุบัน ในด้านการผลิตถ่าน พระองค์ทรงมีพระราชดำริในการนำวัสดุเหลือใช้ เช่น ผักตบชวา มาอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิง ซึ่งเรียกว่า “เชื้อเพลิงเขียว” และถ่านจากแกลบ ซึ่งปัจจุบันโครงการส่วนพระองค์ในสวนจิตรดา ก็มีโครงการเกี่ยวกับการผลิตถ่านอัดแท่ง ซึ่งเปิดให้ประชาชนทั่วไปเข้าเยี่ยมชม เพื่อจะได้นำความรู้ไปพัฒนาสำหรับการประกอบอาชีพให้เหมาะสมกับตนเองเพื่อความเป็นอยู่ที่ดีพอเพียงต่อไป



รูปที่ 2.2 ถ่านอัดแท่งตามท้องตลาด [10]

2.2.2 กรรมวิธีการผลิต

หลักการผลิตถ่านอัดแท่งมี 2 วิธี คือ

1) การอัดร้อน เป็นการอัดวัสดุโดยที่วัสดุไม่จำเป็นต้องเป็นถ่านมาก่อน เมื่ออัดเป็นแท่งเสร็จแล้ว ค่อยนำเข้าเตาให้เป็นถ่านอีกครั้งหนึ่ง วัสดุที่สามารถผลิตโดยวิธีการอัดร้อน ขณะนี้มี 2 ชนิด คือ แกลบ และขี้เลื่อย เพราะวัสดุทั้ง 2 ชนิดนี้เมื่อโดนอัดด้วยความร้อน จะมีสารในเนื้อของวัสดุยึดตัวมันเอง จึงทำให้สามารถยึดเกาะเป็นแท่งได้ โดยที่ไม่ต้องใช้ตัวประสาน โดยที่เครื่องอัดต้องเป็นเครื่องอัดชนิดอัดร้อน ซึ่งราคาค่อนข้างสูง

2) การอัดเย็น เป็นการอัดวัสดุที่เผาถ่านมาแล้ว แล้วนำมาผสมกับแป้งมันหรือวัสดุประสานอื่นๆ โดยทั่วไปจะเป็นแป้งมัน ถ้าวัสดุใดมีขนาดใหญ่ เช่น กะลามะพร้าว เมื่อผ่านการเผาแล้ว ต้องมีเครื่องบดให้ละเอียดก่อน แล้วค่อยนำมาผสมกับแป้งมันและนำไปอัดราส่วนตามที่ต้องการ [13]

2.2.3 กระบวนการเกิดถ่าน

กระบวนการเกิดถ่านเกิดจากกระบวนการที่ทำให้สารอินทรีย์ในเนื้อไม้เปลี่ยนรูปเป็นถ่าน เรียกว่า “คาร์บอนไนเซชัน” (Carbonization) เราสามารถแยกกระบวนการดังกล่าวเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

1) การเผาไหม้ (Carbonization) คือ กระบวนการที่ต้องการปริมาณออกซิเจนจำนวนมากระหว่างการเกิดกระบวนการคาร์บอนไนเซชัน โดยกระบวนการดังกล่าวจะเป็นการให้ความร้อนกับไม้ภายในเตาเผาถ่าน ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิในเตาเผาถ่านสูงกว่าอุณหภูมิบรรยากาศมากกว่า 500 องศาเซลเซียส หลังจากการสิ้นสุดการเผาไหม้ปริมาณของออกซิเจนภายในห้องเผาไหม้จะลดลงอย่างรวดเร็ว และอุณหภูมิของห้องเผาไหม้จะลดต่ำลงจนถึงอุณหภูมิประมาณ 120 องศาเซลเซียส

2) การลดความชื้น (Dehydration) เป็นกระบวนการให้ความร้อนโดยการเผาไหม้เพื่อไล่ความชื้นภายในเนื้อไม้ให้ออกไปอยู่ในรูปของไอน้ำโดยระหว่างกระบวนการ อุณหภูมิของเตาเผาถ่านจะสูงขึ้นทีละน้อยจนกระทั่งถึงอุณหภูมิประมาณ 270 องศาเซลเซียส ความชื้นก็จะค่อย ๆ ลดลงจนกระทั่งหมดไป ซึ่งสังเกตได้จากปริมาณไอน้ำสีขาวที่เกิดขึ้นจนหนาขึ้น

3) การคายความร้อน (Exothermic) หลังจากกระบวนการไล่ความชื้นเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์เมื่อสิ้นสุดการเผาไหม้จะเข้าสู่ขั้นตอนของการทำให้เกิดปฏิกิริยาคายความร้อนของไม้ โดยทำการกำจัดอากาศไม่ให้ปฏิกิริยาการเผาไหม้ในเตาเผาถ่านอีก ในระหว่างปฏิกิริยาคายความร้อนจะเกิดก๊าซต่างๆเนื่องจากการแยกสลายทางความร้อน (Paralysis) ของไม้เช่น กรดอะซิติก เมทิลแอลกอฮอล์ และน้ำมันดิบ ซึ่งวัสดุแข็งที่ได้หลังกระบวนการนี้จะเรียกว่า “ ถ่าน ” ระหว่างกระบวนการคาย

ความร้อน จะมีควันสีเหลืองและการระเหยของไอน้ำเกิดขึ้น โดยอุณหภูมิภายในเตาเผาจะสูงประมาณ 700 องศาเซลเซียส

4) การทำให้เย็นตัว (Cooling) เป็นกระบวนการลดความร้อนของเตา เพื่อนำถ่านที่ได้จากระบวนการ คาร์บอนไนเซชันออกจากเตาไพโรไลซิสของไม้และคุณภาพของถ่าน (Wood Pyrolysis and charcoal Qualities) [9]

2.2.4 การบดย่อย

ลักษณะผงถ่านที่นำมาใช้ในการอัดแท่งจะต้องละเอียดพอที่จะนำไปขึ้นรูปได้ดี โดยขนาดของผงถ่านที่ใช้นั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของถ่านและวิธีการทำผงถ่านให้เป็นแท่ง วิธีการบดย่อยสามารถทำได้หลายวิธีไม่ว่าจะเป็นการใช้เครื่องบด เครื่องสับและเครื่องป่นวัสดุ หรือวิธีที่ง่ายที่สุดก็คือการบดด้วยมือโดยอาจใช้ครกและสากเป็นอุปกรณ์ซึ่งวิธีนี้ต้องการแรงงานมากและใช้เวลานาน ซึ่งจากการอัดขึ้นรูปผงถ่านหินขนาดต่างๆ พบว่าในปริมาณตัวประสานที่เท่ากันผงถ่านหินขนาดเล็กมีแนวโน้มในการขึ้นรูปได้ดีกว่าและสามารถรับน้ำหนักที่ทำให้ถ่านหินอัดแท่งแตกหักได้ดีกว่าผงถ่านหินขนาดใหญ่ [11]

2.2.5 การผสม

การผสมอัตราส่วนผสมของถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวและขี้เถ้าจากในกระบวนการผลิต (Regrind) จำนวน 5 อัตราส่วน ประกอบไปด้วยอัตราส่วนของกากมะพร้าวและขี้เถ้าโดยมีอัตราส่วนผสมดังนี้ 9 : 1, 7 : 3, 5 : 5, 3 : 7, 1 : 9 เป็นการผสมวัสดุที่ถูกป่นย่อยแล้วกับสารที่จะช่วยประสานวัสดุให้ติดกันง่ายขึ้นลักษณะของตัวประสานที่ดีนั้นนอกจากจะต้องมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคสูงแล้ว ที่อุณหภูมิใช้งานยังต้องเปียกและสามารถปกคลุมพื้นที่ผิวของถ่านได้ทั่วถึง ในการทำถ่านอัดแท่งจากถ่านในท้อบ พบว่าถ่านที่เมื่อผ่านกรรมวิธีอบแล้วจะขาดคุณสมบัติในการจับตัวเมื่อได้รับแรงกด ดังนั้นจึงต้องมีตัวประสานช่วย ซึ่งในต่างประเทศใช้ น้ำมันถ่านหิน (Coal tars) มาผสมสำหรับประเทศไทยได้ทดลองใช้ผลิตผลทางการเกษตรเป็นตัวประสานพบว่ากากน้ำตาลและแยมเปียกเป็นตัวประสานที่ดี ถ่านอัดแท่งที่ใช้กากน้ำตาลเป็นตัวเชื่อมประสานนั้นมีค่าความร้อนสูงกว่า และมีปริมาณเถ้าต่ำกว่าถ่านอัดแท่งที่ใช้แยมเปียกเป็นตัวเชื่อมประสาน แต่ข้อเสียของการใช้กากน้ำตาลคือ ต้องใช้ปริมาณมากกว่าและเมื่อทิ้งไว้ในอากาศชื้นๆจะดูดความชื้นจากในอากาศเข้าไปทำให้ อ่อนตัวลง [11]

อย่างไรก็ตามยังมีวัสดุอีกมากมายสามารถนำมาใช้เป็นตัวประสานได้ซึ่งในแต่ละท้องถิ่นก็จะมีการใช้วัสดุที่แตกต่างกันออกไป ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ดังนั้นในการที่จะเลือกวัสดุใดเป็นตัวประสานนั้นก็ควรพิจารณาถึงคุณสมบัติดังต่อไปนี้ คือ ราคาถูก มีแรงยึดเกาะที่ดี ไม่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นขณะเผาไหม้ และสามารถหาได้ง่ายสำหรับเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ไม่ได้ใช้ตัวเชื่อม

ประสานใดๆ เมื่ออัดเสร็จแล้วต้องนำไปใช้เลยเพราะมีความเปราะมาก ทำให้หักเป็นท่อนๆและปนกระจายได้ง่าย จึงไม่สามารถเก็บรักษาไว้นานๆ



รูปที่ 2.3 การผสมถ่านกากมะพร้าวกลับถ่านขี้เลื่อยตามอัตราส่วนที่กำหนด

2.2.6 การอัดเป็นแท่ง ตามรูปทรงที่กำหนด

ขั้นตอนในการอัดส่วนผสมเป็นแท่งนี้เป็นขั้นตอนในการกำหนดรูปร่างและความแน่นของเนื้อถ่านอัดแท่ง โดยกำหนด รูปทรงถ่านอัดแท่งที่มีทั้งด้านกว้าง ด้านยาว และด้านลึก เป็นภาพที่มีด้าน 3 ด้านหรือเรียกว่า 3 มิติเป็นส่วนที่แสดงความลึกและมีรายละเอียดต่างๆ ประกอบภาพอีกด้วยเพื่อให้ดูเหมือนจริงเป็นไปตามรูปทรงของถ่านอัดแท่งที่กำหนดไว้ โดยถ่านอัดแท่งรูปทรงกระบอกมีครีบ 5 ครีบรอบด้าน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 เซนติเมตรรูปทรงมีลักษณะรูกลวงระบายอากาศตลอดแท่งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูกลวงขนาด 1 เซนติเมตร ความยาว ขนาด 12 เซนติเมตร ทั้งนี้ ขนาดและรูปร่างนั้นจะขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ในการใช้งาน และความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งวิธีที่ง่ายที่สุดก็คือการใช้มือปั้นและอัดส่วนผสมให้เป็นแท่งแม้ว่าแรงอัดด้วยวิธีนี้จะมีไม่มากนักดังแสดงในรูปที่ 2.4 [8]

ได้ทำการศึกษาถึงความหนาแน่นของฟืนอัด พบว่า ฟืนอัดที่มีความหนาแน่นระหว่าง 0.35 – 0.45 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรซึ่งจะมีการติดไฟง่าย และไฟไม่มอดเมื่อเติมเชื้อเพลิง นั้นเหมาะในการอัดได้ด้วยวิธีการกระทุ้ง สำหรับฟืนอัดที่มีความหนาแน่นระหว่าง 0.50 – 0.55 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร การติดไฟค่อนข้างยาก และไฟอาจมอดเมื่อเติมเชื้อเพลิง ส่วนฟืนอัดที่มีความหนาแน่นระหว่าง 0.60 – 0.70 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ติดไฟยาก และไฟมอดง่ายเมื่อเติมเชื้อเพลิง ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นเหมาะสม จะช่วยให้เกิดการลุกไหม้ ให้ความร้อนได้นาน ส่วนเชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นน้อยเกินไปจะทำให้เกิดการลุกไหม้และมอดเร็ว

ไม่สะดวกต่อการใช้งานเพราะต้องเติมเชื้อเพลิงบ่อยๆ แต่ข้อดีของเชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นมากเกินไปจะทำให้การลุกไหม้เกิดไม่สะดวกและบางครั้งอาจทำให้เชื้อเพลิงดับอีกด้วย



รูปที่ 2.4 การอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่กำหนด

2.2.7 การทำให้แห้ง

เนื่องจากเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้ยังมีปริมาณความชื้นอยู่สูง จึงต้องนำไปตากให้แห้งเพื่อเป็นการลดความชื้นตามมาตรฐานให้ไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก และเพื่อทำให้เชื้อเพลิงแข็ง ตัว เกาะกันแน่น ซึ่งวิธีที่ง่ายและถูกที่สุด สำหรับการทำให้แห้งก็คือนำไปผึ่งแดดจนกว่าถ่านจะแห้งสนิท ดังแสดงในรูปที่ 2.5 [11]



รูปที่ 2.5 การทำให้แห้งโดยการนำแท่งถ่านไปตากแดด

2.3 วัตถุดิบที่ใช้ทำการทดลอง

2.3.1 มะพร้าว

มะพร้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญที่สุดชนิดหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.6 ของจังหวัด ประจวบคีรีขันธ์มีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 486,858 ไร่ ซึ่งเป็นพื้นที่ให้ผลผลิตแล้ว 469,000 ไร่ ได้ ปริมาณผลผลิตประมาณ 662,990 ตันต่อปี ผลผลิตประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ใช้บริโภคสด ภายใน ประเทศอีก 70 เปอร์เซ็นต์ ส่งเข้าโรงงานแปรรูป เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมต่อเนื่อง อาทิ การ ทำกะทิและอุตสาหกรรมการหีบน้ำมันมะพร้าว ในจังหวัดและเขตจังหวัดใกล้เคียง จากปริมาณ ผลผลิตที่ส่งเข้าโรงงานแปรรูป เป็นกะทิและน้ำมันมะพร้าว จะเกิดผลพลอยได้ที่เป็นกากมะพร้าว ไม่น้อยกว่า 20,000 ตัน/ปี และจากการดำเนินการโครงการฝึกอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยีการ แปรรูปจากผลิตภัณฑ์มะพร้าว พบว่า ยังมีเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์จำนวนน้อยใช้กากมะพร้าวมาเป็น แหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์เพื่อเลี้ยงสัตว์อีกทั้งการใช้กากมะพร้าวของเกษตรกรดังกล่าวยังมีการใช้ แบบไม่เต็มศักยภาพและไม่มีประสิทธิภาพ ทั้งนี้เนื่อง จากเกษตรกรยังขาดความรู้ความเข้าใจถึง ศักยภาพของกากมะพร้าวที่จะเป็นแหล่งโปรตีนสำหรับ โคเนื้อและโคนม ตลอดจนขาดความรู้ใน การปรับปรุงคุณภาพ เพื่อขจัดจุดด้อยและข้อจำกัดของกากมะพร้าว ที่จะใช้เป็นของกากมะพร้าวที่ จะใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสุกรและสัตว์ปีก ทำให้กากมะพร้าว ที่เป็นผลพลอยในท้องถิ่น ถูก นำไปใช้ในท้องถิ่นอื่น ปีละไม่น้อยกว่า 2,000 ตัน และเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ต้องส่งแหล่งโปรตีนอื่น จากภายนอกมาเลี้ยงสัตว์ในจังหวัด ในทำนองเดียวกัน ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมอื่นๆ อาทิ เช่น เปลือกสับปะรดที่ผลิตได้ปีละประมาณ 200,000 ตัน (100,000 ตัน โดยน้ำหนักแห้ง) ก็ยังมิได้รับ การพัฒนาและแปรรูปมาใช้เป็นแหล่งอาหารสัตว์ในท้องถิ่นได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ด้วยเหตุนี้ จึงมีความจำเป็นเร่งด่วนที่จะต้องดำเนิน การวิจัยและพัฒนาวิธีการแปรรูปกากมะพร้าว และผล พลอยได้ทางการเกษตรหลัก เช่น เปลือกสับปะรดให้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่สามารถให้โภชนะ แก่เศรษฐกิจของจังหวัดให้เต็มประสิทธิ ภาพเพื่อลดต้นทุนการผลิตสัตว์ พร้อมๆ กับช่วยเพิ่มมูลค่า ของผลพลอยได้ดังกล่าวให้สูงขึ้นเพื่อเกษตรกรผู้ปลูกจะได้รับราคาผลิตผลเพิ่มขึ้นด้วย การดำเนิน กิจกรรมของโครงการในส่วนต้นเน้นการมีส่วนร่วมของโรงงานแปรรูปให้เป็นวัสดุอาหารสัตว์ที่มี คุณภาพดี ตามด้วยการมีส่วนร่วมของเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ ในการในสถานประกอบการจริง ขึ้นตอนสุดท้ายจะนำผลการทดสอบไปประมวลข้อแนะนำในการใช้ และทำการฝึกอบรมเกษตรกร ผู้เลี้ยงสัตว์ในจังหวัดให้มีการประยุกต์ ใช้ในฟาร์มต่อไป [12]



รูปที่ 2.6 ต้นมะพร้าว

1) ลักษณะทั่วไปของมะพร้าว เป็นไม้ยืนต้น สูงชะลูด 7-10 เมตร เปลือกลำต้นแข็ง ใบออกเป็นใบรวม มีใบย่อยเป็นแผ่นแคบยาว เรียงสลับกันเป็นรูปขนนกปลายใบแหลม ดอกออกเป็นช่อตามบริเวณกาบที่หุ้ม ดอกย่อยขนาดเล็ก ดอกหนึ่งมีกลีบดอกประมาณ 6 กลีบผล เป็นรูปกลมหรือรี เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 8 - 9.5 นิ้ว เปลือกนอกเรียบเกลี้ยง ประกอบด้วยเอพิการ์ป (Epicarp) คือเปลือกนอกถัดไปข้างในจะเป็นมีโซคาร์ป (Mesocarp) หรือใยมะพร้าว ถัดไปข้างในเป็นส่วนเอนโดคาร์ป (Endocarp) หรือกะลามะพร้าว ซึ่งจะมีรูกลีกล้อมอยู่ 3 รู สำหรับออก ถัดจากส่วนเอนโดคาร์ปเข้าไปจะเป็นส่วนเอนโดสเปิร์ม หรือที่เราเรียกว่าเนื้อมะพร้าว ภายในมะพร้าวจะมีน้ำมะพร้าวซึ่งเมื่อมะพร้าวแก่ เอนโดสเปิร์มก็จะดูดเอาน้ำมะพร้าวไปหมด ขณะที่มะพร้าวยังอ่อนชั้นเอนโดสเปิร์ม (เนื้อมะพร้าว) ภายในผลมีลักษณะบางและอ่อนนุ่ม ภายในมีน้ำมะพร้าว ซึ่งในระยะนี้เรามักสอยเอามะพร้าวลงมารับประทานน้ำและเนื้อ เมื่อมะพร้าวแก่ ซึ่งสังเกตได้จากการที่เปลือกนอกเริ่มเปลี่ยน เป็นสีน้ำตาล ชั้นเอนโดสเปิร์มก็จะหนาและแข็งขึ้น จนในที่สุดมะพร้าวก็หล่นลงจากต้นการปลูก มะพร้าวปลูกได้ดีในดินปนทราย ขยายพันธุ์โดยใช้ผลแก่เพาะเป็นต้นอ่อน สูงประมาณครึ่งถึงหนึ่งเมตร จึงนำไปปลูกในหลุมที่รองก้นด้วยปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมัก บำรุงด้วยปุ๋ยปี สามารถตัดแต่งได้อีกทั้งมะพร้าวมีรากที่แข็งแรงและแผ่ขยายไปได้ไกล ทำให้ไม่นิยมปลูกในบ้านที่มีบริเวณบ้านน้อยหรือพื้นที่คับแคบแต่สำหรับบ้านที่มีบริเวณบ้านมากพอก็สามารถปลูกได้ มะพร้าวให้ร่มเงาดี เมื่อต้นมีอายุมากขึ้น โคนต้นจะโปร่งทำให้สามารถปลูกหญ้าที่บริเวณโคนต้นได้ มะพร้าวสามารถใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น

- ในผลมะพร้าวอ่อน จะมีน้ำอยู่ภายในเรียกว่าน้ำมะพร้าว ใช้เป็นเครื่องดื่มเกลือแร่ได้ เนื่องจากอุดมไปด้วยโพแทสเซียม นอกจากนี้ น้ำมะพร้าวยังมีคุณสมบัติปลอดเชื้อโรค และเป็นสารละลายไอโซโทนิค (สารละลายที่มีความเข้มข้นเท่ากับภายในเซลล์ ซึ่งไม่ทำให้เซลล์เสียรูปทรง) ซึ่งด้วยเหตุนี้จึงสามารถนำน้ำมะพร้าวไปใช้ฉีดเข้าหลอดเลือดดำ ในผู้ป่วยที่มีอาการขาดน้ำหรือปริมาณเลือดลดลงได้
- น้ำมะพร้าว สามารถนำไปทำวุ้นมะพร้าวได้ โดยการเจือกรดอ่อนเล็กน้อยลงในน้ำมะพร้าว
- เนื้อในของมะพร้าวแก่ นำไปทำกะทิได้ โดยการขูดเนื้อในเป็นเศษเล็กๆ แล้วบีบเอาน้ำกะทิออก
- กาก ที่เหลือจากการคั้นกะทิ ยังสามารถนำไปทำเป็นอาหารสัตว์ได้
- ยอดอ่อนของมะพร้าว หรือเรียกอีกชื่อว่า หัวใจมะพร้าว (Coconut's Heart) สามารถนำไปใช้ทำอาหารได้ ซึ่งยอดอ่อนมีราคาแพงมาก เพราะการเก็บยอดอ่อนทำให้ต้นมะพร้าวตาย ด้วยเหตุนี้จึงมักเรียกยำยอดอ่อนมะพร้าวว่า "สลัดเจ้าสัว" (Millionaire's Salad)
- ใบมะพร้าว นำไปใช้ยัดฟูก ทำเสื่อ หรือนำไปใช้ในการเกษตร
- น้ำมันมะพร้าว ได้จากการหีบหรือดัดกากมะพร้าวบด นำไปใช้ในการปรุงอาหารหรือนำไปทำเครื่องสำอางก็ได้ และในปัจจุบันยังมีการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวอีกด้วย
- กะลามะพร้าว นำไปใช้ทำสิ่งประดิษฐ์ต่างๆ เช่น กระบวย โคมไฟ กระดุม ขออื่นๆ
- ก้านใบ หรือหางมะพร้าว ใช้ทำไม้กวาดหางมะพร้าว

2) กากมะพร้าว เป็นผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมันมะพร้าว ของโรงงานผลิตน้ำมันพืช มีคุณสมบัติคือมีโปรตีนประมาณ 18-21 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าเป็นกากมะพร้าวจากการคั้นกะทิจะมีโปรตีนต่ำมากแค่ 1.2 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 กากมะพร้าวที่ได้จากการคั้นเอาน้ำกะทิแล้ว

ตารางที่ 2.5 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของกากมะพร้าว [7]

ส่วนประกอบ	เปอร์เซ็นต์
ความชื้น	10
โปรตีน	21
ไขมัน	6
เยื่อใย	12
เถ้า	7
แคลเซียม	0.20
ฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์ได้	0.20
ไลซีน	0.59
เมทไธโอนีน	0.37
เมทไธโอนีน + ซีสตีน	0.50
ทรีปโตเฟน	0.16
ทรีโอนีน	0.65

ตารางที่ 2.5 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของกากมะพร้าว (ต่อ)

ส่วนประกอบ	เปอร์เซ็นต์
ไอโซลูซีน	0.73
อาร์จินีน	2.08
ลูซีน	1.30
เฟนิลอะลานีน+ไทโรซีน	1.40
ฮิสติดีน	0.39
เวอรีน	1.14
ไกลซีน	0.88

2.3.2 จี้เลื่อย

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

1) ผลิตภัณฑ์จากจี้เลื่อย ผลิตภัณฑ์จากจี้เลื่อย หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำหรือประดิษฐ์ขึ้นโดยการนำจี้เลื่อยมาผสมกับกาวในสัดส่วนที่เหมาะสม อาจเติมวัสดุอื่นเพื่อช่วยการยึดเกาะ เช่น ใยสา ฟางข้าว ลงในส่วนผสมด้วยก็ได้ แล้วนำมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ตั้งทิ้งไว้ให้แห้งจนแข็งตัว นิยมนำมาทำเป็นตุ๊กตารูปสัตว์ ดอกไม้ ต้นไม้ อาจผสมสีลงในวัสดุหรือตกแต่งสีเพื่อความสวยงาม และอาจประกอบ ด้วยวัสดุอื่นหรือใช้วัสดุอื่นช่วยในการทำ เช่น ลวด ไม้

2) จี้เลื่อย หมายถึง พงไม้ที่เกิดจากการตัดไม้ด้วยเลื่อยหรือเกิดจากการขัดไม้ด้วยกระดาษทรายหรือเครื่องขัดโดยอาจนำไปบดให้ละเอียดก่อนนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ [13]

2.3.3 กะลามะพร้าว [14]

1) ลักษณะทั่วไปของกะลามะพร้าว

กะลามะพร้าวเป็นพืชชีวมวลเหลือใช้จากมะพร้าว ซึ่งมะพร้าว 1 ลูก จะได้ใยร้อยละ 36.2 และกะลาร้อยละ 16 ดังรูปที่ 2.8 โดยส่วนมากมะพร้าวจะปลูกบริเวณภาคใต้ของประเทศไทย (ประมาณร้อยละ 80) ซึ่งปกติจะให้ผลผลิตตลอดปีแต่จะให้ผลผลิตมากในช่วงเดือนพฤษภาคม-สิงหาคม



รูปที่ 2.8 กะลามะพร้าว

1) ประโยชน์ของกะลามะพร้าว

กะลามะพร้าวสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้หลายอย่างมากมาย ดังนี้

- การนำกะลามะพร้าวมาดัดแปลงทำเป็นวัสดุใช้สอยภายในครัวเรือน เช่น ช้อน ถ้วย และอุปกรณ์ตกแต่งบ้าน เป็นต้น
- การนำถ่านชาร์กะลามะพร้าวที่ได้จากกระบวนการคาร์บอนไนซ์เซชัน มาใช้เป็นตัวดูดซับสีและกลิ่นในอุตสาหกรรมต่างๆ
- การนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้โดยตรงประเทศไทย เป็นประเทศเกษตรกรรม มีพืชผลจากการเกษตรมากมายที่สามารถนำมาสร้างเศรษฐกิจชุมชน และเป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีพของมนุษย์ โดยไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม และสร้างความอยู่ดีกินดีแก่ชุมชน

2) ค่าความร้อนของกะลามะพร้าว

ปัจจุบัน ได้มีการพัฒนาประดิษฐ์คิดค้น การใช้กะลามะพร้าวมาทำเป็นเชื้อเพลิงในลักษณะอัดแท่งเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มของวัสดุเหลือใช้ในชุมชนให้เกิดประโยชน์ในทางเศรษฐกิจ รักษาสภาพแวดล้อม ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะ ไม่ทำลายป่าไม้ ซึ่งผู้ประดิษฐ์คิดค้นมีภูมิความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับกรรมวิธีการเผากะลามะพร้าว สำหรับทำถ่านกะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิงคุณภาพอยู่บ้างแล้ว ประกอบกับมีความรู้ด้านเครื่องจักรกล จึงคิดค้นทำถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งเป็นเชื้อเพลิง ทดแทนถ่านจากไม้และเชื้อเพลิงอื่นๆ ในเชิงอุตสาหกรรมขึ้นมา

ในการให้ค่าความร้อน ถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งให้ความสูงถึง 7,160.51 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม (ผลการทดสอบของศูนย์ปฏิบัติการวิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อม) ในขณะที่วัสดุเชื้อเพลิงในรูปแบบอัดแท่งชนิดอื่นๆ ชานอ้อย ให้ค่าความร้อน 2,200 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม แกลบ ให้ค่าความร้อน 2,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ชังข้าวโพด ให้ค่าความร้อน 2,500 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม (ค่าความร้อนยอมรับที่ 5000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม)

ให้ความร้อนได้นานถึง 4 ชั่วโมง โดยสม่ำเสมอ ในกรณีที่ใช้ไม่หมด สามารถเก็บไว้ใช้ในครั้งต่อไปได้อีก โดยนำไปจุ่มน้ำ แล้วตากให้แห้ง ไม่มีควัน ไม่ก่อให้เกิดประกายไฟ ในขณะที่ให้ความร้อนหรือเริ่มเผาไหม้ ใช้น้ำน้อยและสามารถดับกลิ่นในตู้เย็นได้

2.3.4 ถ่านไม้

1. ความเป็นมาของถ่านไม้

ถ่านไม้อยู่คู่กับสังคมไทยมาช้านาน แต่ถ้ามองให้ไกลออกไปก็จะพบว่า ถ่านไม้มีความสัมพันธ์กับสังคมมนุษย์มาไม่น้อยกว่า 450,000 ปีล่วงมาแล้ว โดยเฉพาะเมื่อสังคมมนุษย์เริ่มเข้าสู่ยุคเหล็ก (Iron Age) เป็นต้นมาและมนุษย์เริ่มรู้จักการนำเอาแร่เหล็กมาถลุงเพื่อใช้ทำภาชนะต่างๆ เพื่อใช้ในการดำรงชีพ และใช้สร้างอาวุธไว้ต่อสู้ ป้องกันตัว และเป็นเครื่องล่าสัตว์ ถ่านไม้จึงเข้ามามีบทบาทกับวิถีชีวิตมนุษย์ตั้งแต่นั้นมา ประกอบกับในช่วงระยะเวลาดังกล่าวทรัพยากรป่าไม้อยู่อย่างอุดมสมบูรณ์ ง่ายต่อการนำมาใช้ประโยชน์ จึงทำให้เกิดการคิดค้นวิธีการใช้ประโยชน์จากไม้โดยผลิตเป็นถ่านขึ้น ซึ่งให้พลังงานความร้อนสูงกว่าไม้ฟืนธรรมดาทั่วไป

ในระยะต่อมาได้มีอุตสาหกรรมผลิตถ่านเกิดขึ้น เพื่อใช้ในกระบวนการผลิตของสังคมมนุษย์ อีกทั้งยังใช้เป็นเชื้อเพลิงในชีวิตประจำวัน เช่น ใช้ในการประกอบอาหาร ให้ความอบอุ่นแก่ร่างกาย เป็นต้น โดยเฉพาะในประเทศญี่ปุ่นได้มีอุตสาหกรรมผลิตถ่านไม้มาแล้วไม่น้อยกว่า 15 ศตวรรษ และยังนำเอาควันที่เกิดขึ้นในการผลิตถ่านมาใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ ก่อให้เกิดมูลค่าทางเศรษฐกิจ นอกเหนือจากผลผลิตถ่านไม้ที่ผลิตได้ อาจกล่าวได้ว่าประเทศญี่ปุ่นได้พัฒนาเทคนิควิธีการและใช้ประโยชน์จากขั้นตอนการผลิตถ่านไม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยเฉพาะน้ำส้มไม้ (Wood Vinegar) ญี่ปุ่นได้ผลิตขึ้นใช้ในรัชสมัยเมจิ เทียบได้กับรัชสมัยของพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวของประเทศไทย

ปริมาณการผลิตถ่านไม้ของประเทศญี่ปุ่นเมื่อประมาณ 50 ปีที่แล้ว (ค.ศ. 1957-1958, 2500-2501) สามารถผลิตถ่านไม้ได้เฉลี่ยปีละ 2.2 ล้านตัน และมีปริมาณลดลงเรื่อยมาจนกระทั่งปี ค.ศ. 1971 (2514) ผลิตถ่านไม้ได้เพียงปีละ 60,000 ตัน ทำให้ผู้ประกอบการผลิตถ่านไม้รวมตัวกันเป็น

สมาคมผู้ผลิตถ่านไม้ขึ้นในปี 1985 (2528) (SUMIYAKI-NO-KAI) เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งในเรื่องความนิยมของผู้บริโภคและเทคนิควิธีการผลิตถ่านไม้ให้ได้คุณภาพสูง โดยการวิจัยและพัฒนาการผลิตถ่านไม้อย่างเป็นระบบ และยังได้ประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนได้รับทราบและเห็นคุณค่าการใช้ถ่านไม้และน้ำส้มไม้ในวิถีชีวิตประจำวันได้หลากหลายขึ้น

สำหรับประเทศไทยนั้น การใช้ถ่านไม้เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้มยังพบได้ในท้องถิ่นชนบทห่างไกล หรือในชุมชนเมืองบางส่วนยังใช้ถ่านไม้ในวิถีชีวิตประจำวันอยู่ แต่การผลิตถ่านไม้ในสังคมไทย ผู้ผลิตยังถูกมองว่าเป็นต้นเหตุของการตัดไม้ทำลายป่าและสร้างมลภาวะให้กับสภาพแวดล้อม อีกทั้งกฎหมาย ระเบียบปฏิบัติของหน่วยงานที่ดูแลเรื่องนี้ยังไม่เอื้อต่อผู้ผลิตถ่านไม้ ที่จะคิดค้นพัฒนาเทคนิควิธีการผลิตถ่านไม้ให้มีคุณภาพสูง รวมถึงการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้ ทั้งที่ในประเทศมีการผลิตถ่านไม้ได้ไม่ต่ำกว่า ปีละ 3 ล้านตัน โดยมีผลผลิตเฉลี่ยประมาณไม่เกิน 20% ถ้าหากได้มีการพัฒนาและวิจัยกระบวนการผลิตถ่านไม้จะสามารถเพิ่มผลผลิตขึ้นเป็น 30 % ทำให้ประหยัดไม้ฟืนได้น้อยปีละ 5 ล้านตันรวมทั้งควันที่ปล่อยทิ้งอย่างน่าเสียดาย หากนำมาผลิตน้ำส้มไม้จะได้ผลผลิตปีละ 750,000 ลิตร และยังไม่ก่อให้เกิดมลภาวะกับสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

การเผาถ่านในยุคแรกๆ (กว่า 10,000 ปีมาแล้ว) จะนำท่อนไม้มารเรียงทับกันแล้วจุดไฟ จากนั้นจึงกลบด้วยดิน เตาเผาถ่านในลักษณะนี้จึงเรียกว่าเตาไฟ เตาหลุม (เหมือนกับการฝังศพคน) แต่วิธีการดังกล่าวให้ผลผลิตในปริมาณและคุณภาพต่ำเนื่องจากอากาศสามารถไหลผ่านดินที่กลบไว้ได้ทำให้ไม่สามารถควบคุมอากาศภายในได้ตามต้องการ ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเตาผลิตถ่านไม้อย่างต่อเนื่องจนได้เป็นเตาผลิตถ่านที่ผนึกแน่นสามารถควบคุมอากาศได้ตามต้องการทำให้สามารถผลิตถ่านไม้ได้ผลผลิตและคุณภาพดีขึ้น เช่น เตาเผาถ่าน 200 ลิตร เตากรมป่าไม้ เตาอิวาเตะ เป็นต้น [15]

2. คุณสมบัติที่ดีของถ่านไม้

ถ่านไม้คือผลผลิตที่ได้หลังจากไม้ถูกสลายตัวด้วยความร้อน และมีคุณสมบัติแตกต่างกันไปตามลักษณะเฉพาะตัวของไม้แต่ละชนิด และกระบวนการผลิตถ่าน ถ่านไม้ที่ดีควรมีลักษณะดังนี้

คาร์บอนเสถียร (Fixed Carbon)	ไม่น้อยกว่า	75%
มีสารระเหยได้ (Volatile)	ไม่เกิน	25%
มีขี้เถ้า (Ash)	ไม่เกิน	4%
มีถ่านป่น (Fine)	ไม่เกิน	10%

มีความชื้น (Moisture)	ไม่เกิน 10%
มีค่าความร้อน (Heating Value)	ไม่น้อยกว่า 7,000 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม
มีค่าความแข็ง (Hardness)	ไม่น้อยกว่าระดับ 5
ต้องมีความพรุน (Porosity)	สูง
มีพื้นที่ผิว	ไม่น้อยกว่า 200 ตารางเมตร/กรัม
มีความต้านทานไฟฟ้า	ต่ำ
มีความเป็นด่าง	สูง pH ประมาณ 8-9

โดยสรุปถ่านที่ดีต้องมีลักษณะดังนี้

- 1.2.1 มีควันน้อย
- 1.2.2 ไม่มีการแตกหรือระเบิดขณะจุดติดไฟ
- 1.2.3 มีความแกร่ง
- 1.2.4 หักถ่านดูรอยหัก ต้องมีความมันวาว
- 1.2.5 เวลาเคาะมีเสียงกังวาน
- 1.2.6 มีความหนาแน่นสูง
- 1.2.7 มีค่าความร้อนสูง

2.3.5 แป้งมันสำปะหลัง

ดังแสดงในรูปที่ 2.8 เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ในปี 2544 มีการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง รวมทั้งสิ้นประมาณ 5.57 ล้านตันคิดเป็นมูลค่าการส่งออกประมาณ 18,150 ล้านบาทแต่ผลิตภัณฑ์ที่ส่งออกเกือบทั้งหมดอยู่ในรูปของมันเส้น มันอัดเม็ดและแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งมีราคาค่า และยังขึ้นอยู่กับปัจจัยจากตลาดต่างประเทศทั้งในเรื่องราคาและปริมาณความต้องการที่ไม่แน่นอน ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าจึงควรใช้ประโยชน์จากมันสำปะหลังในรูปแบบที่เป็นผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องทางอุตสาหกรรม โดยเฉพาะแป้งมันสำปะหลังที่สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบทางอุตสาหกรรมได้อย่างมากมาย โดยแป้งมันสำปะหลังสามารถใช้ประโยชน์เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมต่างๆ ดังนี้

- อุตสาหกรรมสารให้ความหวาน
- อุตสาหกรรมผงชูรส
- อุตสาหกรรมผลิตแอล-ไลซีน (L-lysine)
- อุตสาหกรรมแป้งดัดแปร (modified starch) [12]



รูปที่ 2.9 แป้งมันสำปะหลัง

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นายพีรยุทธ ภิญโญ พร้อมคณะ การผลิตถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยใช้วัสดุ 3 ชนิด คือ เปลือกทุเรียน ช้างข้าวโพดและเมล็ดสบู่ดำได้มีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ดังนี้ ค่าไอโอดีนนับเบอร์ ค่าความเข้มข้นของน้ำสีสังเคราะห์ที่มีต่อการดูดติดผิว ค่าพีเอช (PH) ที่มีต่อการดูดติดผิว ศึกษาอิทธิพลของเวลาสัมผัสต่อการดูดติดผิว ศึกษาอิทธิพลของปริมาณถ่านกัมมันต์ต่อการดูดติดผิวถ่านกัมมันต์ทั้ง 3 ชนิด และมีการศึกษาค่าไอโซเทอมของการดูดซับโดยใช้สมการฟรุนดลิช ผลการศึกษาพบว่าค่าไอโอดีนนับเบอร์ที่มากที่สุด คือ ถ่านเปลือกทุเรียนที่กระตุ้นอิมตัว 100 เปอร์เซ็นต์ คือ 363.27 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าความเข้มข้นของน้ำสีสังเคราะห์ที่เหมาะสม คือ 0.04 กรัมต่อลิตร ดูดติดได้ 87.55 เปอร์เซ็นต์ ของถ่านเมล็ดสบู่ดำที่กระตุ้นอิมตัว 50 เปอร์เซ็นต์ พีเอชของน้ำสีสังเคราะห์ที่เหมาะสม คือ พีเอช 9 ดูดติดได้ 73.90 เปอร์เซ็นต์ ของถ่านเปลือกทุเรียนที่กระตุ้นอิมตัว 100 เปอร์เซ็นต์ เวลาที่เหมาะสมของถ่านในการสัมผัสน้ำสี คือ 120 นาที สามารถดูดติดได้ดีในทุกๆ วัสดุศึกษาปริมาณถ่าน กัมมันต์ที่เหมาะสม คือ 0.5 กรัม ดูดติดได้ 86.17 เปอร์เซ็นต์ ของถ่านเปลือกทุเรียนที่กระตุ้นอิมตัว 100 เปอร์เซ็นต์ [2]

นาย ทานตะวัน ศรีวงศ์ พร้อมคณะ โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ (แกลบดำ) และส่วนผสมต่างๆ ที่สามารถนำมาประกอบเป็นส่วนผสมกับเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ซึ่ง เชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ คือ แกลบดำ และส่วนผสม คือ เศษถ่านไม้ กะลาเผา เปลือกมะพร้าวเผา การศึกษาแท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากการอัดเพื่อหาอุณหภูมิของแท่งเชื้อเพลิงเมื่อทำการติดไฟของแท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากการอัดส่วนผสมต่างๆ ด้วยวิธีการอัดด้วยสกรูตัวนอนผ่านกระบวนการให้ความร้อนด้วยเครื่องทำความร้อน (Heater) ซึ่งผลของการอัด การติดไฟและการให้อุณหภูมิ

ของแท่งเชื้อเพลิงต่างๆ ให้ผลการทดลองแต่ละตัวอย่างไม่เหมือนกัน ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองถูกนำมาเปรียบเทียบหาอุณหภูมิของการติดไฟภายหลังการอัดเป็นแท่ง และการตากให้แห้งจากการวิเคราะห์ผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิของการจับตัวเป็นแท่งเชื้อเพลิงอยู่ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสโดยประมาณ อุณหภูมิของการให้ความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิสูงสุด 580 องศาเซลเซียส แท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากการอัดวัสดุเหลือใช้และกะลาเป็นส่วนผสม และให้ผลการติดไฟระยะนานที่สุดและส่วนผสมระหว่างวัสดุเหลือใช้และเปลือกมะพร้าวเผาให้อุณหภูมิความร้อนติดไฟ 550 องศาเซลเซียส โดยประมาณ แต่ให้ระยะการติดไฟน้อยที่สุด จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าแท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากวัสดุเหลือใช้และกะลาเผาให้ประสิทธิภาพที่สามารถพัฒนาคุณสมบัติเพื่อใช้แทนถ่านไม้ปกติได้ [1]

นายสมชาย โพธิ์ตระกูล พร้อมคณะ พลังงานและเชื้อเพลิงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ตั้งแต่อดีตจนปัจจุบันโดยมนุษย์ใช้พลังงานความร้อนเพื่อประกอบอาหาร เพื่อทำให้เกิดความอบอุ่น หรือ แม้กระทั่งในอุตสาหกรรม เช่น การถลุงแร่ อุตสาหกรรมตีเหล็ก เป็นต้น พลังงานความร้อนได้มาจากหลายแหล่งด้วยกัน เช่น พลังงานความร้อนจากแสงแดด พลังงานความร้อนจากไฟฟ้า พลังงานความร้อนจากการเผาไม้ฟืน ถ่านหิน น้ำมัน และถ่านไม้ สำหรับถ่านไม้เป็นพลังงานความร้อนที่ได้มาจากธรรมชาติ ซึ่งหาได้ง่ายและมนุษย์ก็สามารถจัดทำได้ง่ายเช่นกัน การพัฒนาและส่งเสริมพลังงานได้รายงานว่า ประเทศไทยใช้ถ่านเพื่อเป็นพลังงานประมาณ 9.4 เปอร์เซ็นต์ ของพลังงานทั้งหมดที่ใช้ภายในประเทศ จึงนับว่าเป็นพลังงานที่มีความสำคัญสะดวกสามารถเก็บสะสมไว้ใช้ได้ เป็นพลังงานที่บริสุทธิ์เพราะเกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมน้อยเหมาะสมที่จะใช้เป็นพลังงานสำรองในกรณีที่พลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานความร้อนจากแหล่งอื่นไม่สามารถใช้ได้ การหาซื้อถ่านไม้จะทำได้ง่าย โดยเฉพาะตามร้านค้าในหมู่บ้านที่มีการพัฒนาการจัดจำหน่ายถ่านไม้ ในปัจจุบันเป็นที่นิยมในหมู่อุตสาหกรรมย่อย เช่น ปิ้งย่าง หรือใช้ในครัวเรือน เพราะสะดวก ราคาไม่แพง น้ำหนักเบา ดังนั้นการตลาดถ่านไม้จะคงอยู่ตลาดไปตราบนานเท่านานที่ยังมีการประกอบอาหาร โดยวัตถุดิบที่ใช้ผลิตถ่านไม้คือไม้ฟืน เศษไม้แปรรูป และขี้เลื่อย ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ผลิตถ่านไม้ดังกล่าว จัดเป็นทรัพยากรที่สามารถปลูกทดแทนได้ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา กำหนดให้เป็นพื้นที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ นับว่าเป็นจังหวัดในแถบพื้นที่ราบลุ่มภาคกลางที่ไม่มีป่าไม้ มีการประกอบธุรกิจโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปไม้จำนวน 90 โรง ซึ่งในการแปรรูปไม้ดังกล่าวจะมีเศษไม้แปรรูปเหลือเป็นจำนวนมากทำให้เกิดธุรกิจการผลิตถ่านไม้จากเศษไม้แปรรูปและถ่านอัดแท่งจากขี้เลื่อยส่งจำหน่ายทั่วไป [3]

รุ่งโรจน์ พุทธิสกุล การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเห้งมันสำปะหลัง การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์ โดยศึกษาการผลิตถ่านอัด

แท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเห้งน้ำมันสำปะหลัง โดยทำการทดสอบสมรรถนะทางความร้อนตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 238/2547) ผลภาวะ ต้นทุนต่อหน่วยและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์จากการผลิตถ่านอัดแท่งผู้วิจัยได้ทำการทดลองนำวัสดุทั้ง 2 ชนิดดังกล่าวมาผสมกัน 5 อัตราส่วน ลักษณะถ่านอัดแท่งเป็นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร มีครีบบนโดยรอบจำนวน 5 ครีบ และมีรูกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร ความยาว 10 เซนติเมตร แรงอัด 33 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 ของน้ำหนัก ทำการทดสอบโดยการเผาไหม้เพื่อวัดผลในห้องปฏิบัติการทดสอบเพื่อส่งให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมของสมรรถนะทางความร้อนและผลภาวะผลทางด้านสมรรถนะทางความร้อน สรุปได้ว่า ถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเห้งน้ำมันสำปะหลังในอัตราส่วน 9 : 1 เป็นอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนสูงสุดเท่ากับ 6,580.10 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม และอัตราส่วน 1 : 9 เป็นอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนต่ำสุดเท่ากับ 4,514.13 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ผลการทดสอบผลภาวะจากการเผาไหม้ถ่านอัดแท่ง พบว่า ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีปริมาณเท่ากับ 195 ppm ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ เท่ากับ 26 ppm คาร์บอนไดออกไซด์ 9.11 ppm และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ มีปริมาณมากกว่า 4,000 ppm มีการเปลี่ยนแปลงโดยมีค่าลดลง สัมพันธ์กับปริมาณคงเหลือของวัสดุหลังการเผาไหม้ ซึ่งในด้านสมรรถนะเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 238/2547) ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่า ถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเห้งน้ำมันสำปะหลังในอัตราส่วน 3 : 7 มีค่าสมรรถนะทางความร้อน เท่ากับ 5,003 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ให้ค่าสมรรถนะทางความร้อนผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) มีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 5.35 บาทต่อกิโลกรัม และเมื่อมีกำลังการผลิตที่ 400 กิโลกรัมต่อวัน จะสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลาประมาณ 1.4 ปี ซึ่งผลการศึกษาวินิจฉัยสามารถนำไปส่งเสริมให้เกษตรกรนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้แก่ เห้งน้ำมันสำปะหลังมาใช้ประโยชน์ในการเพิ่มมูลค่าได้ โดยการนำถ่านเห้งน้ำมันสำปะหลังเป็นส่วนผสมหลักและใช้ถ่านกะลามะพร้าวเป็นส่วนผสมรองสามารถบรรลุมูลผลสอดคล้องกับสมมุติฐานของผู้วิจัย

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

เพื่อผลิตเชื้อเพลิงจากวัสดุที่เหลือใช้ (กากมะพร้าว กะลามะพร้าว ไม้เบญจพรรณ และจี้เลื่อย) เพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับใช้ในชีวิตรประจำวัน โดยคำนึงถึงการใช้วัตถุดิบทดแทนจากถ่านตามท้องตลาดที่ใช้ไม้ในการเผาให้เป็นถ่าน ซึ่งจำนวนไม้ที่นำมาทำนั้นก็ลดน้อยลงเรื่อยๆ ทำให้ราคาของถ่านแพงขึ้น ดังนั้นวัตถุดิบที่ให้มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับของเดิม และสามารถหาได้ง่ายตามท้องตลาดซึ่งส่วน ผสมที่น่าสนใจศึกษา คือ กากมะพร้าวกับจี้เลื่อย เพราะหาได้ง่ายและมีอยู่ปริมาณมาก การนำกากมะพร้าว กะลามะพร้าว ไม้เบญจพรรณ และจี้เลื่อยมาเป็นเชื้อเพลิงนั้นได้ทำการศึกษาว่าสามารถใช้แทนเชื้อเพลิงหรือถ่านจากไม้ได้ใกล้เคียงกัน วิธีการนั้นก็เอากากมะพร้าว กะลามะพร้าว ไม้เบญจพรรณ และจี้เลื่อยมาผสมกันตามอัตราส่วน แล้วอัดเป็นแท่งตากแดดให้แห้งก็สามารถนำไปใช้ได้ เหมือนกับถ่านไม้ตามท้องตลาดหรือใกล้เคียงมากที่สุดโดยไม่ส่งผลเสียต่อสภาพแวดล้อมเพิ่มขึ้น

ซึ่งการศึกษาส่วนผสมของกากมะพร้าวและจี้เลื่อยนั้นได้คำนึงถึงประสิทธิภาพของกากมะพร้าวและจี้เลื่อยว่าให้ผลได้ใกล้เคียงหรือเท่ากับถ่านที่มีขายในท้องตลาดหรือไม่ ควรนำมาเป็นทางเลือกในการใช้พลังงานทดแทนหรือไม่ ซึ่งถ้าสามารถใช้ได้ก็สามารถเอาไปเป็นทางเลือกหนึ่งในการใช้พลังงานและสามารถสร้างรายได้ให้กับตนเองได้อีกด้วย

3.1 วัสดุและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ทดลองนั้นหาได้ง่ายตามท้องตลาด หรือทำขึ้นมาเอง แบบภูมิปัญญาชาวบ้าน ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้จริงและนำไปพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น วัสดุที่ใช้นั้นก็เป็นวัสดุซึ่งเหลือใช้จากการแปรรูปในอุตสาหกรรม เช่น กากของมะพร้าว ที่เหลือจากอุตสาหกรรมน้ำกะทิและจี้เลื่อยที่เป็นวัสดุที่เหลือใช้จากอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ซึ่งวัสดุทั้งสองมีอยู่มากตามท้องตลาดและไม่ค่อยมีประโยชน์มากเท่าไรจึงมีราคาต้นทุนที่ต่ำ

3.1.1 วัสดุ

1) กากมะพร้าว เป็นกากมะพร้าวที่ได้จากการคั้นเอาน้ำในเนื้อมะพร้าวออกจนหมดเหลือแต่เส้นใยที่ใช้ไม่ได้โดยได้เอากากของมะพร้าวนี้นี้มาเผาให้เป็นถ่านเพื่อไปผสมกับวัสดุอื่นแล้วนำไปอัดแท่งใช้ในชีวิตรประจำวัน ซึ่งลักษณะของกากมะพร้าวที่ใช้นั้นก็มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 กากมะพร้าว

2) จี้เลื่อย หมายถึง ผงไม้หรือเศษของไม้ที่เกิดจากการตัดไม้ด้วยเลื่อยหรือเกิดจากการขัดไม้ด้วยกระดาษทรายหรือเครื่องขัดต่างๆ มีมากในอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ซึ่งหาได้ง่ายตามท้องตลาดและมีราคาถูก สามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ทดแทนไม้ได้ ซึ่งการทำโครงการนี้ก็ได้นำจี้เลื่อยมาเป็นส่วนหนึ่งในการทดลอง โดยการนำไปผสมกับกากมะพร้าว ให้มีประสิทธิภาพการใช้งานได้เทียบเท่ากับถ่านไม้ทั่วไป ซึ่งจี้เลื่อยที่ใช้นั้นจะมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 จี้เลื่อย

3) ถ่านกะลามะพร้าว

กะลามะพร้าวก่อนที่จะนำมาเป็นส่วนผสมกับกากมะพร้าวต้องมีการทำขั้นตอนดังนี้

1. ต้องคัดแยกกะลามะพร้าวต้องคัดเศษวัสดุอื่นๆ เช่น กรวด หิน ดิน ทรายถุงพลาสติก เศษอาหาร เศษโลหะต่างๆ ออกให้หมดเพราะวัสดุเหล่านี้จะเข้าไปผสมกับถ่านกะลา ทำให้ถ่านด้อยคุณภาพ และอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องบดได้ ข้อสำคัญ กะลามะพร้าวที่จะนำมาเผาต้องแห้งสนิท

2. หลังจากนั้นคัดเศษวัสดุและได้กะลามะพร้าวที่แห้งสนิทแล้วให้นำไปเผาด้วยการใช้ ถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร ที่เปิดฝาดังรูปที่ 3.3 เพราะเผาง่าย สะดวก ประหยัด รวดเร็วกว่า เมื่อควันเริ่มน้อยลงแสดงว่าการเผาไหม้กะลาทั่วถึงหมดแล้วโดยสังเกตจะเห็นกะลาติดไฟแดงๆ และควันไฟเริ่มน้อยลง พยายามใช้ไม้หรือเหล็กเขี่ยกะลาให้ติดไฟให้ทั่ว เพื่อให้กะลาติดไฟให้หมด ถ้ากะลาด้านบนติดไฟแดง ๆ โดยทั้งหมดแล้ว ปล่อยให้ทิ้งไว้ประมาณ 5-10 นาที จึงใช้กระสอบป่านชุบน้ำให้เปียกๆ คุมปากถังปิดทับด้วยฝาถังให้แน่นสนิท หรือใช้ทรายปิดบนกระสอบป่านอีกครั้งก็ได้ เพื่อให้ไม่ให้อากาศข้างนอกเข้าไปในถัง ทิ้งไว้ 1 คืน ไฟจะดับ ถ่านกะลามะพร้าวจะค่อยๆ เย็นลง รุ่งขึ้นจึงเปิดฝาดัง นำถ่านกะลามะพร้าวไปเข้าเครื่องบดต่อไป

ข้อสังเกต ถ่านกะลามะพร้าวที่นำไปบดต้องดำสนิท ไหม้หมด ชาวบ้านเรียกว่า “สุกได้ที่” หากมีสีน้ำตาล แสดงว่าไหม้ไม่หมดต้องนำไปเผาใหม่ ซึ่งจะทำให้มีควันมากเมื่อนำไปใช้เป็นถ่านอัดแท่งแล้ว



รูปที่ 3.3 การเผาของกะลามะพร้าว

3. นำกะลามะพร้าวที่เผาได้แล้วมาทำการบดด้วยเครื่องบด เพื่อทำการบดถ่านกะลามะพร้าวให้ละเอียด ดังรูปที่ 3.4



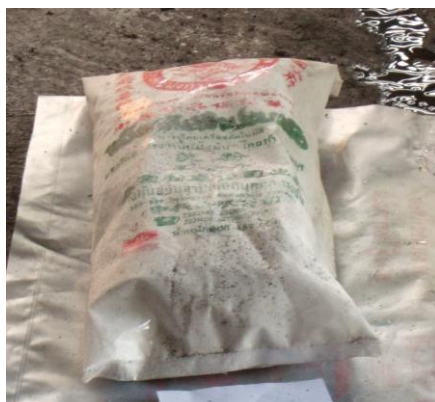
รูปที่ 3.4 กะลามะพร้าวที่ทำการบดละเอียด

4) ถ่านไม้เบญจพรรณ โดยใช้วิธีการเผาโดยใช้ปิป ได้ถ่านไม้เบญจพรรณดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ถ่านไม้เบญจพรรณ

5) แป้งมันสำปะหลัง โดยแป้งมันสำปะหลังทำมาจากหัวมันสำปะหลัง มีลักษณะเป็นผงสีขาว จับผิวสัมผัสของแป้งจะเนียนลื่นมือเมื่อทำให้สูกจะเหลวเหนียวหนืด เมื่อพักให้เย็นจะมีลักษณะเหนียวเหนอะหนะคงตัว นิยมนำมาผสมกับอาหารที่ต้องการความเหนียวหนืดและใส เช่น ทับทิมกรอบ เต้าส่วน ฯลฯ ในการทำขนมหวานไทยนิยมนำแป้งมันสำปะหลังมาผสมกับแป้งชนิดอื่น ๆ เพื่อให้ขนมมีความเหนียวนุ่มกว่าการใช้แป้งชนิดเดียว เช่น ขนมชั้น ขนมฟักทอง ขนมกล้วย ฯลฯ ด้วยลักษณะของแป้งมันที่เหนียวจึงนำมาเป็นส่วนผสมหรือใช้เป็นตัวประสานระหว่างวัสดุที่ใช้มาทดลองซึ่งลักษณะแป้งมันสำปะหลังก็มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แป้งมันสำปะหลัง

6) น้ำสะอาดทั่วไป ใช้ในการผสมวัสดุที่ใช้ทดลองให้วัสดุทั้งสามเข้ากันและอัดเป็นแท่งได้ดียิ่งขึ้น

3.1.2 อุปกรณ์ในการทดลองที่ใช้แปรรูปวัตถุในการผลิตถ่านอัดแท่งประกอบด้วย

1) อุปกรณ์ชั่ง ตวง วัด ประกอบไปด้วยเครื่องชั่งกระบอกตวงใช้ในการชั่ง และตักวัสดุให้ได้ตามส่วนผสมที่กำหนดไว้ เพื่อให้ง่ายต่อการทดลองลักษณะของเครื่องชั่งและกระบอกตวงที่ใช้ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 เครื่องชั่งและกระบอกตวง

2) ปิ๊ป มีขนาด 240 x 348 มม. ขนาดบรรจุ 18-20 ลิตร ซึ่งใช้ทำเป็นเตาแบบง่ายๆ อาจมีความคงทนน้อยแต่สะดวกในการหาและมียู่มากตามท้องตลาดใช้งานง่าย มีราคาถูกเหมาะสมกับผู้ที่มติดทุนต่ำ ลักษณะของปิ๊ปที่นำมาใช้เป็นเตาในการเผามีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ปิ๊ปที่ใช้เผากำน

3) เครื่องผสม ใช้สำหรับผสมส่วนผสมของถ่านกาคมะพร้าว ถ่านขี้เลื่อย แป้งมัน และน้ำ ตามอัตราส่วนที่เตรียมไว้เพื่อให้ส่วนผสมนั้นๆเข้ากันหรือให้แป้งมันและน้ำที่จะช่วยประสานให้ส่วนผสมยึดติดกันได้ดียิ่งขึ้นโดยใช้มอเตอร์ 5 แรงม้า ความเร็วรอบ 1450 รอบ/นาที ไฟฟ้า 220 โวลต์ ไฟหนึ่งเฟส (single-phase) กระแส 30 แอมป์ดังแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 เครื่องผสม

4) เครื่องอัด เป็นเครื่องอัดแบบสกรู ทำงานด้วยมอเตอร์ 5 แรงม้า ไฟฟ้า 220 V แบบ ไฟหนึ่งเฟส (single-phase) ความเร็วรอบเพลาดันกำลัง 1450 rpm ซึ่งได้คำนวณการทรอบมาเป็น ความเร็วรอบเพลาดันได้ 273.58 rpm ซึ่งมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$PP \cdot RP = PM \cdot RM \quad (3.1)$$

PP = ขนาดมูเล่ย์เพลาดัน

PM = ขนาดมูเล่ย์ของดันกำลัง

RP = ความเร็วรอบของเพลาดัน

RM = ความเร็วรอบของดันกำลัง

เกลียวที่หมุนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าบีบเข้าไปยังกระบอกอัดซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร และถูกดันออกมาทางที่รองรับไว้ที่ปลายกระบอกอัดอีกข้างหนึ่งซึ่งความหนาแน่นของ ถ่านที่ได้เท่ากับ 0.88 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร จากสูตร

$$P = m / v \quad (3.2)$$

P = ความหนาแน่น

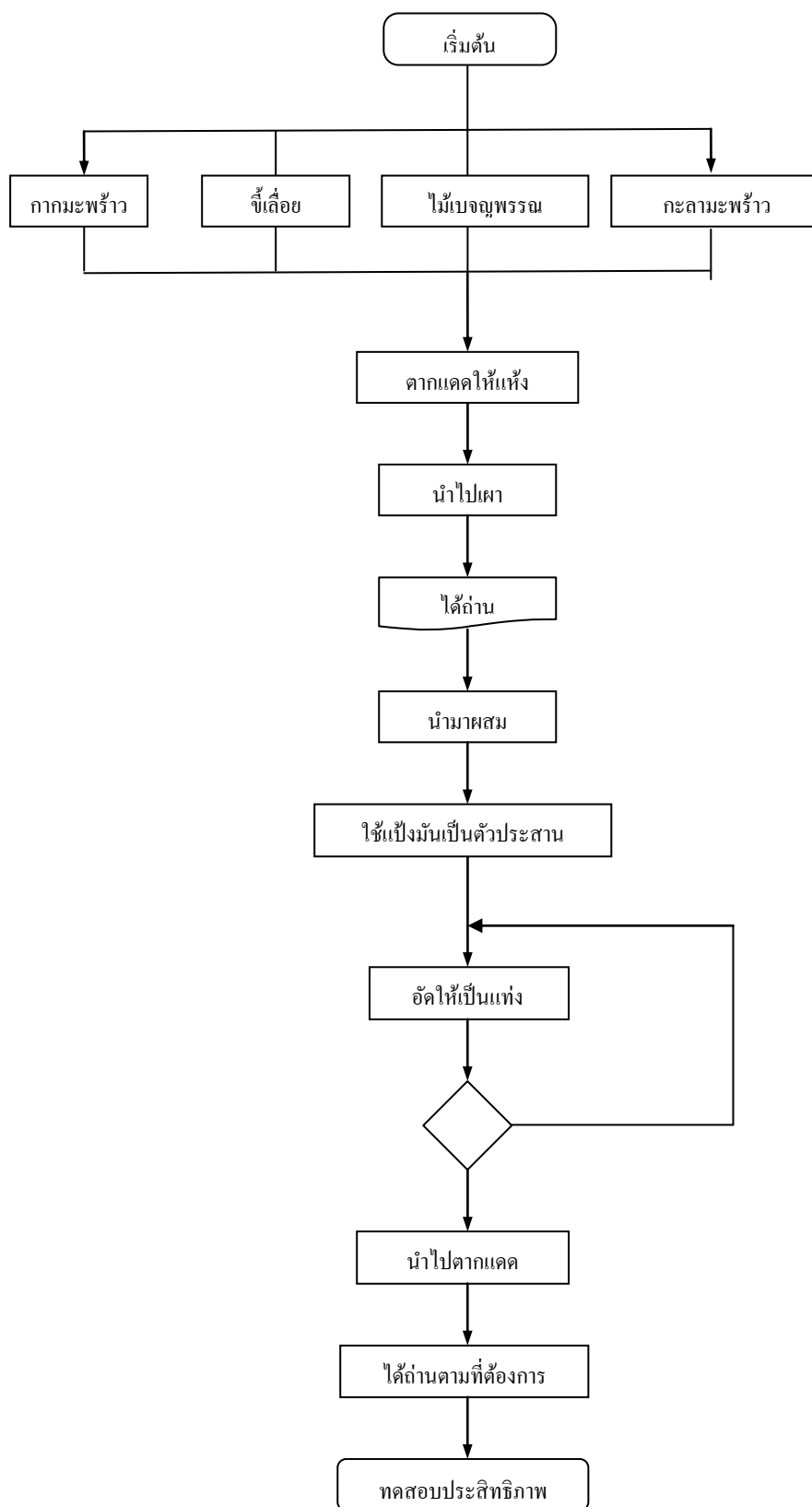
m = มวล

v = ปริมาตร



รูปที่ 3.10 เครื่องอัดถ่านแบบอัดสกรู (Screw Extrusion)

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน



รูปที่ 3.11 แผนภาพการดำเนินวิจัย

3.2.1 ขั้นตอนการผลิต

1) นำกากมะพร้าวและขี้เถ้ามาตากแห้งและเผาในปื๊บแบบง่ายๆ โดยวิธีการเผาแบบนี้ต้องหมั่นคนไปเรื่อยๆ เพราะกากมะพร้าว กะลามะพร้าว ไม้เบญจพรรณ และขี้เถ้าจะได้รับความร้อนไม่เท่ากันต้องคนไปเรื่อยๆจนกว่าวันหมด ดังแสดงในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 วิธีการเผาถ่านที่วัสดุมีขนาดเล็ก

เมื่อวันหมดก็จะได้ถ่านจากกากมะพร้าว กะลามะพร้าว ไม้เบญจพรรณ และขี้เถ้าตามต้องการดังแสดงในรูปที่ 3.13 ซึ่งวิธีนี้จะใช้สำหรับการเผาถ่าน โดยที่วัสดุมีลักษณะเป็นผงหรือ เป็นชิ้นเล็กมาก ตัวถ่านที่ได้ให้ค่าใกล้เคียงกับการเผาแบบเตา แต่วิธีการเผาแบบนี้จะทำให้วัสดุที่เผาออกมาเป็นถ่านนั้น ต้องใช้ปริมาณวัตถุดิบเพิ่มมากขึ้นกว่าปกติ



(ก.)



(ข.)

(ก) ถ่านกากมะพร้าว

(ข) ถ่านขี้เถ้า

รูปที่ 3.13 ตัวอย่างถ่านกากมะพร้าวและถ่านขี้เถ้า

2) นำถ่านกากมะพร้าว กะลามะพร้าว ไม่เบญจพรรณ และถ่านขี้เลื่อยมาผสมกันโดยใช้น้ำ และแป้งมันเป็นตัวประสานโดยผสมกันที่อัตราส่วน ตัวอย่างถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านขี้เลื่อย มีอัตราส่วนดังนี้

- ถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านขี้เลื่อย 90 : 10 เปอร์เซนต์
- ถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านขี้เลื่อย 80 : 20 เปอร์เซนต์
- ถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านขี้เลื่อย 70 : 30 เปอร์เซนต์
- ถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านขี้เลื่อย 60 : 40 เปอร์เซนต์
- ถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านขี้เลื่อย 50 : 50 เปอร์เซนต์
- ถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านขี้เลื่อย 40 : 60 เปอร์เซนต์
- ถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านขี้เลื่อย 30 : 70 เปอร์เซนต์
- ถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านขี้เลื่อย 20 : 80 เปอร์เซนต์
- ถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านขี้เลื่อย 10 : 90 เปอร์เซนต์

โดยที่อัตราส่วนตัวประสานแป้งมันสำปะหลังและน้ำโดยการเลือกอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมดังนี้ ถ่านกากมะพร้าวและถ่านขี้เลื่อยผสมกัน 10 กิโลกรัมตามอัตราส่วนผสม แป้งมัน 1 กิโลกรัม น้ำ 0.5 - 0.8 ลิตรตามความเหมาะสมกับความชื้นของถ่านกากมะพร้าวและถ่านขี้เลื่อย [9]

จากการทำการทดสอบก่อน (Pre-Test) นำถ่านมาอัดแท่งตามส่วนผสมที่กำหนดไว้เพื่อหาตัวแปรในการอัดแท่งก่อนที่จะนำไปทดสอบหาคุณสมบัติผลทดสอบออกมาดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ลักษณะของถ่านหลังจากอัดออกมาตามส่วนผสมระหว่างกากมะพร้าวกับขี้เลื่อย

ลำดับ ที่	อัตราส่วนผสม		ผลการทดสอบว่า สามารถนำไปใช้ได้ หรือไม่		ลักษณะการยึดเกาะกัน เป็นก้อน
	ถ่านกาก มะพร้าว (กิโลกรัม)	ถ่านขี้เลื่อย (กิโลกรัม)	ผ่าน	ไม่ผ่าน	
1	0.9	0.1		✓	ไม่ยึดเกาะเป็นแท่ง
2	0.8	0.2		✓	แตกง่าย
3	0.7	0.3	✓		ยึดเกาะกันดี
4	0.6	0.4	✓		ยึดเกาะกันดีมาก

ตารางที่ 3.1 ลักษณะของถ่านหลังจากอัดออกมาตามส่วนผสมระหว่างกากมะพร้าวกับขี้เถ้า (ต่อ)

ลำดับ ที่	อัตราส่วนผสม		ผลการทดสอบว่า สามารถนำไปใช้ได้ หรือไม่		ลักษณะการยึดเกาะกัน เป็นก้อน
	ถ่านกาก มะพร้าว (กิโลกรัม)	ถ่านขี้เถ้า (กิโลกรัม)	ผ่าน	ไม่ผ่าน	
5	0.5	0.5	✓		ยึดเกาะกันดีมาก
6	0.4	0.6	✓		ยึดเกาะกันดีมาก
7	0.3	0.7	✓		ยึดเกาะกันดี
8	0.2	0.8		✓	แตกง่าย
9	0.1	0.9		✓	ไม่ยึดเกาะเป็นแท่ง

จากตารางที่ 3.1 พบว่า อัตราส่วนที่ 1 ถ่านกากมะพร้าว 90 เปอร์เซ็นต์ ถ่านขี้เถ้า 10 เปอร์เซ็นต์ แป้งมัน 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 3 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะการยึดเกาะกันเป็นก้อน ไม่จับตัวกัน ไม่เหมาะสมในการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งมีสาเหตุจากการที่ความเหนียวของการยึดเกาะกันไม่เพียงพอเพราะถ่านจากกากมะพร้าวมีเนื้อถ่านที่ใหญ่อาจขยาย ตัวเมื่อออกจากเครื่องอัด ดังแสดงในรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 ลักษณะถ่านในอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าว 90% ถ่านขี้เถ้า 10%

อัตราส่วนที่ 2 ถ่านกากมะพร้าว 80 เปอร์เซ็นต์ ถ่านขี้เลื่อย 20 เปอร์เซ็นต์ แป้งมัน 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 3 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะการยัดเกาะกันเป็นก้อน เมื่อออกจากเครื่องอัดตัวถ่านเริ่มขยายตัวผิวไม่เรียบ เมื่อเริ่มแห้งก็จะมีรอยร้าวและแตกง่าย ดังแสดงในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 ลักษณะถ่านในอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าว 80% ถ่านขี้เลื่อย 20%

อัตราส่วนที่ 3 ถ่านกากมะพร้าว 70 เปอร์เซ็นต์ ถ่านขี้เลื่อย 30 เปอร์เซ็นต์ แป้งมัน 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 3 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะการยัดเกาะกันเป็นก้อน ยัดเกาะเป็นก้อนดี เมื่อแห้งอาจมีรอยร้าวหรืออาจแตกเล็กน้อย ดังแสดงในรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 ลักษณะถ่านในอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าว 70% ถ่านขี้เลื่อย 30%

อัตราส่วนที่ 4 ถ่านกากมะพร้าว 60 เปอร์เซ็นต์ ถ่านขี้เลื่อย 40 เปอร์เซ็นต์ แป้งมัน 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 3 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะการยัดเกาะกันเป็นก้อนยัดเกาะกันได้ดี ดังแสดงในรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 ลักษณะถ่านในอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าว 60% ถ่านขี้เลื่อย 40%

อัตราส่วนที่ 5 ถ่านกากมะพร้าว 50 เปอร์เซ็นต์ ถ่านขี้เลื่อย 50 เปอร์เซ็นต์ แป้งมัน 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 3 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะการยัดเกาะกันเป็นก้อนยัดเกาะกันได้ดีผิวเรียบ ดังแสดงในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 ลักษณะถ่านในอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าว 50% ถ่านขี้เลื่อย 50%

อัตราส่วนที่ 6 ถ่านกากมะพร้าว 40 เปอร์เซ็นต์ ถ่านขี้เลื่อย 60 เปอร์เซ็นต์ แป้งมัน 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 3 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะการยัดเกาะกันเป็นก้อนยัดเกาะกันได้ดี ดังแสดงในรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 ลักษณะถ่านในอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าว 40% ถ่านขี้เลื่อย 60%

อัตราส่วนที่ 7 ถ่านกากมะพร้าว 30 เปอร์เซ็นต์ ถ่านขี้เลื่อย 70 เปอร์เซ็นต์ แป้งมัน 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 3 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะการยัดเกาะกันเป็นก้อน ยัดเกาะกันได้ดี เมื่อแห้งอาจมีรอยร้าวหรืออาจแตกเล็กน้อย ดังแสดงในรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 ลักษณะถ่านในอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าว 30% ถ่านขี้เลื่อย 70%

อัตราส่วนที่ 8 ด้านกากมะพร้าว 20 เปอร์เซ็นต์ ด้านขี้เลื่อย 80 เปอร์เซ็นต์ แปรังมัน 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 3 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะการยัดเกาะกันเป็นก้อน ยัดเกาะกันไม่ค่อยดีและเมื่อถ่านเริ่มแห้งจะแตกง่ายมาก ดังแสดงในรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 ลักษณะถ่านในอัตราส่วนด้านกากมะพร้าว 20% ด้านขี้เลื่อย 80%

อัตราส่วนที่ 9 ด้านกากมะพร้าว 10 เปอร์เซ็นต์ ด้านขี้เลื่อย 90 เปอร์เซ็นต์ แปรังมัน 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 3 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะการยัดเกาะกันเป็นก้อน อาจเกิดจากถ่านขี้เลื่อยระเหิดเกินไปทำให้ไม่มีเส้นใยในการยัดเกาะไม่เหมือนถ่านที่ได้ตามท้องตลาดที่อัดเป็นแท่งก่อนนำไปเผา ทำให้การอัดถ่านขี้เลื่อยยังคงมีเส้นใยที่ยัดเกาะกันอยู่บ้าง ดังแสดงในรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 ลักษณะถ่านในอัตราส่วนด้านกากมะพร้าว 10% ด้านขี้เลื่อย 90%

ตารางที่ 3.2 ผลการทดสอบเบื้องต้นของถ่านหลังจากอัดออกมาตามส่วนผสม

ลำดับ ที่	อัตราส่วนผสม		ผลการทดสอบว่า สามารถนำไปใช้ได้ หรือไม่		ลักษณะการยึดเกาะกัน เป็นก้อน
	ถ่านกาก มะพร้าว (กรัม)	ถ่านไม้ เบญจพรรณ (กรัม)	ผ่าน	ไม่ผ่าน	
1	900	100		✓	ไม่ยึดเกาะเป็นแท่ง
2	800	200		✓	แตกง่าย
3	700	300	✓		ยึดเกาะกันดี
4	600	400	✓		ยึดเกาะกันดีมาก
5	500	500	✓		ยึดเกาะกันดีมาก
6	400	600	✓		ยึดเกาะกันดีมาก
7	300	700	✓		ยึดเกาะกันดี
8	200	800		✓	แตกง่าย
9	100	900		✓	ไม่ยึดเกาะเป็นแท่ง

จากตารางที่ 3.2 จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนที่ 1 ถ่านกากมะพร้าว 90 เปอร์เซ็นต์ ถ่านไม้ 10 เปอร์เซ็นต์ แป้งมัน 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 3 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะที่ได้ของถ่านจะไม่เป็นแท่ง คือถ่านไม่สามารถจับตัวกันเป็นก้อนได้ ดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 ถ่านที่ได้จากอัตราส่วนที่ 1

อัตราส่วนที่ 2 ถ่านกากมะพร้าว 80 เปอร์เซ็นต์ ถ่านไม้ 20 เปอร์เซ็นต์ แป้งมัน 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 3 เปอร์เซ็นต์ จะมีถ่านที่ได้ เป็นรอยร้าวและแตกหักง่าย ลักษณะดังรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 ถ่านที่ได้จากอัตราส่วนที่ 2

อัตราส่วนที่ 3 ถ่านกากมะพร้าว 70 เปอร์เซ็นต์ ถ่านไม้ 30 เปอร์เซ็นต์ แป้งมัน 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 3 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะถ่านมีลักษณะยึดเกาะกันเป็นแท่งได้ดี แต่มีรอยร้าวเล็กน้อย ดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 ถ่านที่ได้จากอัตราส่วนที่ 3

อัตราส่วนที่ 4 ถ่านกากมะพร้าว 60 เปอร์เซ็นต์ ถ่านไม้ 40 เปอร์เซ็นต์ แป้งมัน 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 3 เปอร์เซ็นต์ ถ่านมีลักษณะยึดเกาะเป็นแท่งได้ดี ผิวไม่เรียบ ดังรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 ถ่านที่ได้จากอัตราส่วนที่ 4

อัตราส่วนที่ 5 ถ่านกากมะพร้าว 50 เปอร์เซ็นต์ ถ่านไม้ 50 เปอร์เซ็นต์ แป้งมัน 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 3 เปอร์เซ็นต์ ถ่านมีลักษณะยึดเกาะเป็นแท่งได้ดี ผิวเรียบไม่มีรอยร้าว ดังรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 ถ่านที่ได้จากอัตราส่วนที่ 5

อัตราส่วนที่ 6 ถ่านกากมะพร้าว 40 เปอร์เซ็นต์ ถ่านไม้ 60 เปอร์เซ็นต์ แป้งมัน 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 3 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะการยัดเกาะกันเป็นก้อน ยัดเกาะกันได้ดีดังรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.28 ถ่านที่ได้จากอัตราส่วนที่ 6

อัตราส่วนที่ 7 ถ่านกากมะพร้าว 30 เปอร์เซ็นต์ ถ่านไม้ 70 เปอร์เซ็นต์ แป้งมัน 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 3 เปอร์เซ็นต์ ถ่านมีลักษณะยัดเกาะเป็นแท่งได้ดี แต่จะรอยร้าวเมื่อเริ่มแห้ง ดังรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.29 ถ่านที่ได้จากอัตราส่วนที่ 7

อัตราส่วนที่ 8 ถ่านกากมะพร้าว 20 เปอร์เซ็นต์ ถ่านไม้ 80 เปอร์เซ็นต์ แป้งมัน 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 3 เปอร์เซ็นต์ ถ่านมีลักษณะยึดเกาะได้ดี แต่จะเปราะแตกหักได้ง่าย ดังรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 ถ่านที่ได้จากอัตราส่วนที่ 8

อัตราส่วนที่ 9 ถ่านกากมะพร้าว 10 เปอร์เซ็นต์ ถ่านไม้ 90 เปอร์เซ็นต์ แป้งมัน 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 3 เปอร์เซ็นต์ ถ่านมีลักษณะยึดเกาะเป็นแท่งได้ไม่ดี เปราะและแตกหักมาก ดังรูป 3.31



รูปที่ 3.31 ถ่านที่ได้จากอัตราส่วนที่ 9

ตารางที่ 3.3 ลักษณะของถ่านหลังจากทำการอัดแท่งออกมาตามอัตราส่วนที่กำหนด

ลำดับ ที่	อัตราส่วนผสม		ผลการทดสอบว่า สามารถนำไปใช้ได้ หรือไม่		ลักษณะการยึดเกาะ กันเป็นก้อน
	ถ่านกาก มะพร้าว (กิโลกรัม)	ถ่าน กะลามะพร้าว (กิโลกรัม)	ผ่าน	ไม่ผ่าน	
1	0.9	0.1		✓	ไม่ยึดเกาะเป็นแท่ง
2	0.8	0.2		✓	แตกง่าย
3	0.7	0.3	✓		ยึดเกาะกันดี
4	0.6	0.4	✓		ยึดเกาะกันดีมาก
5	0.5	0.5	✓		ยึดเกาะกันดีมาก
6	0.4	0.6	✓		ยึดเกาะกันดีมาก
7	0.3	0.7	✓		ยึดเกาะกันดี
8	0.2	0.8		✓	แตกง่าย
9	0.1	0.9		✓	ไม่ยึดเกาะเป็นแท่ง

จากตารางลักษณะของถ่านหลังจากทำการอัดแท่งออกมาตามอัตราส่วนที่กำหนด พบว่าการอัดแท่งถ่านจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวเป็นดังนี้

1) อัตราส่วนที่ 1 ถ่านกากมะพร้าว 90เปอร์เซ็นต์ ถ่านกะลามะพร้าว 10 เปอร์เซ็นต์ แป้งมัน 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 3 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะการยัดเกาะกันเป็นก้อน ไม่จับตัวกัน ไม่เหมาะสมในการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งมีสาเหตุจากการที่ความเหนียวของการยัดเกาะกันไม่เพียงพอเพราะถ่านจากกากมะพร้าวมีเนื้อถ่านที่ใหญ่อาจขยายตัวเมื่อออกจากเครื่องอัด ดังรูปที่ 3.32



รูปที่ 3.32 การอัดแท่งถ่านไม่จับตัวเป็นแท่งถ่าน

2) อัตราส่วนที่ 2 ถ่านกากมะพร้าว 80 เปอร์เซ็นต์ ถ่านกะลามะพร้าว 20 เปอร์เซ็นต์ แป้งมัน 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 3 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะการยัดเกาะกันเป็นก้อน เมื่อออกจากเครื่องอัดตัวถ่านเริ่มขยายตัวผิวไม่เรียบ เมื่อเริ่มแห้งก็จะมีรอยร้าวและแตกเปราะหักได้ง่าย ดังรูปที่ 3.33



รูปที่ 3.33 ถ่านอัดแท่งที่มีรอยร้าวและเปราะแตกหัก

3) อัตราส่วนที่ 3 ถ่านกากมะพร้าว 70 เปอร์เซ็นต์ ถ่านกะลามะพร้าว 30 เปอร์เซ็นต์ แป้งมัน 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 3 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะการยึดเกาะกันเป็นก้อน ยึดเกาะเป็นก้อนดี เมื่อแห้งอาจมีรอยร้าวหรืออาจแตกเล็กน้อย ดังรูปที่ 2.34



รูปที่ 3.34 ถ่านอัดแท่งได้คีมียรอยร้าวเล็กน้อย

4) ถ่านกากมะพร้าว 60 เปอร์เซ็นต์ ถ่านกะลามะพร้าว 40 เปอร์เซ็นต์ แป้งมัน 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 3 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะการยึดเกาะกันเป็นก้อน ยึดเกาะกันได้ดี ดังรูปที่ 3.35



รูปที่ 3.35 ถ่านอัดแท่งอัดเป็นแท่งได้ดี

5) อัตราส่วนที่ 5 ถ่านกากมะพร้าว 50 เปอร์เซ็นต์ ถ่านกะลามะพร้าว 50 เปอร์เซ็นต์
 แป้งมัน 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 3 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะการยัดเกาะกันเป็นก้อน ยัดเกาะกันได้ดี ผิวเรียบ
 ดังรูปที่ 3.36



รูปที่ 3.36 ถ่านอัดแท่งเป็นแท่งได้ดี ผิวเรียบ

6) อัตราส่วนที่ 6 ถ่านกากมะพร้าว 40 เปอร์เซ็นต์ ถ่านกะลามะพร้าว 60 เปอร์เซ็นต์
 แป้งมัน 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 3 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะการยัดเกาะกันเป็นก้อน ยัดเกาะกันได้ดี ดังรูป 3.37



รูปที่ 3.37 ถ่านอัดแท่งยัดเกาะเป็นแท่งได้ดี

7) อัตราส่วนที่ 7 ถ่านกากมะพร้าว 30 เปอร์เซ็นต์ ถ่านกะลามะพร้าว 70 เปอร์เซ็นต์ แป้งมัน 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 3 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะการยัดเกาะกันเป็นก้อน ยัดเกาะกันได้ดี เมื่อแห้งอาจมีรอยร้าวหรืออาจแตกเล็กน้อย ดังรูปที่ 3.38



รูปที่ 3.38 ถ่านที่อัดแท่งที่ยัดเกาะกันได้ดี แต่มีรอยร้าวเมื่อแห้ง

8) อัตราส่วนที่ 8 ถ่านกากมะพร้าว 20 เปอร์เซ็นต์ ถ่านกะลามะพร้าว 80 เปอร์เซ็นต์ แป้งมัน 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 3 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะการยัดเกาะกันเป็นก้อน ยัดเกาะกันไม่ก่อนดีและเมื่อถ่านเริ่มแห้งจะแตกง่ายมาก ดังรูปที่ 3.39



รูปที่ 3.39 ถ่านอัดแท่งยัดเกาะกันได้ไม่ดี เมื่อแห้งจะมีการแตกหัก

9) อัตราส่วนที่ 9 ถ่านกากมะพร้าว 10 เปอร์เซ็นต์ ถ่านกะลามะพร้าว 90 เปอร์เซ็นต์ แป้งมัน 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำ 3 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะการอัดแท่งที่ได้ไม่ค่อยยึดเกาะกัน เมื่อออกมาจากเครื่องอัดแท่งแล้วถ่านที่ได้ไม่อัดเป็นแท่ง ดังรูปที่ 3.40



รูปที่ 3.40 ถ่านอัดแท่งไม่ค่อยยึดเกาะกันเป็นแท่ง

10) เมื่อทำการอัดแท่งถ่านแล้ว จะได้แท่งถ่านที่มีความยาวเป็นแท่งเดียว ก็จะต้องมีการตัดให้ได้ขนาดความยาว 12 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.41



รูปที่ 3.41 การตัดความยาวของถ่านอัดแท่งเพื่อให้ได้ขนาด

11) หลังจากทำการอัดแท่งถ่านและตัดให้ได้ขนาดแล้วก็นำมาตากแดดประมาณ 1 วัน ดังรูปที่ 3.42 เพื่อเป็นการกำจัดความชื้นที่อาจจะยังคงมีอยู่ในก้อนถ่านอัดแท่ง ทำให้แท่งอัดถ่านจากกากมะพร้าวแห้งสนิท



รูปที่ 3.42 การตากถ่านอัดแท่งที่อัดได้ให้แห้ง

3.2.2 ขั้นตอนการหาคุณสมบัติ

1) วิเคราะห์สมบัติทางด้านเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM ดังนี้

- การหาค่าความร้อน (Heating Value) ASTM D 5865 ตัดลวด (Fuse Wire) ยาวประมาณ 10 เซนติเมตร ผูกที่ปลายทั้งสองของแท่งเหล็กด้านล่างของฝาบอมบี้ ใส่ถ่านอัดแท่งที่ได้จากส่วนผสมของถ่านกากกลามะพร้าว และถ่านขี้เลื่อยประมาณ 1 กรัม ลงไปในถ้วย วางถ้วยบนช่วงปลายเหล็กด้านล่างบอมบี้ จัดลวดให้สัมผัสตัวอย่างเติมน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร ลงไปในถ้วยบอมบี้ ประกอบฝาบอมบี้กับถ้วยบอมบี้ นำไปอัดออกซิเจนให้ได้ความดันประมาณ 30 บรรยากาศ นำไปวางในถังบรรจุบอมบี้ ใส่น้ำกลั่นที่มีอุณหภูมิประมาณ 24 องศาเซลเซียส ปริมาณ 2 ลิตรลงในถัง (Bucker) เสียบสายไฟที่ใช้ในการจุดระเบิด 2 เส้นเข้ากับถ้วยบอมบี้ แล้วปิดฝาเครื่องเปิดสวิตช์ อ่านอุณหภูมิของน้ำในถังบรรจุบอมบี้ (Bucker) กับน้ำที่อยู่ในถ้วยหุ้ม (Jacket) เมื่ออุณหภูมิทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน กดปุ่มจุดระเบิด บันทึกค่าอุณหภูมิเริ่มต้นและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนกระทั่งคงที่ จึงยุติการทดลองนำถ้วยบอมบี้ ออก ปลดสายออกจากถ้วยบอมบี้อย่างช้าๆ ถ่างฝาด้วยบอมบี้และถ้วยที่บรรจุถ่านอัดแท่งที่ได้จากส่วนผสมของถ่านกากมะพร้าว

และถ่าน จี้ด้วยน้ำกลั่น วัดความยาวหลอดที่เหลือ แล้วป้อนค่าเข้าสู่เครื่อง เครื่องจะทำการคำนวณแล้วพิมพ์ค่าความร้อนของตัวอย่างออกมาทางเครื่อง พิมพ์ดังแสดงในรูปที่ 3.43



รูปที่ 3.43 เครื่องทดสอบหาค่าความร้อน

- การหาปริมาณสารระเหยได้ (Volatile Matter) ASTM D 3175 เเผ (crucible) พร้อมฝาที่ อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียสประมาณ 30 นาที แล้วนำไปทำให้เย็น โดยใส่ในโถดูดความชื้น (Desiccators) 15 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนัก (W_5) ซึ่งตัวอย่างประมาณ 1 กรัม ใส่ลงไปใน crucible แล้วปิดฝา นำไปลงในเตาเผา 7-10 นาที แล้วปล่อยให้เย็นในเตา 7 นาที นำออกจากเตาเผา ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น 30 นาที แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก (W_6) โดยมีสมการการคำนวณดังนี้

$$V = (W_5 - W_6) / W * 100 - M \quad (3.3)$$

V = ร้อยละของปริมาณสารระเหย

M = ร้อยละของปริมาณความชื้น

W_5 = น้ำหนักของ Crucible พร้อมฝา และตัวอย่างก่อนเผา

W_6 = น้ำหนักของ Crucible พร้อมฝา และตัวอย่างหลังเผา

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

- การหาปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) ASTM D 3172 หาได้จากสมการการคำนวณดังนี้

$$\begin{aligned} \text{เปอร์เซ็นต์คาร์บอนคงตัว} = 100 - (\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} \\ + \text{เปอร์เซ็นต์สารระเหย} \\ + \text{เปอร์เซ็นต์เถ้า}) \end{aligned} \quad (3.4)$$

- การหาปริมาณเถ้า (Ash) ASTM D 3174 ซึ่งมีอุปกรณ์ดังแสดงในรูปที่ 3.44 นำถ้วย (Crucible) ที่สะอาดไปอบ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส แล้วนำไปทำให้เย็นโดยใส่ในโถดูดความชื้น 15 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนักใส่ตัวอย่างประมาณ 1 กรัม จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก (W_3) นำไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส ประมาณ 4 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น 20 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนัก (W_4) โดยมีสมการการคำนวณดังนี้

$$M = (W_3 - W_4) / W * 100 \quad (3.5)$$

M = ร้อยละของปริมาณเถ้า

W_3 = น้ำหนักถ้วยและเถ้าของตัวอย่างหลังเผา (กรัม)

W_4 = น้ำหนักถ้วย (กรัม)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)



รูปที่ 3.44 เครื่องหาปริมาณเถ้า

- การหาปริมาณความชื้น (Moisture) ASTM D 3173 นำถ้วย (Crucible) ที่สะอาดไปอบ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสแล้วนำไปทำให้เย็นโดยใส่ในโถดูดความชื้น 15 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนักใส่ตัวอย่างประมาณ 1 กรัม จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก (W_1) นำไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 2-3 ชั่วโมงแล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น 20 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนัก (W_2) โดยมีสมการการคำนวณดังนี้

$$M = (W_1 - W_2) / W * 100 \quad (3.6)$$

M = ร้อยละของปริมาณความชื้น

W_1 = น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_2 = น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานและวิเคราะห์

ในส่วนของบทนี้เป็นการนำเสนอ กับ อภิปรายผลการทดลองที่ได้จากการศึกษาส่วนผสม และ ค่าต่างๆที่นำมาทดสอบเพื่อวัดสมรรถนะของถ่านอัดแท่งนี้ โดยได้ผลดังนี้

4.1 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลถ่านอัดแท่งกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย

4.1.1 ผลการทดลอง

จากการทดลองคุณสมบัติต่างๆ ของถ่านอัดแท่งกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย ตามมาตรฐาน ASTM มีผลการทดลอง 5 อัตราส่วน ดังนี้ 7:3, 6:4, 5:5, 4:6 และ 3:7 รวมถึงผลการทดลองจากถ่านไม้ทั่วไป

4.1.1.1 ผลการทดลองค่าความร้อน

หลังจากทำการทดลองอัดแท่งถ่านแล้ว ก็ได้ถ่านที่นำมาทดลองทั้งหมด 5 อัตราส่วนผสม โดยนำทั้ง 5 อัตราส่วนและถ่านจากไม้ทั่วไปมาทดสอบค่าความร้อนตามมาตรฐาน ASTM D 5865 ซึ่งได้ผลข้อมูลออกมาดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย

ตัวอย่าง	ค่าความร้อน	
	ในสภาพที่มีความชื้น (กิโลแคลอรีต่อ กิโลกรัม)	ในสภาพไม่มี ความชื้น (กิโลแคลอรีต่อ กิโลกรัม)
1) ถ่านกากมะพร้าว 70% ต่อถ่านขี้เลื่อย 30%	5,230	5,570
2) ถ่านกากมะพร้าว 60% ต่อถ่านขี้เลื่อย 40%	5,470	5,790
3) ถ่านกากมะพร้าว 50% ต่อถ่านขี้เลื่อย 50%	5,310	5,700

ตารางที่ 4.1 ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย (ต่อ)

ตัวอย่าง	ค่าความร้อน	
	ในสภาพที่มีความชื้น (กิโลแคลอรีต่อ กิโลกรัม)	ในสภาพไม่มี ความชื้น (กิโลแคลอรีต่อ กิโลกรัม)
4) ถ่านกากมะพร้าว 40% ต่อถ่านขี้เลื่อย 60%	5,770	6,130
5) ถ่านกากมะพร้าว 30% ต่อถ่านขี้เลื่อย 70%	5,790	6,110
6) ถ่านอัดแท่งจากไม้ทั่วไป	3,420	3,930

จากค่าในตารางที่ 4.1 จากการทดลองหาค่าปริมาณความร้อน (Heating value) จากถ่านอัดแท่งกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยในแต่ละอัตราส่วนผสม และถ่านจากไม้ทั่วไปทั้งในสภาพที่มีความชื้น และในสภาพที่ไม่มีมีความชื้น โดยอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนสูงที่สุดคืออัตราส่วนผสม 40 : 60 ซึ่งมีค่าความร้อนสูงในสภาพที่ไม่มีมีความชื้นมีค่าเท่ากับ 6,130 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม และในสภาพที่มีความชื้นในอัตราส่วนผสม 30 : 70 มีค่าเท่ากับ 5,790 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ส่วนอัตราส่วนผสมที่ให้ค่าความร้อนน้อยที่สุดคืออัตราส่วนผสม 70 : 30 ซึ่งมีค่าความร้อนสูงทั้งในสภาพที่ไม่มีมีความชื้น และไม่มีมีความชื้นโดยมีค่าเท่ากับ 5,950 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม และ 5,540 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับถ่านจากไม้ทั่วไป ถ่านจากไม้ทั่วไปให้ค่าความร้อนน้อยกว่าถ่านจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยทุกอัตราส่วนผสม ทั้งในสภาพที่ไม่มีมีความชื้น และไม่มีมีความชื้นโดยมีค่าเท่ากับ 3,930 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม และ 3,420 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยปริมาณความร้อนของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย ทั้ง 5 อัตราส่วนผสมมีปริมาณความร้อนมากกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ที่ได้กำหนดไว้ปริมาณความร้อนของถ่านอัดแท่งควรมีค่าไม่น้อยกว่า 5,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม

4.1.1.2 ผลการทดลองค่าความชื้น

การทดลองเพื่อหาปริมาณความชื้นจากถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าว และขี้เลื่อย ทั้ง 5 อัตราส่วนผสม และถ่านจากไม้ทั่วไป ตามมาตรฐาน ASTM D 3173 โดยวัดค่าความชื้นที่ยังเหลืออยู่หลังจากการนำไปตากแห้งตามขั้นตอนการทดลองแล้วเปรียบเทียบว่าค่าความชื้นที่ได้มีผลต่อการให้ความร้อนและคุณสมบัติต่างๆ หรือไม่ ซึ่งผลการทดลองที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าความชื้นของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย

ตัวอย่าง	ค่าความชื้น	
	ในสภาพที่มี ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	ในสภาพไม่มี ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)
1) ถ่านกากมะพร้าว 70% ต่อถ่านขี้เลื่อย 30%	6.2	-
2) ถ่านกากมะพร้าว 60% ต่อถ่านขี้เลื่อย 40%	5.7	-
3) ถ่านกากมะพร้าว 50% ต่อถ่านขี้เลื่อย 50%	6.9	-
4) ถ่านกากมะพร้าว 40% ต่อถ่านขี้เลื่อย 60%	5.9	-
5) ถ่านกากมะพร้าว 30% ต่อถ่านขี้เลื่อย 70%	5.3	-
6) ถ่านอัดแท่งจากไม้ทั่วไป	12.8	-

จากค่าข้อมูลในตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าค่าความชื้น (Moisture content) ในอัตราส่วนผสม 30 : 70 มีปริมาณค่าความชื้นน้อยที่สุด เท่ากับ 5.3 เปอร์เซ็นต์ รองมาคืออัตราส่วนผสม 60 : 40 โดยมีค่าปริมาณความชื้นเท่ากับ 5.7 เปอร์เซ็นต์ และอัตราส่วนที่มีค่าความชื้นมากที่สุดคืออัตราส่วน 50 : 50 เท่ากับ 6.9 เปอร์เซ็นต์ แต่ในทุกอัตราส่วนมีค่าน้อยกว่าความชื้นจากถ่านไม้ทั่วไป ซึ่งถ่านจากไม้ทั่วไปมีค่าความชื้นเท่ากับ 12.8 เปอร์เซ็นต์ โดยถ่านจากทุกอัตราส่วนผสมนั้นมีปริมาณความชื้นตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ที่ได้กำหนดไว้ว่าความชื้นของถ่านอัดแท่งควรมีค่าไม่เกิน 8 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนัก

4.1.1.3 ผลการทดลองค่าสารระเหย

การทดลองถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เถ้า เพื่อหาปริมาณสารระเหยตามมาตรฐาน ASTM D 3175 ของถ่านอัดแท่งทั้ง 5 อัตราส่วน และถ่านไม้ทั่วไป ในสภาพที่มีความชื้นและไม่มีความชื้น ซึ่งผลการทดลองที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าสารระเหยของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เถ้า

ตัวอย่าง	ค่าสารระเหย	
	ในสภาพที่มีความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	ในสภาพไม่มีความชื้น (เปอร์เซ็นต์)
1) ถ่านกากมะพร้าว 70% ต่อถ่านขี้เถ้า 30%	32.4	34.6
2) ถ่านกากมะพร้าว 60% ต่อถ่านขี้เถ้า 40%	34.7	36.8
3) ถ่านกากมะพร้าว 50% ต่อถ่านขี้เถ้า 50%	39.4	42.3
4) ถ่านกากมะพร้าว 40% ต่อถ่านขี้เถ้า 60%	38.6	41.1
5) ถ่านกากมะพร้าว 30% ต่อถ่านขี้เถ้า 70%	38.2	40.3
6) ถ่านอัดแท่งจากไม้ทั่วไป	17.7	20.3

จากค่าข้อมูลในตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นถึงค่าสารระเหย (Volatile matters) ของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เถ้า ในสภาพที่มีความชื้น และในสภาพที่ไม่มีความชื้นในทุกอัตราส่วน รวมถึงถ่านจากไม้ทั่วไป ซึ่งอัตราส่วนที่ให้ปริมาณสารระเหยน้อยที่สุดคือ อัตราส่วนผสม 70 : 30 ทั้งในสภาพมีความชื้นและไม่มีความชื้น โดยมีค่าเท่ากับ 32.4 เปอร์เซ็นต์ และ 34.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และอัตราส่วนที่ให้ปริมาณสารระเหยมากที่สุดคือ อัตราส่วน 50 : 50 ทั้งในสภาพที่มีความชื้น และไม่มีความชื้น ซึ่งมีเท่ากับ 39.4 เปอร์เซ็นต์ และ 42.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับถ่านจากไม้ทั่วไป ทั้งในสภาพมีความชื้น และไม่มีความชื้นค่าสารระเหยในถ่านจากไม้ทั่วไปมีค่าน้อยกว่าถ่านจากกากมะพร้าวผสมขี้เถ้า ซึ่งถ่านจากไม้ทั่วไปมีค่าเท่ากับ 17.7 เปอร์เซ็นต์ และ 20.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับโดยที่ถ่านที่ดินั้นปริมาณสารระเหยควรมีค่าน้อยที่สุดเพราะสารระเหยในถ่านนั้น รวมไปถึงปริมาณควันที่ออกมาจากถ่านแต่ละอัตราส่วนด้วย

4.1.1.4 ผลการทดลองค่าคาร์บอนคงตัว

การทดสอบค่าคาร์บอนคงตัวตามมาตรฐาน ASTM D 3172 ในสภาพมีความชื้นและไม่มี ความชื้นของทุกอัตราส่วนรวมถึงถ่านจากไม้ทั่วไป ซึ่งการหาค่าคาร์บอนคงตัวนั้นหาได้จาก เอาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น, เปอร์เซ็นต์สารระเหย และ เปอร์เซ็นต์ปริมาณเถ้า นำไปลบ 100 ก็จะได้ เปอร์เซ็นต์คาร์บอนคงตัว ซึ่งผลการทดลองที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าคาร์บอนคงตัวของถ่านอัดแท่งกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย

ตัวอย่าง	ค่าคาร์บอนคงตัว	
	ในสภาพที่มี ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	ในสภาพไม่มี ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)
1) ถ่านกากมะพร้าว 70% ต่อถ่านขี้เลื่อย 30%	43.3	46.1
2) ถ่านกากมะพร้าว 60% ต่อถ่านขี้เลื่อย 40%	46.5	49.3
3) ถ่านกากมะพร้าว 50% ต่อถ่านขี้เลื่อย 50%	46.3	49.7
4) ถ่านกากมะพร้าว 40% ต่อถ่านขี้เลื่อย 60%	50.1	53.2
5) ถ่านกากมะพร้าว 30% ต่อถ่านขี้เลื่อย 70%	49.9	52.7
6) ถ่านอัดแท่งจากไม้ทั่วไป	33.3	38.2

จากค่าข้อมูลในตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon) ใน สภาพที่มีความชื้น และในสภาพที่ไม่มี ความชื้นในทุกอัตราส่วนผสม อัตราส่วนที่ให้ค่าปริมาณ คาร์บอนคงตัวมากที่สุดคืออัตราส่วนผสม 40 : 60 ทั้งในสภาพมีความชื้น และในสภาพไม่มี ความชื้นโดยมีค่าเท่ากับ 50.1 เปอร์เซ็นต์ และ 53.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนอัตราส่วนผสมที่ให้ค่า ปริมาณคาร์บอนคงตัวน้อยที่สุดคือ อัตราส่วนผสม 70 : 30 ทั้งในสภาพที่มีความชื้น และไม่มี ความชื้นโดยมีค่าเท่ากับ 43.3 เปอร์เซ็นต์ และ 46.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับแต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างถ่าน กากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย กับถ่านจากไม้ทั่วไป พบว่าถ่านจากไม้ทั่วไปมีค่าปริมาณคาร์บอนคง ตัวน้อยกว่า ถ่านจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย ทั้งในสภาพที่มีความชื้น และในสภาพที่ไม่มี ความชื้น ซึ่งถ่านจากไม้ทั่วไปมีค่าเท่ากับ 33.3 เปอร์เซ็นต์ 38.2 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับซึ่งถ่านที่ดีต้องมีค่าปริมาณ คาร์บอนคงตัวสูงเพราะค่าคาร์บอนคงตัวที่อยู่ในถ่านนั้นจะทำให้การคิดไฟดีขึ้น

4.1.1.5 ผลการทดลองค่าปริมาณเถ้า

การทดสอบค่าปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยตามมาตรฐาน ASTM D 3174 ของถ่านอัดแท่งทั้ง 5 อัตราส่วนผสม และถ่านไม้ทั่วไป ทั้งในสภาพที่มีความชื้น และไม่มีความชื้น ซึ่งผลการทดลองที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่าปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย

ตัวอย่าง	ค่าปริมาณเถ้า	
	ในสภาพที่มีความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	ในสภาพไม่มีความชื้น (เปอร์เซ็นต์)
1) ถ่านกากมะพร้าว 70% ต่อถ่านขี้เลื่อย 30%	18.1	19.3
2) ถ่านกากมะพร้าว 60% ต่อถ่านขี้เลื่อย 40%	13.1	13.9
3) ถ่านกากมะพร้าว 50% ต่อถ่านขี้เลื่อย 50%	7.4	8.0
4) ถ่านกากมะพร้าว 40% ต่อถ่านขี้เลื่อย 60%	5.4	5.7
5) ถ่านกากมะพร้าว 30% ต่อถ่านขี้เลื่อย 70%	6.6	7.0
6) ถ่านอัดแท่งจากไม้ทั่วไป	36.2	41.5

จากค่าข้อมูลในตารางที่ 4.5 แสดงให้เห็นถึงค่าปริมาณเถ้า (Ash content) ในสภาพที่มีความชื้น และในสภาพที่ไม่มีความชื้นในทุกส่วนผสมรวมถึงถ่านไม้ทั่วไปซึ่งอัตราส่วนที่ให้ค่าปริมาณเถ้าที่น้อยที่สุดคืออัตราส่วน 40 : 60 ทั้งในสภาพมีความชื้นและไม่มีความชื้นโดยมีค่าเท่ากับ 5.4 เปอร์เซ็นต์ และ 5.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนอัตราส่วนที่มีปริมาณเถ้ามากที่สุดคืออัตราส่วน 70 : 30 ทั้งในสภาพมีความชื้น และไม่มีความชื้น โดยมีค่าเท่ากับ 18.1 เปอร์เซ็นต์ และ 19.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับถ่านจากไม้ทั่วไป ถ่านจากไม้ทั่วไปมีค่าปริมาณเถ้ามากกว่าถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยทั้งในสภาพมีความชื้นและไม่มีความชื้น โดยมีค่าเท่ากับ 36.2 เปอร์เซ็นต์ 41.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าปริมาณเถ้าจะต้องมีค่าน้อย เพราะปริมาณเถ้าจะมีผลต่อการลุกไหม้ของไฟและความร้อนที่ได้จึงต้องมีการควบคุมปริมาณเถ้าให้ให้น้อยที่สุด

4.1.1.6 ระยะเวลาในการมอดดับของถ่าน

นำถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยทุกอัตราส่วน มาเผาเพื่อหาระยะเวลาในการติดไฟ เวลาในการดับไฟของแต่ละอัตราส่วน และถ่านไม้ทั่วไปที่นำมาทดลอง ซึ่งผลการทดลองที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ระยะเวลาในการมอดดับของกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย

ตัวอย่าง	ระยะเวลาในการมอดดับ (นาทิจ)
1) ถ่านกากมะพร้าว 70% ต่อถ่านขี้เลื่อย 30%	144
2) ถ่านกากมะพร้าว 60% ต่อถ่านขี้เลื่อย 40%	144
3) ถ่านกากมะพร้าว 50% ต่อถ่านขี้เลื่อย 50%	150
4) ถ่านกากมะพร้าว 40% ต่อถ่านขี้เลื่อย 60%	152
5) ถ่านกากมะพร้าว 30% ต่อถ่านขี้เลื่อย 70%	153
6) ถ่านอัดแท่งจากไม้ทั่วไป	177

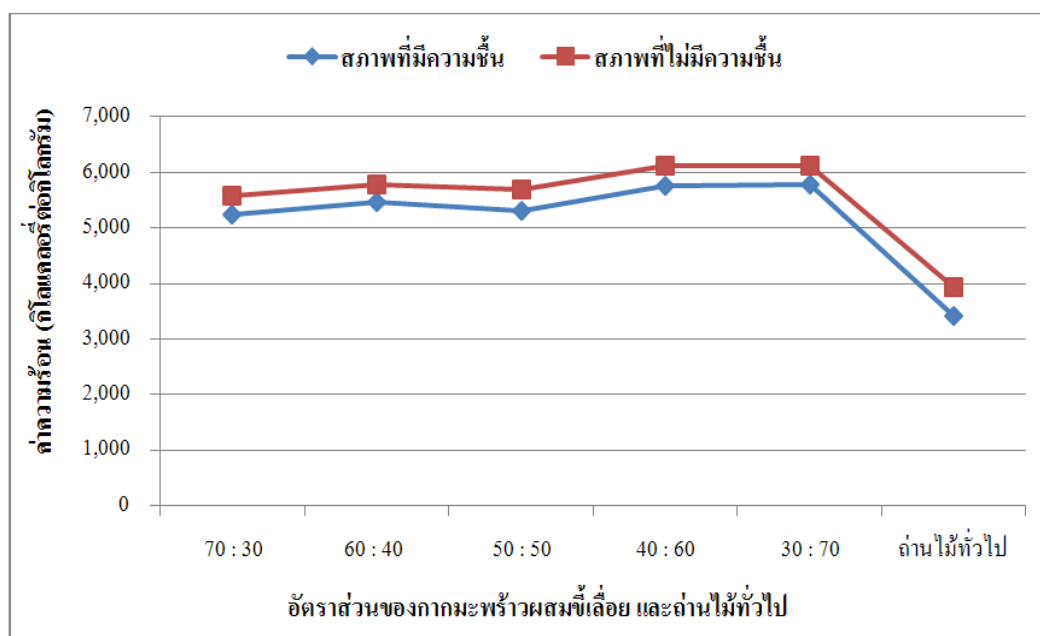
จากค่าข้อมูลในตารางที่ 4.6 แสดงให้เห็นถึงเวลาในการมอดดับซึ่งอัตราส่วนผสมที่ให้ระยะเวลาในการมอดดับได้นานที่สุดคืออัตราส่วนผสม 30 : 70 มีค่าเท่ากับ 153 นาทิจ และอัตราส่วนผสมที่ให้ระยะเวลาได้น้อยที่สุดคืออัตราส่วนผสม 70 : 30 มีค่าเท่ากับ 144 นาทิจ ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันมากแต่เมื่อเปรียบเทียบกับถ่านจากไม้ทั่วไป ถ่านจากไม้ทั่วไปมีค่าระยะเวลาการมอดดับสูงกว่าถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยมีค่าเท่ากับ 177 นาทิจ

4.1.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย เพื่อหาคุณสมบัติของถ่านทั้ง 5 อัตราส่วน และถ่านจากไม้ทั่วไป ได้นำผลการทดลองมาวิเคราะห์ในรูปของกราฟตามคุณสมบัติต่างๆ

4.1.2.1 การวิเคราะห์ผลการทดสอบค่าความร้อน (Heating value)

จากการทดสอบหาความร้อน ของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย ทั้ง 5 อัตราส่วนผสม และถ่านไม้ทั่วไป ทั้งในสภาพที่มีความชื้น และในสภาพที่ไม่มีความชื้น สามารถบอกได้ว่าวัสดุที่นำมาทดลองมีค่าความร้อนมากน้อยเพียงใด และนำมาเป็นเชื้อเพลิงไว้ใช้ในชีวิตประจำวันได้หรือไม่ ซึ่งสามารถนำมาเขียนในรูปของกราฟดังแสดงในรูปที่ 4.1 ได้ดังนี้



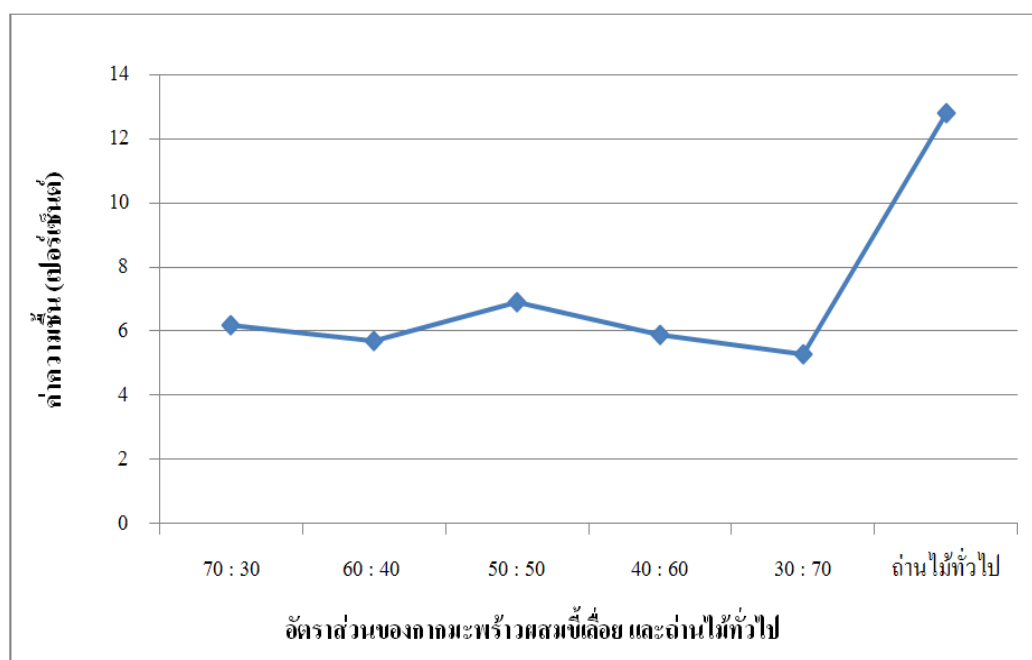
รูปที่ 4.1 ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยแต่ละอัตราส่วน และถ่านไม้ทั่วไป

จากรูปที่ 4.1 พบว่า ค่าความร้อนในสภาพที่ไม่มีความชื้นจะให้ค่าความร้อนที่สูงกว่าค่าความร้อนในสภาพที่มีความชื้น ทุกอัตราส่วนผสมรวมถึงถ่านจากไม้ทั่วไป ด้วยโดยมีแนวโน้มการเพิ่มลดของค่าความร้อนที่เหมือนกันทั้งในสภาพที่มีความชื้น และในสภาพที่ไม่มีความชื้น ซึ่งอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนสูงที่สุด คืออัตราส่วน 30 : 70 ทั้งในสภาพมีความชื้น และอัตราส่วน 40 : 60 ในสภาพที่ไม่มีความชื้น แต่ก็มีค่าไม่แตกต่างกันมากทั้งในอัตราส่วน 30 : 70 และ 40 : 60 ค่าความร้อนก็มีค่าลดน้อยลงเรื่อยๆ ตามอัตราส่วนของกาบมะพร้าวที่มีปริมาณในส่วนผสมลดน้อยลงเรื่อยๆ จนถึงอัตราส่วน 70 : 30 ซึ่งมีค่าความร้อนน้อยที่สุดในทุกอัตราส่วน แต่ในทุกอัตราส่วนนั้นยังมีค่าความร้อนที่มากกว่า ค่าความร้อนในถ่านจากไม้ทั่วไป และมีมากกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ที่กำหนดไว้ว่าถ่านอัดแท่งจะต้องมีค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 5,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ซึ่งถ่านจากไม้ทั่วไปมีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐาน

จากการนำถ่านอัดแท่งจากกาบมะพร้าวผสมขี้เลื่อยพบว่ายังมีส่วนผสมของขี้เลื่อยสูง ค่าพลังงานความร้อนก็ยังมีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อยิ่งลดปริมาณความชื้นให้น้อยที่สุดค่าความร้อนก็จะเพิ่มขึ้นด้วย

4.1.2.2 การวิเคราะห์ผลการทดสอบค่าความชื้น

จากค่าความชื้นที่ยังหลงเหลืออยู่ในถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย แต่ละอัตราส่วนผสม และถ่านจากไม้ทั่วไป ได้ทำการทดลองแล้วได้ค่าความชื้นออกมาสามารถมาเขียนในรูปของกราฟได้ดังแสดงในรูปที่ 4.2



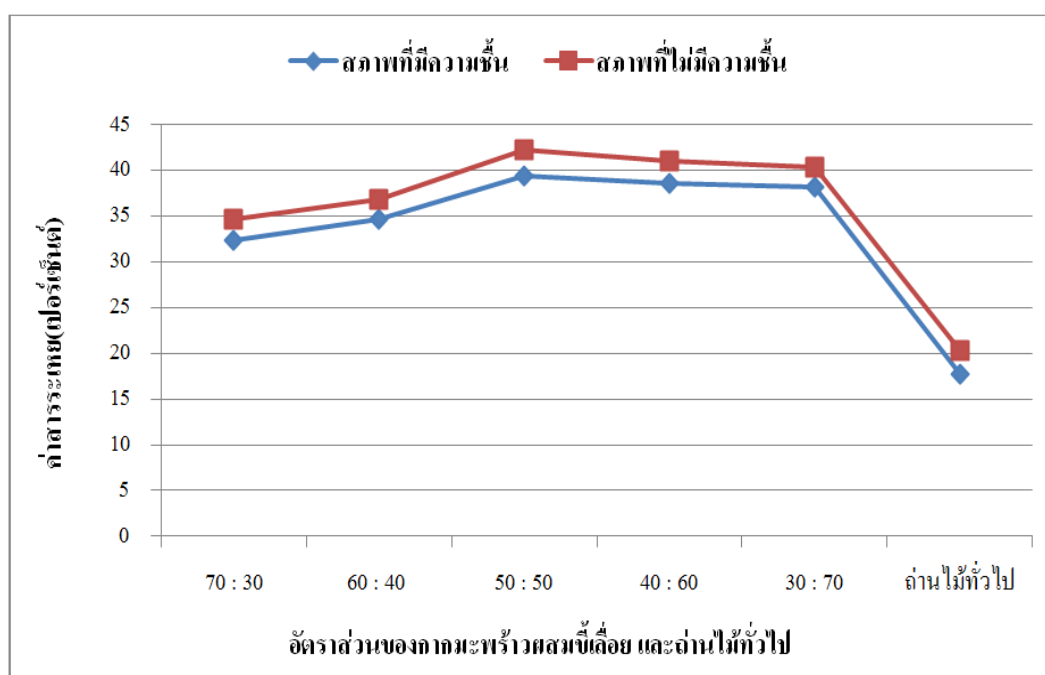
รูปที่ 4.2 ค่าความชื้นของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยแต่ละอัตราส่วน และถ่านไม้ทั่วไป

จากรูปที่ 4.2 แสดงถึงค่าความชื้นที่ยังหลงเหลืออยู่ในถ่านกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย และถ่านจากไม้ทั่วไป พบว่าในส่วนผสมของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยอัตราส่วน 30 : 70 ให้ค่าความชื้นน้อยที่สุด และมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนส่วนผสมของกากมะพร้าวมีค่าเท่ากับขี้เลื่อยในอัตราส่วน 50 : 50 ซึ่งมีค่าความชื้นสูงสุด และค่าความชื้นมีค่าลดลงอีกครั้งตามส่วนผสมของกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยมีค่าแตกต่างกันจนมีอัตราส่วน 60 : 40 กับอัตราส่วน 70 : 30 และในทุกอัตราส่วนของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยทุกอัตราส่วนผสม ยังมีค่าความชื้นน้อยกว่า 8 เปอร์เซ็นต์ ตามค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) กำหนด และถ่านจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยมีค่าความชื้นน้อยกว่าค่าความชื้นในถ่านไม้ทั่วไป

ถ่านที่ให้ความร้อนสูงที่สุดคืออัตราส่วน 50 : 50 และมีค่าลดน้อยลงเรื่อยๆ ตามส่วนผสมที่ต่างกันเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยค่าความชื้นที่น้อยที่สุดคืออัตราส่วนผสม 30 : 70 แต่ค่าความชื้นทุกอัตราส่วน มีค่าน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐานและน้อยกว่าถ่านจากไม้ทั่วไป ซึ่งเป็นผลทำให้การยืดเกาะของถ่านอัดแท่งในอัตราส่วน 30 : 70 และ 70 : 30 มีการยืดเกาะของถ่านกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยได้ไม่ดีมาก

4.1.2.3 การวิเคราะห์ผลการทดสอบค่าสารระเหย

จากการทดลองหาค่าสารระเหยในถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย และ ถ่านไม้ทั่วไป สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของกราฟได้ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ค่าปริมาณสารระเหยของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยแต่ละอัตราส่วน และถ่านไม้ทั่วไป

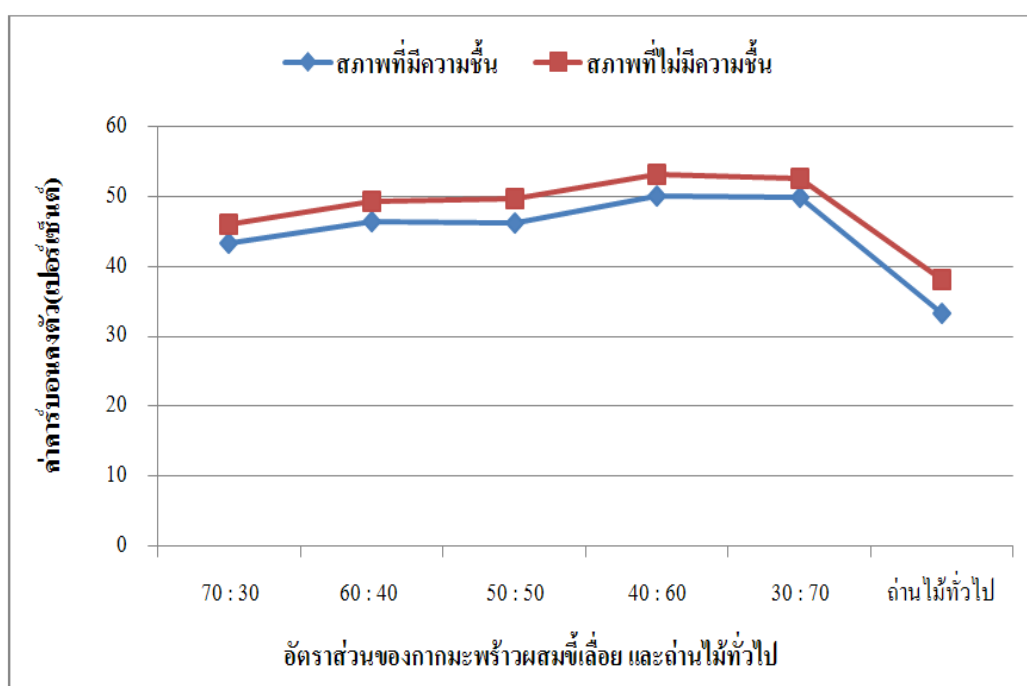
จากรูปที่ 4.3 แสดงค่าปริมาณสารระเหยในถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย และถ่านจากไม้ทั่วไป พบว่าในส่วนผสมของกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยที่อัตราส่วน 70 : 30 ในสภาพที่มีความชื้นมีค่าสารระเหยน้อยที่สุด และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตามส่วนผสมของกากมะพร้าวที่เพิ่มขึ้นจนถึงอัตราในอัตราส่วนผสม 50 : 50 ซึ่งมีค่าสารระเหยมากที่สุด แต่ในทุกอัตราส่วนของถ่านอัด

แท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยในสภาพที่ไม่มีความชื้นจะมีค่ามากกว่าในสภาพที่มีความชื้นอยู่ทุกค่า และในทุกอัตราส่วนผสมมีค่าสารระเหยมากกว่าสารระเหยในถ่านไม้ทั่วไป

ค่าสารระเหยในอัตราส่วนผสม 70 : 30 มีค่าน้อยที่สุดและเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามส่วนผสมของกากมะพร้าวลดน้อยลงจนทั้งสองส่วนผสมมีค่าเท่ากันจะมีค่าสารระเหยสูงที่สุด หลังจากปริมาณกากมะพร้าวลดน้อยลงอีกค่าสารระเหยจะลดลงเล็กน้อย แต่ในทุกๆอัตราส่วนผสมนั้นจะมีค่าสารระเหยสูงกว่าถ่านจากไม้ทั่วไป และค่าสารระเหยในสภาพที่ไม่มีความชื้นมีค่ามากกว่าในสภาพที่มีความชื้น

4.1.2.4 การวิเคราะห์ผลการทดสอบค่าคาร์บอนคงตัว

จากการทดลองหาค่าคาร์บอนคงตัวของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยตามมาตรฐานการทดสอบแล้ว สามารถนำมาเขียนในรูปของกราฟดังแสดงในรูปที่ 4.4



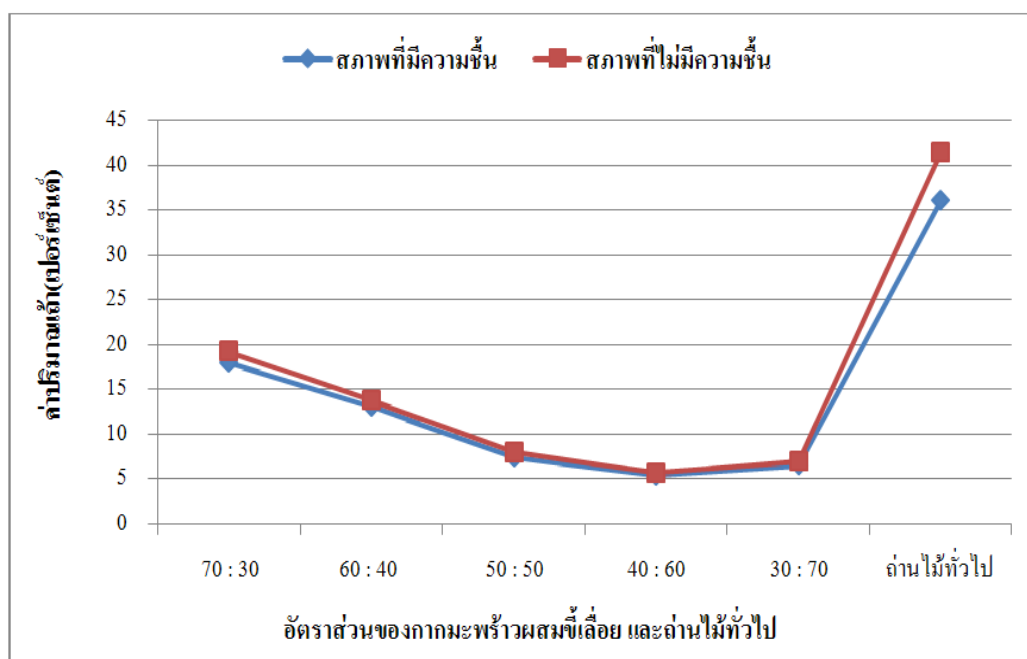
รูปที่ 4.4 ค่าปริมาณคาร์บอนคงตัวของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยแต่ละอัตราส่วน และถ่านไม้ทั่วไป

จากรูปที่ 4.4 แสดงค่าปริมาณคาร์บอนคงตัวในถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย และถ่านจากไม้ทั่วไป พบว่า ถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยอัตราส่วนผสมที่มีปริมาณค่าคาร์บอนคงตัวในสภาพที่ไม่มีความชื้น และในสภาพที่มีความชื้น ถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยที่ให้ปริมาณค่าคาร์บอนคงตัวมากที่สุดคืออัตราส่วนผสมที่ 40 : 60 แต่ก็มีค่าใกล้เคียงกับอัตราส่วน 30 : 70 และถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยที่ให้ปริมาณค่าคาร์บอนคงตัวน้อยที่สุดคืออัตราส่วนผสมที่ 70 : 30 และจะเห็นว่าทุกอัตราส่วนของถ่านกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยจะมีปริมาณค่าคาร์บอนคงตัวมากกว่าถ่านไม้ทั่วไปเสมอ และจากกราฟจะเห็นว่าทั้งถ่านกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยและถ่านไม้ทั่วไป ในสภาพที่มีความชื้นหรือสภาพปกติ ปริมาณค่าคาร์บอนคงตัวจะมีค่าน้อยกว่าในสภาพที่ไม่มีความชื้น

ปริมาณค่าปริมาณคาร์บอนคงตัวของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยจะมีค่าน้อยที่สุดที่อัตราส่วนผสม 70 : 30 และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามส่วนที่ผสมเมื่อทำการลดปริมาณของถ่านกากมะพร้าวลงเรื่อยๆ ก็จะเห็นว่าปริมาณค่าคาร์บอนคงตัวของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยในสภาพที่ไม่มีความชื้นจะมีปริมาณค่าคาร์บอนคงตัวมากกว่าถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยในสภาพที่มีความชื้นเล็กน้อย และทุกๆ ส่วนผสมของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยก็มีปริมาณค่าคาร์บอนคงตัวมากกว่าถ่านไม้ทั่วไป ซึ่งปริมาณคาร์บอนคงตัวที่มีค่าสูงจะมีคุณสมบัติเป็นเชื้อเพลิงที่ดีกว่าอัตราส่วนที่มีค่าปริมาณคาร์บอนคงตัวน้อย

4.1.2.5 การวิเคราะห์ผลการทดสอบค่าปริมาณเถ้า

จากการทดสอบหาค่าปริมาณเถ้า ของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย ในทุกอัตราส่วนรวมถึงถ่านจากไม้ทั่วไปในสภาพที่มีความชื้นและไม่มีความชื้นสามารถนำมาเขียนในรูปของกราฟดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ค่าปริมาณน้ำของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยแต่ละอัตราส่วน และถ่านไม้ทั่วไป

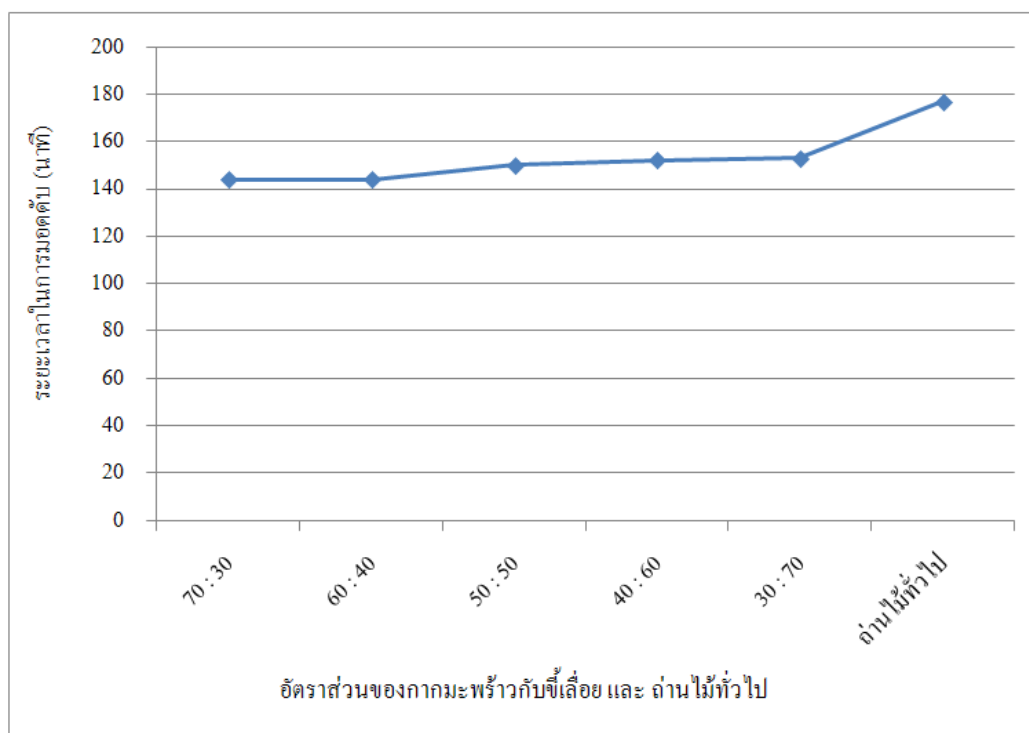
จากรูปที่ 4.5 แสดงค่าปริมาณน้ำในถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย และถ่านจากไม้ทั่วไปพบว่าพบว่า ปริมาณน้ำของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยจะมีค่าปริมาณน้ำที่น้อยที่สุดที่อัตราส่วนผสม 40 : 60 และถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยที่มีค่าปริมาณน้ำที่มากที่สุดที่อัตราส่วนผสม 70 : 30 และจากกราฟจะเห็นได้ว่าในถ่านไม้ทั่วไปจะมีปริมาณน้ำที่สูงมากกว่าถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยในทุกอัตราส่วนผสม และจากกราฟยังเห็นอีกว่ายิ่งปริมาณกากมะพร้าวเยอะปริมาณน้ำก็จะเยอะแต่เมื่อลดปริมาณกากมะพร้าวลงเรื่อยๆก็จะทำให้ปริมาณน้ำลดลงตามมาด้วยแต่ปริมาณน้ำจะเริ่มคงที่ไม่แตกต่างกันมากที่ปริมาณขี้เลื่อยในส่วนผสมมากกว่ากากมะพร้าวเพราะช่วงนี้ปริมาณน้ำจะลดลงอย่างช้าๆ และในสภาพที่มีความชื้นจะมีปริมาณน้ำน้อยกว่าในสภาพที่ไม่มีความชื้น

กากมะพร้าวมีผลต่อปริมาณน้ำเพราะในอัตราส่วนผสมเมื่อกากมะพร้าวมากกว่าขี้เลื่อยก็จะทำให้มีปริมาณน้ำมากแต่ถึงอย่างไรถ่านอัดแท่งที่ได้จากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยก็ยังให้ปริมาณน้ำน้อยกว่าถ่านไม้ทั่วไปในทุกอัตราส่วน สำหรับความชื้นในสภาพที่มีความชื้นในแต่ละอัตราส่วนผสมของถ่านกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยและถ่านไม้ทั่วไปจะมีค่าปริมาณน้ำน้อยกว่าถ่านอัด

แท่งที่อยู่ในสภาพที่ไม่มีความชื้นแต่ค่าที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าความชื้นมีผลต่อปริมาณเล็กน้อยมาก

4.1.2.6 การวิเคราะห์ผลการทดสอบระยะเวลาในการมอดดับของถ่าน

จากการทดลองหาระยะเวลาการติดไฟจนถึงการมอดดับของถ่านอัดแท่งกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย และ ถ่านไม้ทั่วไปสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของกราฟดังแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ระยะเวลาในการมอดดับของถ่านอัดแท่งกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยแต่ละอัตราส่วน และถ่านไม้ทั่วไป

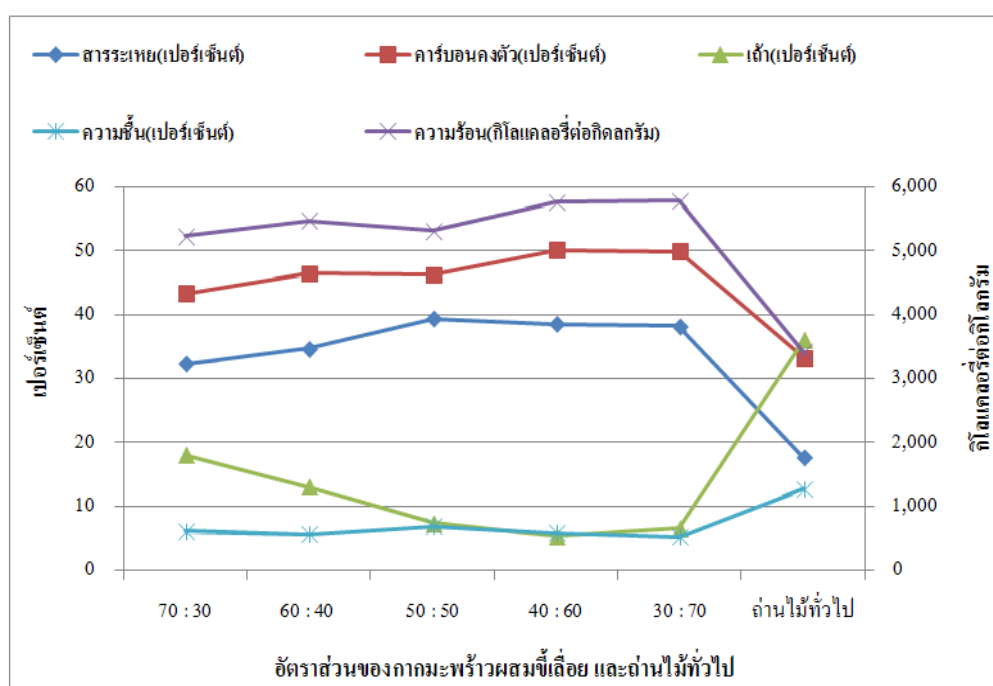
จากรูปที่ 4.6 แสดงถึงระยะเวลาในการมอดดับของถ่านจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย และถ่านไม้ทั่วไป พบว่า ระยะเวลาที่อัตราส่วนผสมถ่านอัดแท่งกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยที่ 30 : 70 ใช้เวลาในการมอดดับนานที่สุด และอัตราส่วนผสมที่ใช้เวลาการมอดดับน้อยที่สุดคือ 70 : 30 และ

60 : 40 ซึ่งไม่แตกต่างกันมาก ส่วนเวลาในการมอดดับของถ่านไม้ทั่วไปใช้เวลาในการมอดดับมากที่สุดซึ่งมากกว่าถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยทุกอัตราส่วนผสม

ถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยมีระยะเวลาในการมอดดับค่อนข้างใกล้เคียงกัน แต่ถ่านจากไม้ทั่วไปมีระยะเวลาการมอดดับที่นานกว่าถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย ซึ่งลักษณะการติดไฟได้นานหรือไม่ขึ้นขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของถ่านแต่ละส่วนผสมซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันมาก ทำให้ระยะเวลาในแต่ละส่วนผสมมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งการติดไฟในแต่ละช่วงเวลาจะมีลักษณะ ดังภาคผนวก ก. รูปที่ ก.1 – รูปที่ ก.5

4.1.2.7 คุณสมบัติโดยรวม

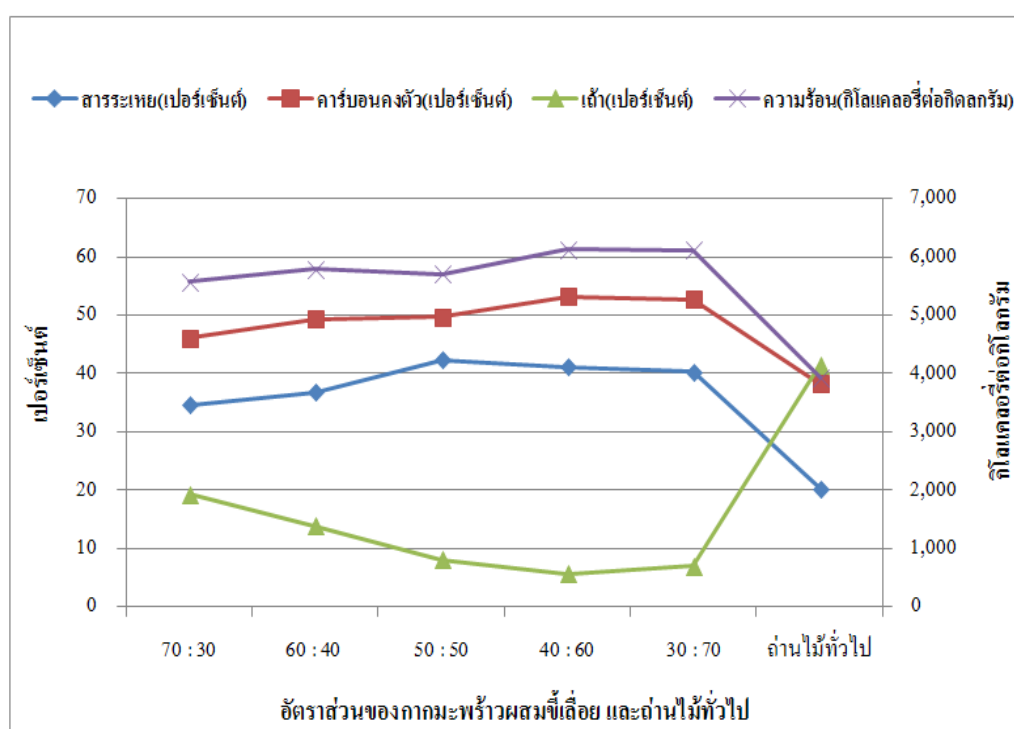
คุณสมบัติโดยรวมของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยในทุกอัตราส่วนทั้งในสภาพที่มีความชื้น และในสภาพไม่มีความชื้น ซึ่งเขียนอยู่ในรูปของกราฟดังแสดงในรูปที่ 4.7 และรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.7 คุณสมบัติโดยรวมในสภาพที่มีความชื้น

จากรูปที่ 4.7 แสดงคุณสมบัติโดยรวมของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยในสภาพที่มีความชื้น พบว่าถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยในอัตราส่วนผสม 30 : 70 และอัตราส่วน 40 : 60 ให้ค่าคุณสมบัติโดยรวมดีที่สุด เช่น ค่าความร้อน และปริมาณคาร์บอนคงตัวที่สูงที่สุด และให้ค่าความชื้น ปริมาณเถ้าต่ำที่สุด ส่วนปริมาณสารระเหยในอัตราส่วน 30 : 70 จะไม่ใช่ค่าที่ดีที่สุดของถ่านกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยแต่ก็มีค่าไม่แตกต่างกันมากเท่าไร ซึ่งคุณสมบัติโดยรวมของทุกๆ อัตราส่วน ผสมของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยก็ยังมีค่าที่ดีกว่าคุณสมบัติโดยรวมของถ่านจากไม้ทั่วไป

ถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยให้ผลการทดสอบคุณสมบัติโดยรวมดีกว่าถ่านจากไม้ทั่วไป และในแต่ละอัตราส่วนผสมนั้นอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดคืออัตราส่วน 30 : 70 และอัตราส่วน 40 : 60 ซึ่งมีค่าคุณสมบัติโดยรวมที่ดีที่สุด และในสองอัตราส่วนผสมนี้ยังมีค่าใกล้เคียงกันมาก



รูปที่ 4.8 คุณสมบัติโดยรวมในสภาพที่ไม่มีความชื้น

จากรูปที่ 4.8 แสดงถึงคุณสมบัติโดยรวมของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย ในสภาพที่ไม่มีผิวน้ำมัน พบว่าถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยในอัตราส่วนผสม 30 : 70 และ 40 : 60 มีค่าคุณสมบัติโดยรวมดีที่สุดเหมือนกับในสภาพที่มีผิวน้ำมัน และมีค่าคุณสมบัติโดยรวมในทุกอัตราส่วนผสมดีกว่าถ่านจากไม้ทั่วไป แต่ในสภาพที่มีผิวน้ำมันนี้ คุณสมบัติโดยรวมยังมีค่าเพิ่มมากขึ้นหรือดีกว่าในสภาพที่มีผิวน้ำมัน เพราะความชื้นมีผลต่อประสิทธิภาพของคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยโดยตรง

ถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย ในสภาพไม่มีผิวน้ำมันกับในสภาพที่มีผิวน้ำมันมีแนวโน้มไม่แตกต่างกัน แต่ในสภาพที่มีผิวน้ำมันนั้นจะมีค่าคุณสมบัติโดยรวมดีกว่าคุณสมบัติโดยรวมของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยในสภาพที่มีผิวน้ำมัน ซึ่งหมายความว่ายังสามารถลดความชื้นได้มากเท่าไร ก็ยิ่งทำให้ประสิทธิภาพของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยดียิ่งขึ้น

4.2 ผลการทดลองถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าว

4.2.1 ผลการทดลอง

4.2.1.1 ผลการทดสอบปริมาณคาร์บอนคงตัว (Carbon stable)

เป็นการทดสอบเพื่อหาปริมาณคาร์บอนคงตัวหลังจากทำการทดลองนำส่วนผสมที่ได้จากการอัดมาแล้วทำการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนตามมาตรฐาน ASTM D 3172 โดยส่วนผสมที่ใช้ในการวิเคราะห์มี 5 ส่วนผสมและถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณทั่วไป ได้ผลดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบปริมาณคาร์บอนคงตัว (Carbon stable)

ตัวอย่าง	ปริมาณคาร์บอนคงตัว	
	สภาพปกติ (%)	สภาพไม่มีผิวน้ำมัน (%)
1) ถ่านกากมะพร้าว 70% ต่อถ่านกะลามะพร้าว 30 %	41.2	44.5
2) ถ่านกากมะพร้าว 60% ต่อถ่านกะลามะพร้าว 40 %	41.5	44.8
3) ถ่านกากมะพร้าว 50 % ต่อถ่านกะลามะพร้าว 50 %	36.6	39.2
4) ถ่านกากมะพร้าว 40 % ต่อถ่านกะลามะพร้าว 60%	47.8	50.8
5) ถ่านกากมะพร้าว 30 % ต่อถ่านกะลามะพร้าว 70%	47.4	49.9
6) ถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ	33.3	20.3

จากตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบหาปริมาณคาร์บอนคงตัว (Carbon stable) อัตราส่วนผสมที่ได้นำมาวิเคราะห์ค่าปริมาณคาร์บอนคงตัว โดยมีการหาปริมาณคาร์บอนคงตัวของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้น โดยอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าวที่มีค่าปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงสุด คืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว 40:60 มีปริมาณคาร์บอนคงตัวเป็น 47.8 เปอร์เซ็นต์ในสภาพปกติ และ 50.8 เปอร์เซ็นต์ในสภาพไม่มีความชื้น รองลงมาคืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว 30:70 มีปริมาณคาร์บอนคงตัวเป็น 47.4 เปอร์เซ็นต์ในสภาพปกติและ 49.9 เปอร์เซ็นต์ในสภาพไม่มีความชื้น แล้วปริมาณคาร์บอนคงตัวน้อยที่สุดคือถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณมีปริมาณคาร์บอนคงตัวเป็น 33.3 เปอร์เซ็นต์ในสภาพปกติและ 20.3 เปอร์เซ็นต์ในสภาพไม่มีความชื้น รองลงมาคืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว คือ 50:50 มีปริมาณคาร์บอนคงตัวเป็น 36.2 เปอร์เซ็นต์ในสภาพปกติ และ 39.2 เปอร์เซ็นต์ในสภาพไม่มีความชื้น

4.2.1.2 ผลการทดสอบปริมาณความชื้น (Moisture content)

ผลการทดสอบเพื่อหาปริมาณความชื้นหลังจากทำการอัดแท่งเป็นถ่านออกมาแล้วแล้วนำมาวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นตามมาตรฐาน ASTM D 3173 ทำการวิเคราะห์ทดสอบหาปริมาณความชื้น มี 5 อัตราส่วนผสมและถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณทั่วไป โดยผลการทดสอบปริมาณความชื้นได้ผลดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบปริมาณความชื้น (Moisture content)

ตัวอย่าง	ปริมาณความชื้น (%)
1)ถ่านกากมะพร้าว 70% ต่อถ่านกะลามะพร้าว 30 %	6.5
2)ถ่านกากมะพร้าว 60% ต่อถ่านกะลามะพร้าว 40 %	7.3
3)ถ่านกากมะพร้าว 50 % ต่อถ่านกะลามะพร้าว 50 %	6.6
4) ถ่านกากมะพร้าว 40 % ต่อถ่านกะลามะพร้าว 60 %	6.0
5)ถ่านกากมะพร้าว 30 % ต่อถ่านกะลามะพร้าว 70%	5.1
6)ถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ	12.8

จากตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบปริมาณความชื้น (Moisture content) โดยอัตราส่วนได้นำมาวิเคราะห์ทั้ง 5 อัตราส่วนและถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ มาทำการทดสอบหาปริมาณ

ความชื้น พบว่าอัตราส่วนของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวที่มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุดคืออัตราส่วนของถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว คือ 30:70 มีปริมาณความชื้น 5.1 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคืออัตราส่วนของถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว คือ 40:60 มีปริมาณความชื้น 6.0 เปอร์เซ็นต์ และถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณมีปริมาณความชื้นสูงสุด มีปริมาณความชื้น 12.8 เปอร์เซ็นต์

4.2.1.3 ผลการทดสอบปริมาณเถ้า (Ash content)

ผลการทดสอบปริมาณเถ้าจะทำการทดสอบถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าว ซึ่งทำการทดสอบหาปริมาณเถ้าตามมาตรฐาน ASTM D 3174 จะทดสอบในถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวสภาพปกติและถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวในสภาพไม่มีความชื้น โดยทำการทดสอบหาปริมาณเถ้ามี 5 อัตราส่วนผสมและถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณทั่วไป โดยผลการทดสอบปริมาณเถ้า ได้ผลดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบปริมาณเถ้า (Ash content)

ตัวอย่าง	ปริมาณเถ้า	
	สภาพปกติ (%)	สภาพไม่มีความชื้น (%)
1)ถ่านกากมะพร้าว 70% ต่อถ่านกะลามะพร้าว 30 %	10.6	11.4
2)ถ่านกากมะพร้าว 60% ต่อถ่านกะลามะพร้าว 40 %	9.7	10.4
3)ถ่านกากมะพร้าว 50 % ต่อถ่านกะลามะพร้าว 50%	18.5	19.8
4) ถ่านกากมะพร้าว 40 % ต่อถ่านกะลามะพร้าว 60%	7.3	7.8
5)ถ่านกากมะพร้าว 30 % ต่อถ่านกะลามะพร้าว 70%	10.2	10.8
6)ถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ	36.2	41.5

จากตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบปริมาณเถ้า (Ash content) โดยอัตราส่วนได้นำมาทดสอบวิเคราะห์หาปริมาณเถ้าทั้ง 5 อัตราส่วนและถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณทำการทดสอบหาปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวในสภาพปกติและไม่มีความชื้น พบว่าอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าวที่มีปริมาณเถ้าต่ำที่สุดในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้นคือ อัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าวคือ 40:60 มีปริมาณเถ้า 7.3

เปอร์เซ็นต์ในสภาพปกติ และ 7.8 เปอร์เซ็นต์ในสภาพไม่มีความชื้น รองลงมาคืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าวคือ 60:40 มีปริมาณเถ้า 9.7 เปอร์เซ็นต์ในสภาพปกติและ 10.4 เปอร์เซ็นต์ในสภาพไม่มีความชื้น ส่วนที่มีปริมาณเถ้าสูงสุด คือ ถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ มีปริมาณเถ้า 36.2 เปอร์เซ็นต์ในสภาพปกติ และ 41.5 เปอร์เซ็นต์ในสภาพไม่มีความชื้น รองมาคืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว คือ 50:50 มีปริมาณเถ้า 18.5 เปอร์เซ็นต์ในสภาพปกติและ 19.8 เปอร์เซ็นต์ในสภาพไม่มีความชื้น

4.2.1.4 ผลการทดสอบปริมาณสารระเหย (Volatile content)

การทดสอบปริมาณสารระเหย (Volatile content) ตามมาตรฐาน ASTM D 3175 จะทดสอบถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้น ทำการทดสอบหาปริมาณสารระเหยมี 5 อัตราส่วนผสมและถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณทั่วไป โดยผลการทดสอบปริมาณสารระเหย ได้ผลดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบปริมาณสารระเหย (Volatile content)

ตัวอย่าง	ปริมาณสารระเหย	
	สภาพปกติ (%)	สภาพไม่มีความชื้น (%)
1)ถ่านกากมะพร้าว 70%ต่อถ่านกะลามะพร้าว 30 %	41.2	44.1
2)ถ่านกากมะพร้าว 60% ต่อถ่านกะลามะพร้าว 40 %	41.5	44.8
3)ถ่านกากมะพร้าว 50 % ต่อถ่านกะลามะพร้าว 50 %	38.3	41.0
4) ถ่านกากมะพร้าว 40 % ต่อถ่านกะลามะพร้าว 60%	38.9	41.4
5)ถ่านกากมะพร้าว 30% ต่อถ่านกะลามะพร้าว 70%	37.3	39.0
6)ถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ	17.7	20.3

จากตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบปริมาณสารระเหย (Volatile content) โดยอัตราส่วนที่ได้นำมาวิเคราะห์ทดสอบหาปริมาณสารระเหยทั้ง 5 อัตราส่วนและถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณทดสอบหาปริมาณสารระเหยในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้นพบว่าถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าว โดยอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าวที่มีปริมาณสารระเหยมากที่สุดคือ อัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าวในสภาพปกติและสภาพไม่มี

ความชื้น คือ 60:40 มีปริมาณสารระเหย 41.2 เปอร์เซ็นต์ในสภาพปกติ และ 44.8 เปอร์เซ็นต์ในสภาพไม่มีความชื้น รองมาคืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว คือ 70:30 มีปริมาณสารระเหย 41.2 เปอร์เซ็นต์ในสภาพปกติ และ 44.1 เปอร์เซ็นต์ในสภาพไม่มีความชื้น ส่วนถ่านอัดแท่งที่มีปริมาณสารระเหยน้อยสุดในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้น คือ ถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ มีปริมาณสารระเหย 17.7 เปอร์เซ็นต์ในสภาพปกติ และ 20.3 เปอร์เซ็นต์ในสภาพไม่มีความชื้น รองมาคืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว คือ 30:70 มีปริมาณสารระเหย 37.3 เปอร์เซ็นต์ในสภาพปกติและ 39.0 เปอร์เซ็นต์ในสภาพไม่มีความชื้น

4.2.1.5 ผลการทดสอบค่าความร้อน (Heating value)

การทดสอบหาค่าความร้อน(Heating value) ของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าว การทดสอบค่าความร้อนจะทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 5865 ซึ่งการทดสอบนี้จะทดสอบหาค่าความร้อนในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้นความชื้น ทำการทดสอบหาค่าความร้อนมี 5 อัตราส่วนผสมและถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณทั่วไป โดยผลการทดสอบหาค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวได้ผลดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบค่าความร้อน (Heating value)

ตัวอย่าง	ค่าความร้อน	
	สภาพปกติ (กิโลแคลอรีต่อ กิโลกรัม)	สภาพไม่มีความชื้น (กิโลแคลอรีต่อ กิโลกรัม)
1)ถ่านกากมะพร้าว 70%ต่อถ่านกะลามะพร้าว 30 %	5,340	5,710
2)ถ่านกากมะพร้าว 60% ต่อถ่านกะลามะพร้าว 40 %	5,340	5,760
3)ถ่านกากมะพร้าว 50 % ต่อถ่านกะลามะพร้าว 50 %	4,770	5,110
4) ถ่านกากมะพร้าว 40 % ต่อถ่านกะลามะพร้าว 60%	5,750	6,120
5)ถ่านกากมะพร้าว 30 % ต่อถ่านกะลามะพร้าว 70%	5,610	5,950
6)ถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ	3,420	3,930

จากตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบค่าความร้อน (Heating value) โดยอัตราส่วนที่ได้นำมาวิเคราะห์ทดสอบหาค่าความร้อนทั้ง 5 อัตราส่วนและถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณทดสอบหาค่าความร้อนในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้นพบว่าถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสม

กะลามะพร้าว โดยอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าวที่ให้ค่าความร้อนสูงสุดในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้นคืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว คือ 40:60 มีค่าความร้อน 5,750 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมในสภาพปกติ และ 6,120 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมในสภาพไม่มีความชื้น รองมาคืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว คือ 30:70 มีค่าความร้อน 5,610 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมในสภาพปกติและ 5,950 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมในสภาพไม่มีความชื้น และค่าความร้อนต่ำสุดในสภาพปกติและไม่มีความชื้นคือ ถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ มีค่าความร้อน 3,420 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมในสภาพปกติ และ 3,930 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม

4.2.1.6 ผลการทดสอบระยะเวลาในการมอดดับ

การทดสอบระยะเวลาในการมอดดับของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าว โดยทำการทดลองการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวทั้ง 5 อัตราส่วน และถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ ทำการจับเวลาในการติดไฟถึงการมอดดับของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวในแต่ละอัตราส่วน ซึ่งผลการทดสอบระยะเวลาในการมอดดับของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าว ได้ผลดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ผลการทดสอบระยะเวลาในการมอดดับ

ตัวอย่าง	ระยะเวลาในการมอดดับ (นาทิจ)
1) ถ่านกากมะพร้าว 70% ต่อถ่านกะลามะพร้าว 30%	142
2) ถ่านกากมะพร้าว 60% ต่อถ่านกะลามะพร้าว 40%	144
3) ถ่านกากมะพร้าว 50% ต่อถ่านกะลามะพร้าว 50%	152
4) ถ่านกากมะพร้าว 40% ต่อถ่านกะลามะพร้าว 60%	156
5) ถ่านกากมะพร้าว 30% ต่อถ่านกะลามะพร้าว 70%	157
6) ถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ	177

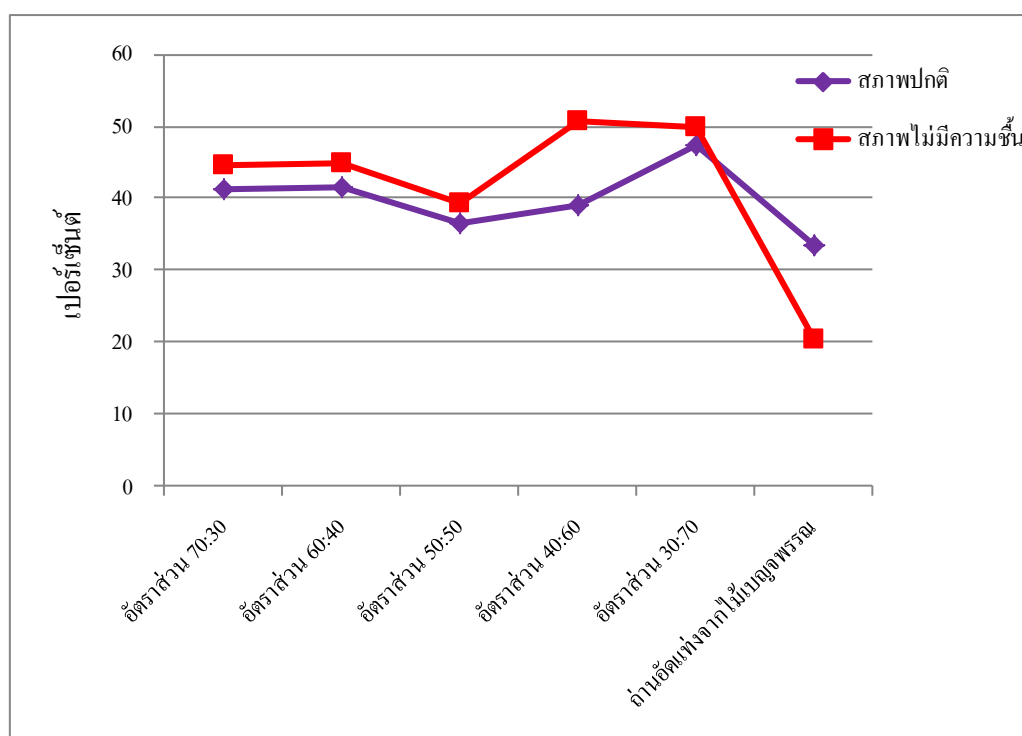
จากตารางที่ 4.12 ผลการทดสอบระยะเวลาในการมอดดับของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวที่ได้จากการจับเวลาระยะเวลาในการติดไฟจนถึงการมอดดับของถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวกับถ่านกะลามะพร้าวนั้น พบว่าระยะเวลาในการมอดดับของถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณมีระยะเวลาในการมอดดับนานที่สุด คือ 177 นาทิจ รองมาคือถ่านอัดแท่งจาก

กากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวที่อัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว คือ 30:70 มีระยะเวลาในการมอดดับ 157 นาที และระยะเวลาในการมอดดับของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวที่ให้ระยะเวลาในการมอดดับสั้นสุด คืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว คือ 70:30 มีระยะเวลาในการมอดดับ 142 นาที

4.2.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.2.2.1 การวิเคราะห์ผลการทดสอบปริมาณคาร์บอนคงตัว (Carbon stable)

ปริมาณคาร์บอนคงตัวเป็นตัวบ่งบอกถึงคุณภาพของเชื้อเพลิงจากถ่านอัดแท่งได้ ถ้ามีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงแสดงว่ามีคุณสมบัติเป็นเชื้อเพลิงที่ดี เมื่อนำไปใช้จะให้ปริมาณค่าความร้อนที่สูง จากผลการทดสอบปริมาณคาร์บอนคงตัว (Carbon stable) ในสภาพปกติและไม่มี ความชื้น ของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวทั้ง 5 อัตราส่วนคือถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าวและถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ สามารถเขียนในของกราฟดังรูปที่ 4.9 ดังนี้



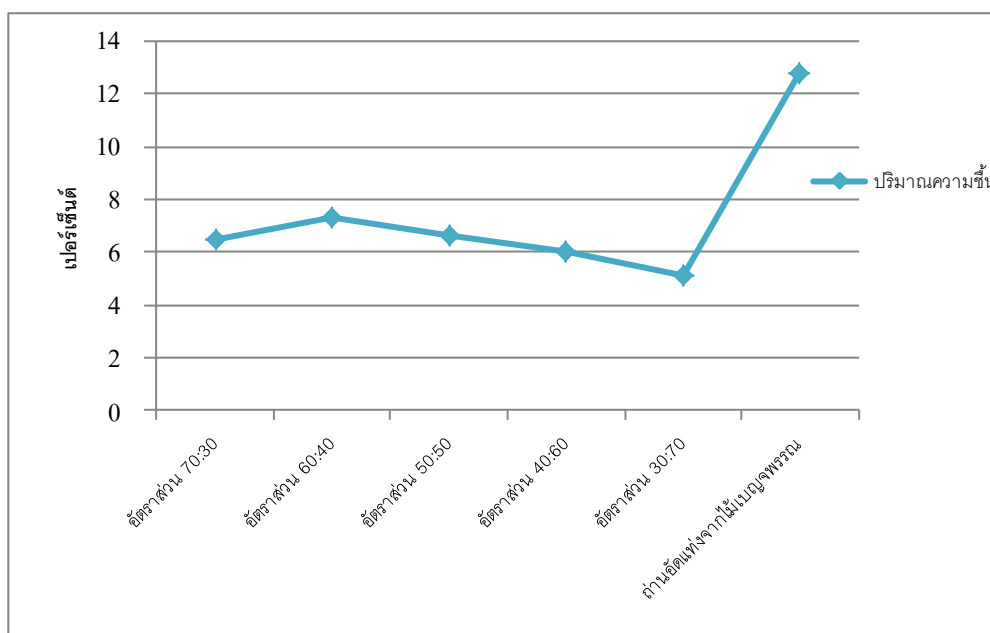
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงผลการทดสอบปริมาณคาร์บอนคงตัว (Carbon stable) ในสภาพปกติ และสภาพไม่มีความชื้น

จากรูปที่ 4.9 แสดงผลการทดสอบปริมาณคาร์บอนคงตัว (Carbon stable) ในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้นของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวทั้ง 5 อัตราส่วน และถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ จะพบว่าอัตราส่วนที่ทำการทดลองอัดเป็นแท่งถ่านจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวที่ให้ปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงคืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว คือ 40:60 ทั้งในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้น รองมาคือ อัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว คือ 30:70 ทั้งในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้นและถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณมีปริมาณคาร์บอนคงตัวต่ำที่สุดทั้งในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้น จะเห็นว่าเมื่อถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวไม่มีความชื้นจะทำให้ปริมาณคาร์บอนคงตัวมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย

การที่อัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว คือ 40:60 ซึ่งดีที่สุด ทั้งในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้นมีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงเนื่องจากในถ่านกะลามะพร้าวมีคาร์บอนในถ่านกะลามะพร้าวมีความเป็นถ่านมากจึงทำให้มีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูง และอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าวทั้งในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้นมีปริมาณคาร์บอนคงตัวรองลงมาจากของอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว คือ 30:70 เนื่องจากกากมะพร้าวยังมีคาร์บอนของความเป็นถ่านยังน้อยกว่าถ่านจากกะลามะพร้าวจึงทำให้อัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว คือ 40:60 จึงดีที่สุด

4.2.2.2 การวิเคราะห์ผลการทดสอบปริมาณความชื้น (Moisture content)

ปริมาณความชื้นเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการนำเอาชีวมวลมาเป็นเชื้อเพลิง ถ้ามีปริมาณความชื้นสูงก็จะไม่เหมาะที่จะนำมาเผาไหม้ หรือถ่านอัดแท่งเชื้อเพลิง ความชื้นจะต้องทำการถูกจัดการควบคุมและจัดเก็บ เนื่องจากความชื้นจะเข้ามาแทนที่สสารที่เผาไหม้ได้ จึงทำให้ปริมาณค่าความร้อนต่อ กิโลกรัมของถ่านลดลงได้ ซึ่งจากผลการทดสอบหาปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวทั้ง 5 อัตราส่วนคือถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าวและถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ สามารถเขียนในของกราฟดังรูปที่ 4.10 ดังนี้



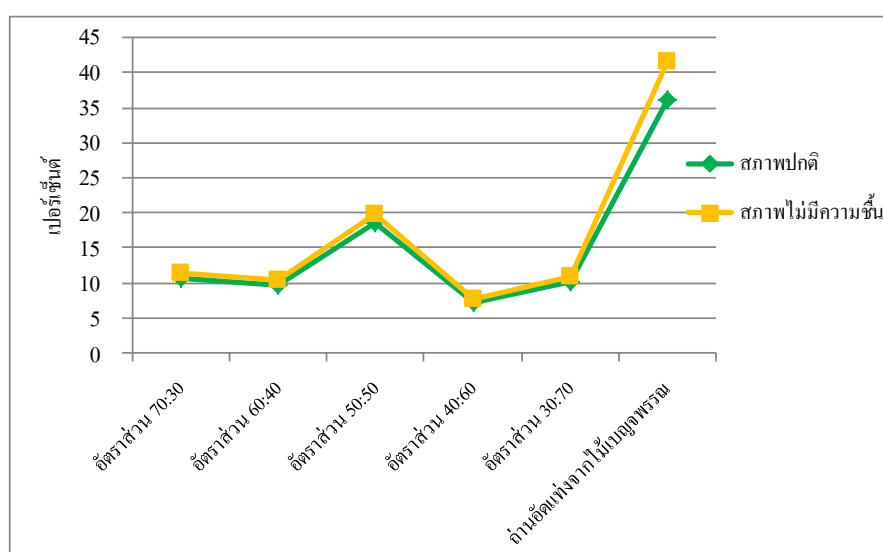
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงผลการทดสอบปริมาณความชื้น (Moisture content)

จากรูปที่ 4.10 แสดงผลการทดสอบปริมาณความชื้น (Moisture content) ของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวทั้ง 5 อัตราส่วนและถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณในการทดสอบหาปริมาณความชื้นที่อยู่ในถ่านอัดแท่ง จากกราฟจะเห็นว่าอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว 30:70 มีปริมาณความชื้นต่ำสุด เป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุดที่ให้ปริมาณความชื้นต่ำ รองมาคืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว 40:60 โดยถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณมีปริมาณความชื้นที่สูงสุด อัตราส่วนทั้ง 5 อัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าวมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มพข. ที่ได้กำหนดไว้ว่าถ่านควรมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก

การที่อัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว 30:70 มีปริมาณความชื้นที่น้อยที่สุดเพราะอัตราส่วนของถ่านกากมะพร้าวน้อยกว่าถ่านกะลามะพร้าว ซึ่งในถ่านกะลามะพร้าวมีปริมาณความชื้นน้อยกว่าถ่านกากมะพร้าว ซึ่งจากกราฟจะพบว่าเมื่ออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวเริ่มน้อยลงปริมาณความชื้นจะลดลง แต่เมื่ออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าวเท่ากัน ปริมาณความชื้นจะสูง ดังนั้นอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว 30:70 มีปริมาณความชื้นที่น้อยที่สุด

4.2.2.3 การวิเคราะห์ผลการทดสอบปริมาณเถ้า (Ash content)

การทดสอบปริมาณเถ้า(Ash content) ของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าว ซึ่งปริมาณเถ้ามีผลต่อประสิทธิภาพในการเผาไหม้ของถ่าน ซึ่งสมบัติของถ่านที่เป็นเชื้อเพลิงที่ดีต้องมีปริมาณเถ้าต่ำ จากผลการทดสอบหาปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวทั้ง 5 อัตราส่วนคือถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าวและถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ สามารถเขียนในของกราฟดังรูปที่ 4.11 ดังนี้



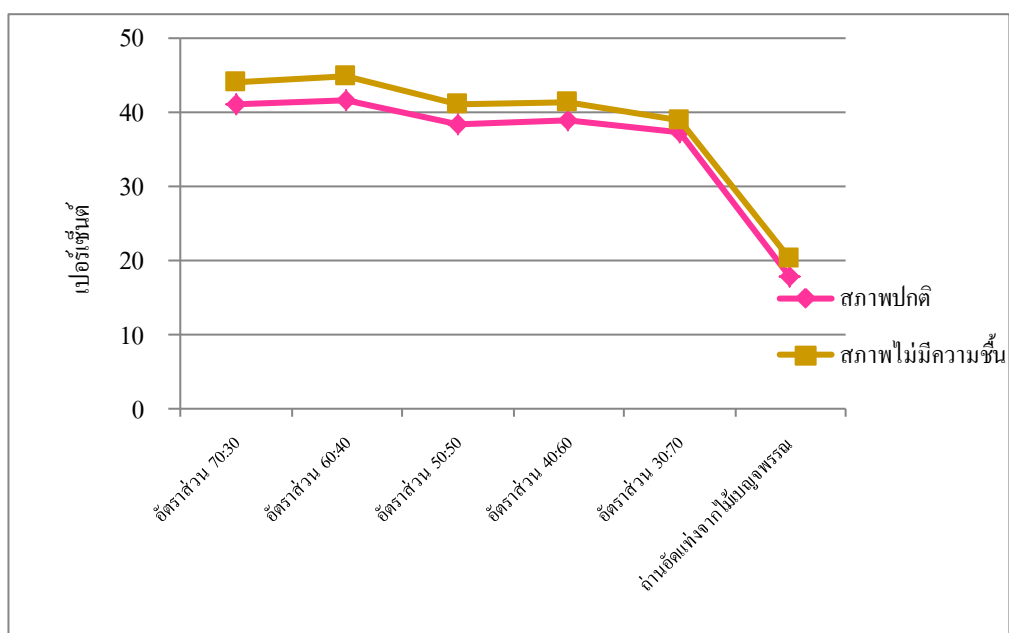
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงผลการทดสอบปริมาณเถ้า (Ash content) ในสภาพปกติ และสภาพไม่มีความชื้น

จากรูปที่ 4.11 แสดงผลการทดสอบปริมาณเถ้า (Ash content) ของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวทั้ง 5 อัตราส่วน และถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ โดยทำการทดสอบหาปริมาณเถ้าที่อยู่ในถ่านอัดแท่งในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้น การกราฟจะเห็นว่าอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว 40:60 มีปริมาณเถ้าต่ำที่สุดทั้งในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้น เป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุดเพราะมีปริมาณเถ้าต่ำที่สุด รองมาคืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อ 60:40 ในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้น และถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณมีปริมาณเถ้ามากที่สุด ถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวทั้ง 5 อัตราส่วน และถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ มีปริมาณเถ้าเกินมาตรฐาน มผช. ได้กำหนดไว้ว่าปริมาณเถ้าต้องไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

การที่มีปริมาณเถ้าที่สูงนั้นเกิดจากการที่มีการเผาไหม้ในกระบวนการที่ทำเป็นถ่านของกากมะพร้าวและกะลามะพร้าวยังไม่สมบูรณ์จึงทำให้ปริมาณเถ้าจึงสูงและเมื่อถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวและถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณอยู่ในสภาพไม่มีความชื้นปริมาณเถ้าจะมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นอีกด้วย

4.2.2.4 การวิเคราะห์ผลการทดสอบปริมาณสารระเหย (Volatile content)

ปริมาณสารระเหย เป็นการบ่งบอกสมบัติของแท่งเชื้อเพลิงที่ช่วยในการติดไฟให้สูงขึ้นของถ่านอัดแท่ง ถ้ามีปริมาณสารระเหยมากมีผลทำให้เชื้อเพลิงชีวมวลสามารถติดไฟได้ง่าย ทำการทดสอบหาปริมาณสารระเหยจะทำการทดสอบถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้นของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวทั้ง 5 อัตราส่วนคือถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าวและถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ ผลการทดสอบหาปริมาณสารระเหยเขียนในของกราฟดังรูปที่ 4.12 ดังนี้



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงผลการทดสอบปริมาณสารระเหย (Volatile content) ในสภาพปกติ และสภาพไม่มีความชื้น

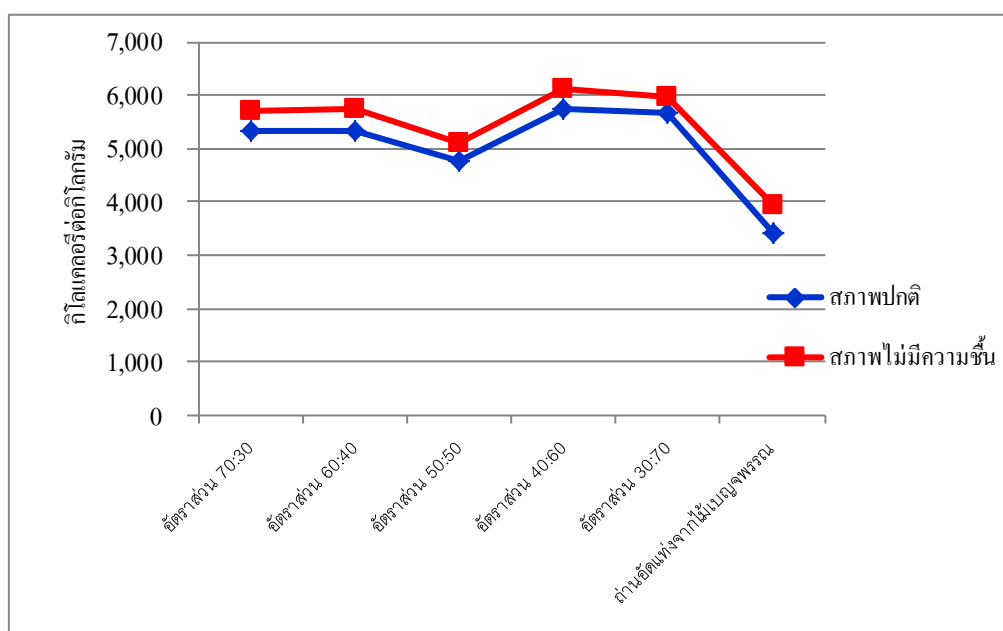
จากรูปที่ 4.12 แสดงผลการทดสอบปริมาณสารระเหย (Volatile content) ในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้นของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวทั้ง 5 อัตราส่วน

และถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณในการทดสอบหาปริมาณสารระเหยที่อยู่ในถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าว จากกราฟจะเห็นว่าอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว 60:40 มีปริมาณสารระเหยสูงสุด แสดงว่าจุดติดไฟได้ง่ายที่สุดกว่าอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าวอื่น รองมาคืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว 30:70 ทั้งในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้น และจากกราฟจะเห็นว่าเมื่อหาปริมาณสารระเหยในสภาพไม่มีความชื้น ปริมาณสารระเหยจะสูงขึ้น

การที่มีปริมาณสารระเหยมากเมื่อเพิ่มอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวเพิ่มขึ้นจะพบว่ามีปริมาณสารระเหยเพิ่มขึ้นตาม แสดงว่าในถ่านกากมะพร้าวมีปริมาณสารระเหยมาก มีสมบัติของการจุดติดไฟได้ง่าย เพราะในกากมะพร้าวมีน้ำมัน จึงทำให้สามารถจุดติดไฟได้ง่าย

4.2.2.5 การวิเคราะห์ผลการทดสอบค่าความร้อน (Heating value)

การทดสอบหาค่าความร้อน (Heating value) เป็นสิ่งที่สำคัญที่จะทราบว่าการนำชีวมวลมาเป็นเชื้อเพลิงได้หรือไม่ เป็นความสามารถในการให้พลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่ง ซึ่งจะทำให้การทดสอบถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวทั้ง 5 อัตราส่วน และถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ ทดสอบหาค่าความร้อนทั้งสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้น โดยผลการทดสอบหาค่าความร้อนแสดงเป็นรูปของกราฟดังรูปที่ 4.13 ดังนี้



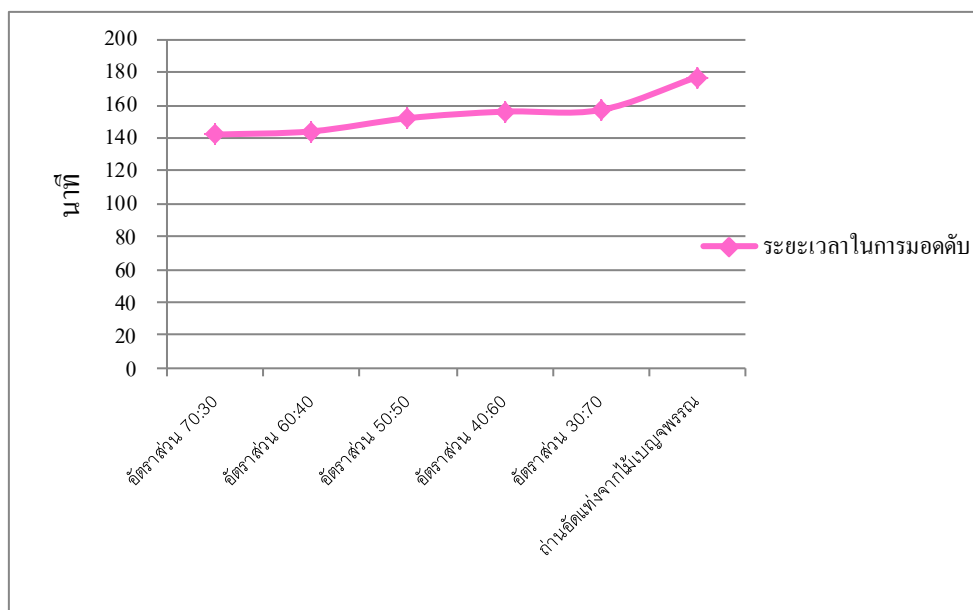
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงผลการทดสอบค่าความร้อน (Heating value) ในสภาพปกติ และสภาพไม่มีความชื้น

จากรูปที่ 4.13 แสดงผลการทดสอบค่าความร้อน (Heating value) ในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้นของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวทั้ง 5 อัตราส่วนและถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณในการทดสอบหาค่าความร้อนที่อยู่ในถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าว จากกราฟจะเห็นว่าอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าวให้ค่าความร้อนสูงสุดคืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว 40:60 ทั้งในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้น รองมาคืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว 30:70 ทั้งในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้น ซึ่งค่าความร้อนสูงเกินมาตรฐาน มพข.ที่กำหนดไว้ว่าถ่านอัดแท่งจะต้องมีค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 5,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม แต่จะมีอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว 50:50 ในสภาพปกติและถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ ซึ่งให้ค่าความร้อนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน มพข. และเมื่อนำถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวไปทดสอบหาค่าความร้อนในสภาพที่มีความชื้นค่าความร้อนจะเพิ่มสูงขึ้นอีก จากที่อัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว 50:50 มีค่าความร้อนน้อยต่ำกว่ามาตรฐาน มพข. เมื่อทดสอบค่าความร้อนในสภาพไม่มีความชื้นทำให้ถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว 50:50 เพิ่มสูงขึ้นเกินเกณฑ์มาตรฐาน มพข.

จากการที่ถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวให้ค่าความร้อนสูงเนื่องจากการได้กำจัดความชื้นออกไปและในถ่านกากมะพร้าวและถ่านกะลามะพร้าวมีน้ำมันที่อยู่ในกากมะพร้าวและกะลามะพร้าวจึงเมื่อมาผสมรวมกันจะทำให้มีค่าความร้อนสูง แต่ต้องมีการกำจัดความชื้นออกไปด้วย ซึ่งจะเห็นได้จากกราฟเมื่อทดสอบถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวทดสอบในสภาพไม่มีความชื้น ค่าความร้อนจะมีค่าสูงขึ้น โดยความชื้นจะมีผลต่อค่าความร้อนด้วย

4.2.2.6 การวิเคราะห์ผลการทดสอบระยะเวลาในการมอดดับ

การทดสอบระยะเวลาในการมอดดับของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวเพื่อต้องการทราบว่าความสามารถการจุดติดให้ความร้อนของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวจนถึงการมอดดับของถ่านอัดแท่งอยู่ได้นานเพียงใด โดยทำการทดสอบหาระยะเวลาในการมอดดับทั้ง 5 อัตราส่วนและถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ ซึ่งผลการทดสอบแสดงเป็นรูปกราฟได้ดังที่ 4.14 ดังนี้



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงผลการทดสอบระยะเวลาในการมอดดับ

จากรูปที่ 4.14 แสดงผลการทดสอบระยะเวลาในการมอดดับของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวทั้ง 5 อัตราส่วน และถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ จากกราฟพบว่า ถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณมีระยะเวลาในการมอดดับนานที่สุด รองมาคืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว 30:70

ระยะเวลาในการมอดดับของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของตัวถ่านอัดแท่ง ที่ทำการอัดแท่งเป็นถ่าน ถ้าวถ่านอัดแท่งมีความหนาแน่นมากจะทำให้ระยะเวลาในการมอดดับนาน หรือติดไฟได้นาน แต่ถ้าหากถ่านอัดแท่งมีความหนาแน่นมากเกินไปจะทำให้ความสามารถในการจุดติดไฟได้ยาก

4.3 ผลการทดลองถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมไม้เบญจพรรณ

4.3.1 ผลการทดลอง

4.3.1.1 ผลการทดสอบปริมาณความชื้น (Moisture content)

ผลการทดสอบปริมาณความชื้น (Moisture content) ทำการทดสอบหาปริมาณความชื้นโดยใช้มาตรฐาน ASTM D 3173 ทดสอบหาปริมาณความชื้นโดยมี 5 อัตราส่วนของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณ และถ่านอัดแท่งจากถ่านไม้เบญจพรรณทั่วไป ซึ่งผลการทดสอบปริมาณความชื้นได้ผลดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ผลการทดสอบปริมาณความชื้น (Moisture content)

ตัวอย่าง	ปริมาณความชื้น (%)
1) ถ่านกากมะพร้าว 70% ต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 30%	11
2) ถ่านกากมะพร้าว 60% ต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 40%	10.5
3) ถ่านกากมะพร้าว 50% ต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 50%	5
4) ถ่านกากมะพร้าว 40% ต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 60%	5.9
5) ถ่านกากมะพร้าว 30% ต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 70%	5
6) ถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณทั่วไป	12.8

จากตารางที่ 4.13 การทดสอบค่าความชื้นของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณและถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณทั่วไป การทดสอบหาปริมาณความชื้นพบว่า อัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณที่มีปริมาณความชื้นต่ำสุด มีด้วยกัน 2 อัตราส่วนด้วยกัน คืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณ 50:50 และ 30:70 มีปริมาณความชื้น 5 เปอร์เซ็นต์เท่ากันทั้งสองอัตราส่วน และถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณมีปริมาณความชื้นสูงสุดที่ 12.8 เปอร์เซ็นต์

4.3.1.2 ผลการทดสอบปริมาณสารระเหย (Volatile content)

ผลการทดสอบปริมาณสารระเหย (Volatile content) ทำการทดสอบหาปริมาณสารระเหยโดยใช้มาตรฐาน ASTM D 3175 ทดสอบหาปริมาณสารระเหยโดยมี 5 อัตราส่วนของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณ และถ่านอัดแท่งจากถ่านไม้เบญจพรรณทั่วไปในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้น ซึ่งผลการทดสอบปริมาณสารระเหยได้ผลดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ผลการทดสอบปริมาณสารระเหย (Volatile content)

ตัวอย่าง	ปริมาณสารระเหย	
	สภาพปกติ (%)	สภาพไม่มีความชื้น (%)
1) ถ่านกากมะพร้าว 70% ต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 30%	17.7	19.9
2) ถ่านกากมะพร้าว 60% ต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 40%	18.1	20.3
3) ถ่านกากมะพร้าว 50% ต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 50%	37.4	39.4
4) ถ่านกากมะพร้าว 40% ต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 60%	36.3	38.6
5) ถ่านกากมะพร้าว 30% ต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 70%	35.2	37.1
6) ถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณทั่วไป	17.7	20.3

จากตารางที่ 4.14 เป็นการทดสอบหาปริมาณสารระเหยในถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณและถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณทั่วไป ซึ่งผลการทดสอบหาปริมาณสารระเหย พบว่าถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณ อัตราส่วนของถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านจากถ่านไม้เบญจพรรณ 50:50 ที่มีปริมาณสารระเหยสูงสุด มีปริมาณสารระเหยเป็น 37.4 เปอร์เซ็นต์และ 39.4 เปอร์เซ็นต์ ในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้นตามลำดับ รองมาคือ อัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 40:60 มีปริมาณสารระเหยเป็น 36.3 เปอร์เซ็นต์และ 38.6 เปอร์เซ็นต์ ในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้นตามลำดับ

4.3.1.3 ผลการทดสอบปริมาณคาร์บอนคงตัว (Carbon stable)

ผลการทดสอบปริมาณคาร์บอนคงตัว (Carbon stable) ทำการทดสอบหาปริมาณคาร์บอนคงตัว โดยใช้มาตรฐาน ASTM D 3172 ทดสอบหาปริมาณคาร์บอนคงตัว โดยมี 5 อัตราส่วนของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณ และถ่านอัดแท่งจากถ่านไม้เบญจพรรณทั่วไปในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้น ซึ่งผลการทดสอบปริมาณคาร์บอนคงตัว ได้ผลดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ผลการทดสอบปริมาณคาร์บอนคงตัว (Carbon stable)

ตัวอย่าง	ปริมาณคาร์บอนคงตัว	
	สภาพปกติ (%)	สภาพไม่มีความชื้น (%)
1) ถ่านกากมะพร้าว 70% ต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 30%	37.7	42.3
2) ถ่านกากมะพร้าว 60% ต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 40%	34.7	38.7
3) ถ่านกากมะพร้าว 50% ต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 50%	23.3	24.5
4) ถ่านกากมะพร้าว 40% ต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 60%	30.5	32.3
5) ถ่านกากมะพร้าว 30% ต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 70%	25.4	26.7
6) ถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณทั่วไป	33.3	20.3

จากตารางที่ 4.15 เป็นการทดสอบหาปริมาณคาร์บอนคงตัว ในตัวถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณและถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณทั่วไป ซึ่งผลการทดสอบหาปริมาณคาร์บอนคงตัว พบว่าถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณ อัตราส่วนของถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านจากถ่านไม้เบญจพรรณ 70:30 ที่มีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงสุด มีปริมาณคาร์บอนคงตัว เป็น 37.7 เปอร์เซ็นต์และ 42.3 เปอร์เซ็นต์ ในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้นตามลำดับ รองมาคือ อัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 60:40 มีปริมาณคาร์บอนคงตัวเป็น 34.7 เปอร์เซ็นต์และ 38.7 เปอร์เซ็นต์ ในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้นตามลำดับ

4.3.1.4 ผลการทดสอบปริมาณเถ้า (Ash content)

ผลการทดสอบปริมาณเถ้า(Ash content) ทำการทดสอบหาปริมาณเถ้าโดยใช้มาตรฐาน ASTM D 3174 ทดสอบหาปริมาณเถ้า โดยมี 5 อัตราส่วนของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณ และถ่านอัดแท่งจากถ่านไม้เบญจพรรณทั่วไปในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้น ซึ่งผลการทดสอบปริมาณเถ้า ได้ผลดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ผลการทดสอบปริมาณเถ้า (Ash content)

ตัวอย่าง	ปริมาณเถ้า	
	สภาพปกติ (%)	สภาพไม่มีความชื้น (%)
1)ถ่านกากมะพร้าว 70% ต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 30%	33.6	37.8
2)ถ่านกากมะพร้าว 60% ต่อถ่านไม้เบญจพรรณ40%	36.7	41.0
3)ถ่านกากมะพร้าว 50% ต่อถ่านไม้เบญจพรรณ50%	34.3	36
4) ถ่านกากมะพร้าว 40% ต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 60%	27.3	29.1
5)ถ่านกากมะพร้าว 30% ต่อถ่านไม้เบญจพรรณ70%	34.4	36.2
6)ถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณทั่วไป	36.2	41.5

จากตารางที่ 4.16 เป็นการทดสอบหาปริมาณเถ้าในถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณและถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณทั่วไป ซึ่งผลการทดสอบหาปริมาณเถ้าพบว่าถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณ อัตราส่วนของถ่านกากมะพร้าวต่อถ่าน

จากถ่านไม้เบญจพรรณที่มีปริมาณถ่านน้อยสุดในสภาพปกติ คืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 40:60 มีปริมาณถ่าน 27.3 เปอร์เซ็นต์ รองมาคืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 70:30 มีปริมาณถ่าน 33.6 เปอร์เซ็นต์ และอัตราส่วนของถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านจากถ่านไม้เบญจพรรณที่มีปริมาณถ่านน้อยสุดในสภาพไม่มีความชื้น คืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 40:60 มีปริมาณถ่าน 29.1 เปอร์เซ็นต์ รองมาคืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 50:50 มีปริมาณถ่าน 36 เปอร์เซ็นต์ และ 30:70 มีปริมาณถ่าน 36.2 เปอร์เซ็นต์

4.3.1.5 ผลการทดสอบค่าความร้อน (Heating value)

ผลการทดสอบค่าความร้อน (Heating value) ทำการทดสอบหาค่าความร้อนโดยใช้มาตรฐาน ASTM D 5865 ทดสอบหาค่าความร้อน โดยมี 5 อัตราส่วนของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณ และถ่านอัดแท่งจากถ่านไม้เบญจพรรณทั่วไปในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้น ซึ่งผลการทดสอบหาค่าความร้อน ได้ผลดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 ผลการทดสอบค่าความร้อน (Heating value)

ตัวอย่าง	ค่าความร้อน	
	สภาพปกติ (กิโลแคลอรีต่อ กิโลกรัม)	สภาพไม่มีความชื้น (กิโลแคลอรีต่อ กิโลกรัม)
1) ถ่านกากมะพร้าว 70% ต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 30 %	3,780	4,250
2) ถ่านกากมะพร้าว 60% ต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 40%	3,280	3,670
3) ถ่านกากมะพร้าว 50% ต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 50%	3,820	4,030
4) ถ่านกากมะพร้าว 40% ต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 60%	3,970	4,220
5) ถ่านกากมะพร้าว 30% ต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 70%	3,900	4,100
6) ถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณทั่วไป	3,420	3,930

จากตารางที่ 4.17 เป็นการทดสอบหาค่าความร้อนในตัวอย่างอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณและถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณทั่วไป ซึ่งผลการทดสอบหาค่าความร้อน พบว่าถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณ อัตราส่วนของถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านจากถ่านไม้เบญจพรรณที่มีค่าความร้อนสูงสุดในสภาพปกติ คืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 40:60 มีค่าความร้อน 3,970 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม รองมาคืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 30:70 มีค่าความร้อน 3,900 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม และอัตราส่วนของถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านจากถ่านไม้เบญจพรรณที่มีค่าความร้อนสูงสุดในสภาพไม่มีความชื้น คืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 70:30 มีค่าความร้อน 4,250 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม รองมาคืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 40:60 มีค่าความร้อน 4,220 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม

4.3.1.6 ผลการทดสอบระยะเวลาในการมอดดับ

เป็นการทดสอบระยะเวลาในการจุดติดไฟจนถึงการมอดดับของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณ และถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณทั่วไป โดยการทดสอบระยะเวลาในการมอดดับ มี 5 อัตราส่วนของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณ และถ่านอัดแท่งจากถ่านไม้เบญจพรรณทั่วไปซึ่งผลการทดสอบหาระยะเวลาในการมอดดับ ได้ผลดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ผลการทดสอบระยะเวลาในการมอดดับ

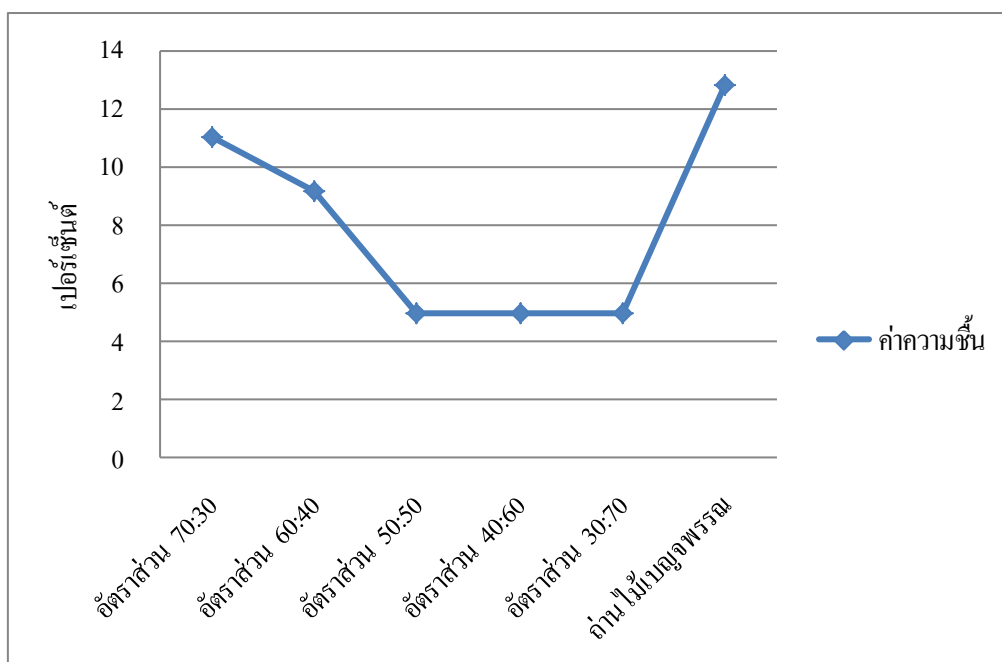
ตัวอย่าง	ระยะเวลาในการมอดดับ (นาท)
1) ถ่านกากมะพร้าว 70% ต่อถ่านไม้เบญจพรรณ30%	168
2) ถ่านกากมะพร้าว 60% ต่อถ่านไม้เบญจพรรณ40%	163
3) ถ่านกากมะพร้าว 50% ต่อถ่านไม้เบญจพรรณ50%	169
4) ถ่านกากมะพร้าว 40% ต่อถ่านไม้เบญจพรรณ60%	167
5) ถ่านกากมะพร้าว 30% ต่อถ่านไม้เบญจพรรณ70%	164
6) ถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณทั่วไป	177

จากตารางที่ 4.18 ผลการทดสอบระยะเวลาในการมอดดับของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าว ผสมถ่านไม้เบญจพรรณและถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณทั่วไป พบว่าถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณทั่วไป มีระยะเวลาในการมอดดับนานที่สุด มีระยะเวลาในการมอดดับ 177 นาที่ รองมาคือ อัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 50:50 มีระยะเวลาในการมอดดับ 169 นาที่

4.3.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

4.3.2.1 การวิเคราะห์ผลการทดสอบปริมาณความชื้น (Moisture content)

การทดสอบหาปริมาณความชื้นเป็นการต้องการทราบว่าการนำชีวมวลมาเป็นแท่งเชื้อเพลิงนั้นมีความเหมาะสมกับการเป็นเชื้อเพลิงหรือไม่ เนื่องจากชีวมวลมีปริมาณความชื้นสูง ซึ่งจะมีผลต่อค่าความร้อนกิโกลแคลอรีต่อกิโลกรัมทำให้ค่าความร้อนลดลงได้ โดยผลการทดสอบหาปริมาณความชื้นดังรูปที่ 4.15



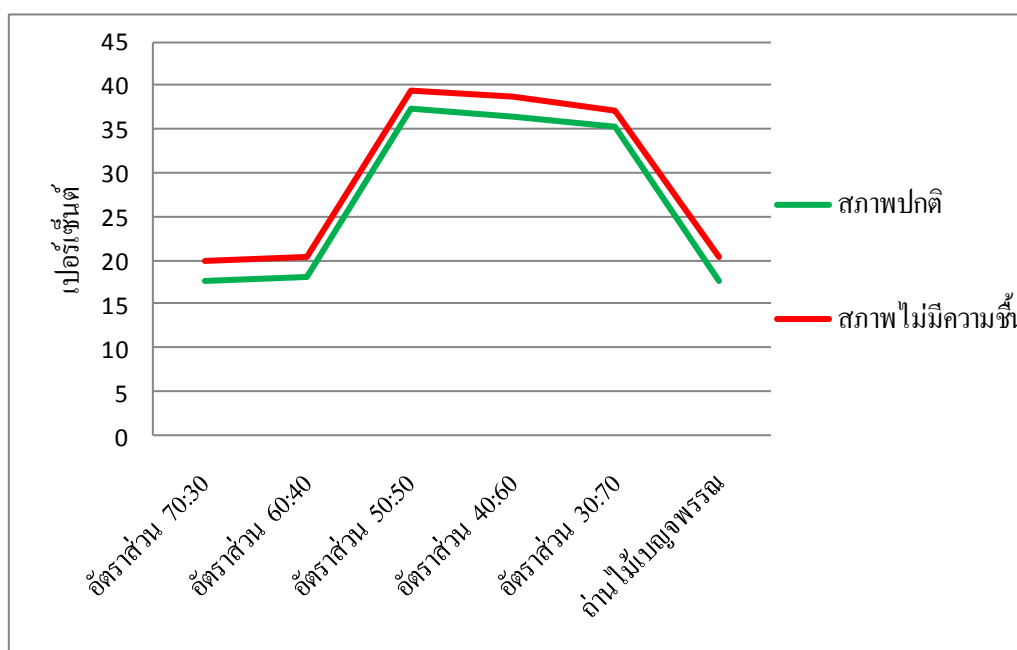
รูปที่ 4.15 กราฟแสดงผลการทดสอบปริมาณความชื้น (Moisture content)

จากรูปที่ 4.15 กราฟแสดงผลการทดสอบปริมาณความชื้น (Moisture content) พบว่า อัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณที่มีปริมาณความชื้นต่ำสุด คืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 50:50, 40:60 และ 30:70 ที่ให้ปริมาณความชื้นต่ำสุดซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มพข. ที่ได้กำหนดไว้ว่าถ่านควรมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก แต่จะมีอัตราส่วน 2 อัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณที่มีปริมาณความชื้นสูงและเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐาน มพข. คืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 70:30, 60:40 และถ่านอัดแท่งไม้เบญจพรรณ มีปริมาณความชื้นสูงและมีปริมาณความชื้นสูงสุด ซึ่งไม่ดีเพราะจะทำให้ค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงลดลง

การที่อัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 50:50, 40:60 และ 30:70 มีปริมาณความชื้นต่ำสุดเป็นเพราะในถ่านไม้ไม่มีปริมาณความชื้นที่ได้ถูกกำจัดออกไปแล้ว จะสังเกตได้จากอัตราส่วนเมื่ออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณมีการลดปริมาณของถ่านกากมะพร้าวลงจะมีปริมาณความชื้นที่ต่ำ

4.3.2.2 การวิเคราะห์ผลการทดสอบปริมาณสารระเหย (Volatile content)

การวิเคราะห์ทดสอบปริมาณสารระเหยของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณเป็นการบอกถึงคุณสมบัติของการจุดติดไฟได้ง่าย ถ้ามีปริมาณสารระเหยที่มากจะทำให้การจุดติดไฟได้ง่าย แต่ถ้ามีปริมาณสารระเหยน้อยจะทำให้มีการจุดติดไฟได้ยาก ซึ่งจากผลการทดสอบปริมาณสารระเหยทั้งในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้น ดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงผลการทดสอบปริมาณสารระเหย (Volatile content)

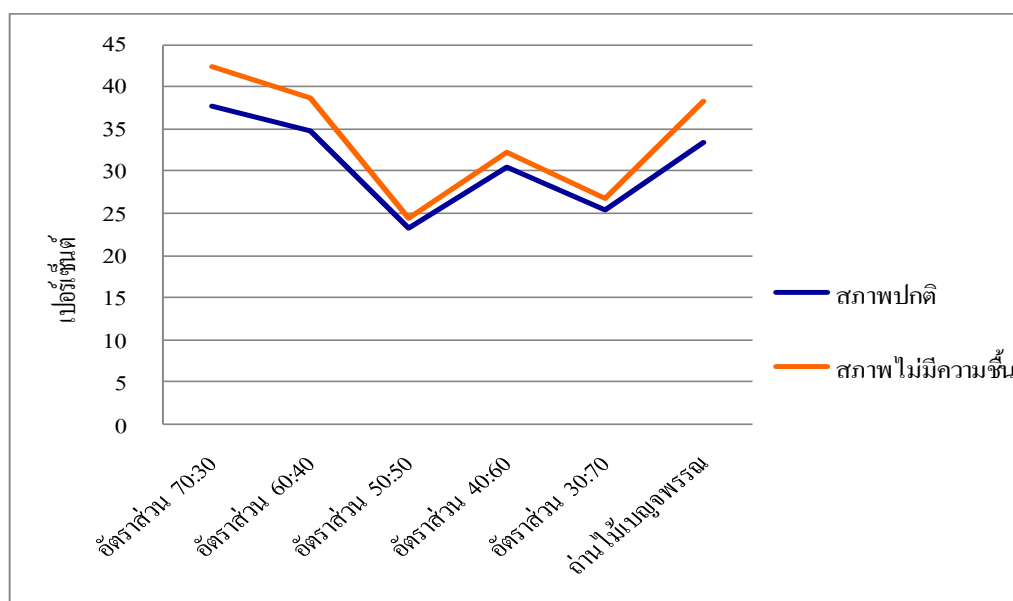
ในสภาพปกติและไม่มีความชื้น

จากรูปที่ 4.16 กราฟแสดงผลการทดสอบปริมาณสารระเหย (Volatile content) ในสภาพปกติและไม่มีความชื้น พบว่าอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณที่มีปริมาณสารระเหยสูงสุดคืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 50:50 ทั้งในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้น รองมาคืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 40:60 ทั้งในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้น ซึ่งแสดงถึงว่าอัตราส่วนที่กล่าวมานั้นสามารถจุดติดไฟได้ง่าย

การที่ปริมาณสารระเหยต่ำลงเรื่อยๆเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของถ่านกากมะพร้าว จะเห็นได้จากกราฟ ในการที่การนำถ่านกากมะพร้าวมาผสมกับถ่านไม้เบญจพรรณในปริมาณที่เท่ากันจะทำให้ปริมาณสารระเหยสูง แสดงว่ากากมะพร้าวและถ่านไม้เบญจพรรณมีสมบัติที่ทำให้จุดติดไฟได้ง่าย เพราะในกากมะพร้าวและถ่านไม้เบญจพรรณมีน้ำมันภายใน เมื่อนำมาผสมรวมกันจึงให้ปริมาณสารระเหยที่สูง มีความสามารถในการติดไฟได้ง่าย

4.3.2.3 การวิเคราะห์ผลการทดสอบปริมาณคาร์บอนคงตัว (Carbon stable)

การทดสอบปริมาณคาร์บอนคงตัว (Carbon stable) เป็นการแสดงถึงคุณภาพในการนำถ่านอัดแท่งจากชีวมวลมาเป็นเชื้อเพลิงได้ดีหรือไม่ โดยถ้ามีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงจะแสดงถึงว่ามีคุณสมบัติของการเป็นเชื้อเพลิงได้ดี จะทำให้มีค่าความร้อนสูงตามไปด้วย ซึ่งจากผลการทดสอบปริมาณคาร์บอนคงตัวทั้งในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้น ดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงผลการทดสอบปริมาณคาร์บอนคงตัว (Carbon stable) ในสภาพปกติและไม่มีความชื้น

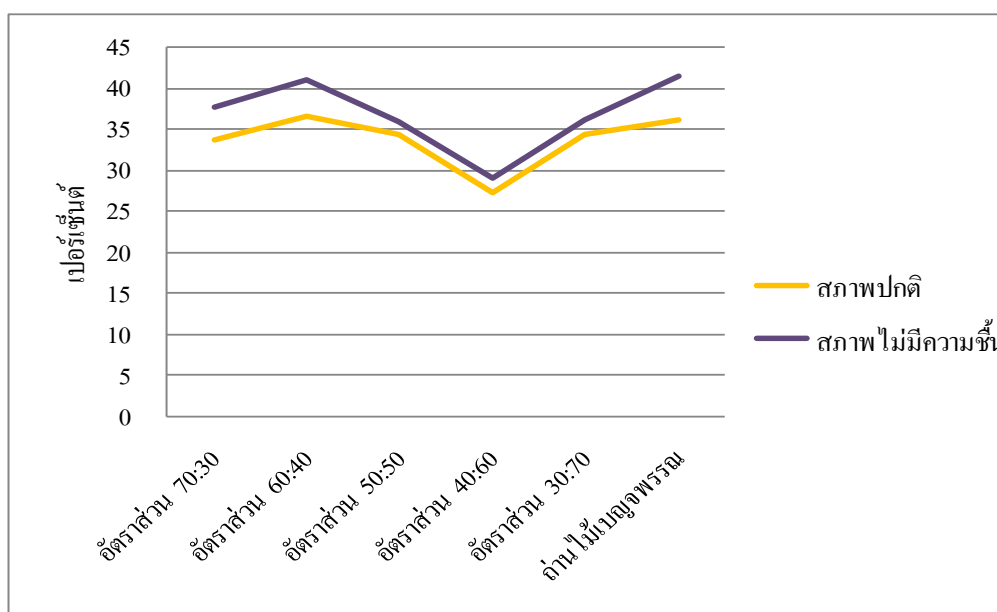
จากรูปที่ 4.17 กราฟแสดงผลการทดสอบปริมาณคาร์บอนคงตัว (Carbon stable) ในสภาพปกติและไม่มีความชื้น พบว่าอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 70:30 มี

ปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงสุดทั้งในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้น รองมาคืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 60:40 ทั้งในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้น

ผลการทดสอบปริมาณคาร์บอนคงตัวในถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 70:30 ซึ่งดีที่สุดที่มีสมบัติของการเป็นเชื้อเพลิง แสดงว่าถ่านกากมะพร้าวมีความเป็นถ่านที่จะนำมาเป็นเชื้อเพลิง จะเห็นได้จากกราฟเมื่อมีส่วนผสมของกากมะพร้าวลดลงจะมีปริมาณคาร์บอนคงตัวต่ำ

4.3.2.4 การวิเคราะห์ผลการทดสอบปริมาณเถ้า (Ash content)

การทดสอบปริมาณเถ้า (Ash content) เป็นการแสดงถึงการมีประสิทธิภาพในการเผาไหม้ของถ่าน ถ่านที่มีปริมาณเถ้าที่ต่ำ ทำให้เป็นเชื้อเพลิงที่ดีที่จะนำมาอัดแท่งเป็นเชื้อเพลิงได้ ซึ่งจากผลการทดสอบปริมาณเถ้าทั้งในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้น ดังรูปที่ 4.18



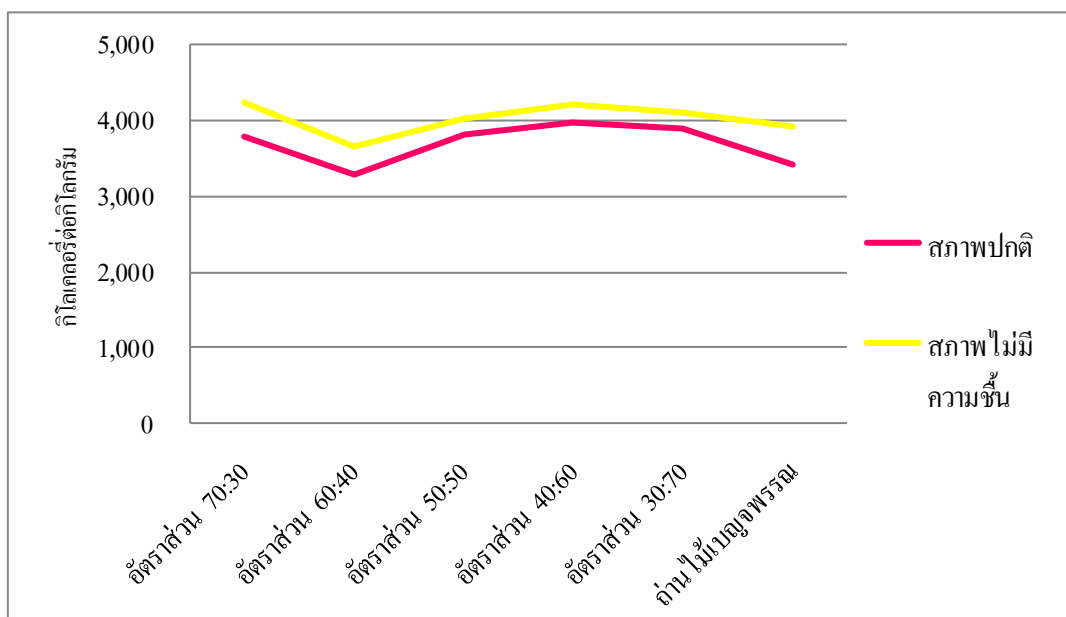
รูปที่ 4.18 กราฟแสดงผลการทดสอบปริมาณเถ้า (Ash content)
ในสภาพปกติและไม่มีความชื้น

จากรูปที่ 4.18 กราฟแสดงผลการทดสอบปริมาณเถ้า (Ash content) ในสภาพปกติและไม่มีควมชื้น พบว่าอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 40:60 มีปริมาณเถ้าต่ำที่สุด ในสภาพปกติ และ อัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 40:60 มีปริมาณเถ้าต่ำที่สุดในสภาพไม่มีควมชื้น ซึ่งปริมาณเถ้ามีความแตกต่างกันไม่มากนักของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณยกเว้นอัตราส่วน 40:60 จะเห็นได้จากกราฟที่มีปริมาณเถ้าที่มีค่าปริมาณเถ้าของอัตราส่วนอื่นๆใกล้เคียงกัน

ในการทดสอบหาปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณ มีปริมาณเถ้ามีสูงมาก ซึ่งเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐาน มพข. ที่ได้กำหนดไว้ว่าปริมาณเถ้าต้องไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จากการที่มีปริมาณเถ้าที่สูงนั้นเกิดจากการเผาไหม้ในกระบวนการที่ทำเป็นถ่านยังไม่มีความสมบูรณ์จึงทำให้ปริมาณเถ้าสูง

4.3.2.5 การวิเคราะห์ผลการทดสอบค่าความร้อน (Heating value)

ผลการทดสอบค่าความร้อน (Heating value) เป็นที่คำนึงถึงในการที่จะนำเอาชีวมวลมาเป็นเชื้อเพลิง ความสามารถในการให้พลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่ง ถ้าชีวมวลให้ค่าความร้อนสูงเหมาะที่จะนำไปเป็นเชื้อเพลิงได้ จะทำการทดสอบทั้ง 5 อัตราส่วนและถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณทั่วไป ซึ่งจากผลการทดสอบค่าความร้อนทั้งในสภาพปกติและสภาพไม่มีควมชื้นดังรูปที่ 4.19



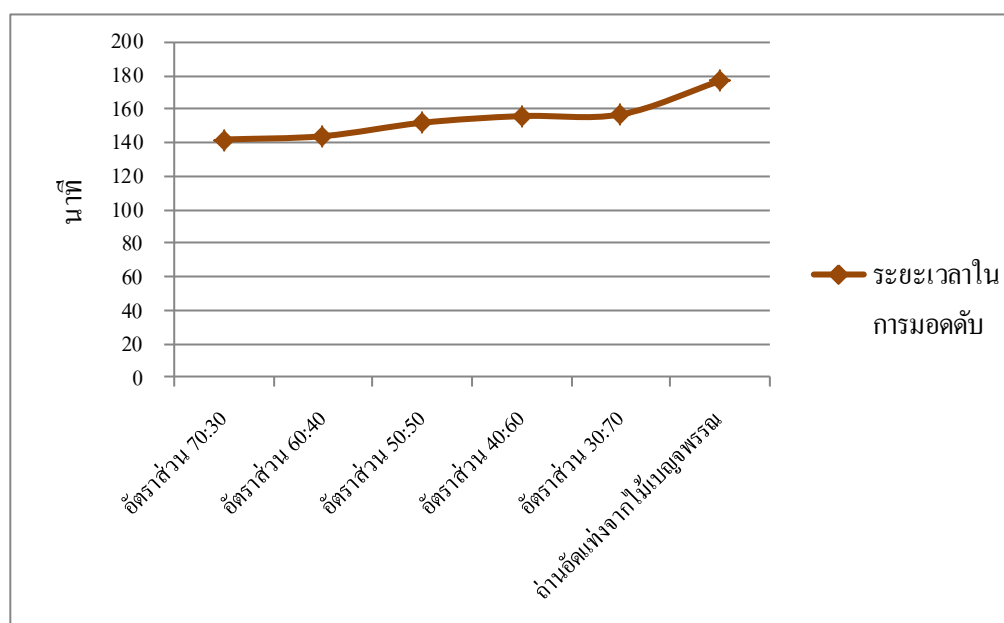
รูปที่ 4.19 กราฟแสดงผลการทดสอบค่าความร้อน (Heating value) ในสภาพปกติและไม่มีมีความชื้น

จากรูปที่ 4.19 กราฟแสดงแสดงผลการทดสอบค่าความร้อน (Heating value) ในสภาพปกติและไม่มีมีความชื้น ของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณ พบว่าอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 30:70 ที่ให้ค่าความร้อนสูงสุดในสภาพปกติ รองมาคือ อัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 40:60 ในสภาพปกติ และในสภาพไม่มีความชื้นพบว่าอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 40:60 ที่ให้ค่าความร้อนสูงสุด รองมา คืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 70:30 แต่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน มผช. ที่กำหนดไว้ว่าค่าความร้อนต้องไม่ต่ำกว่า 5,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม

จากการที่ถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณให้ค่าความร้อนสูงแต่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน อาจเกิดจากในถ่านไม้เบญจพรรณมีปริมาณความชื้นยังอยู่ซึ่งกำจัดออกไม่หมดจึงทำให้ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวมีค่าความร้อนไม่ถึงเกณฑ์มาตรฐาน มผช. แต่ถ่านอัดแท่งมีค่าความร้อนสูงกว่าถ่านไม้เบญจพรรณทั่วไป

4.3.2.6 การวิเคราะห์ผลการทดสอบระยะเวลาในการมอดดับ

การทดสอบระยะเวลาในการมอดดับเป็นการจับเวลาหาเวลาในการมอดดับของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณ มีระยะเวลาในการมอดดับนานเท่าไร ซึ่งจากผลการทดสอบระยะเวลาในการมอดดับของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณและถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณทั่วไป ดังรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงผลการทดสอบระยะเวลาในการมอดดับ

จากรูปที่ 4.20 กราฟแสดงผลการทดสอบระยะเวลาในการมอดดับของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณ จากกราฟเห็นว่า อัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณ 30:70 มีระยะเวลาในการมอดดับนานที่สุด รองมาคืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณ 40:60

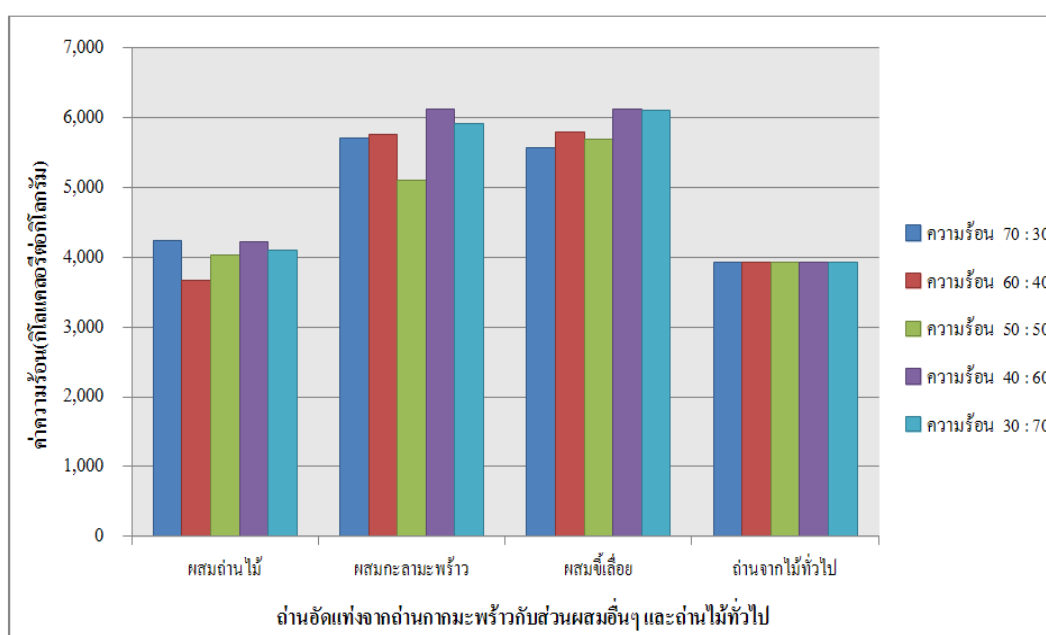
ระยะเวลาในการมอดดับของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณ โดยอัตราส่วนที่ให้ระยะเวลาในการมอดดับนานที่สุดนั้น แต่ยังไม่ยาวนานกว่าถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณทั่วไป ซึ่งระยะเวลาในการมอดดับจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของถ่านอัดแท่ง ถ้ามีความหนาแน่นของถ่านมากจะทำให้ระยะเวลาในการมอดดับอยู่ได้นาน แต่ค่าความร้อนของถ่านจะไม่มีสูง

4.4 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองรวม

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆแล้วได้นำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับถ่านอัดแท่งจากส่วนผสมอื่นๆ มีถ่านอัดแท่งจาก ถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านไม้ และถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านกะลามะพร้าว ซึ่งได้นำมาเปรียบเทียบกับ ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวกับถ่านขี้เลื่อย และถ่านไม้ทั่วไป โดยที่ควบคุมตัวแปรอื่นๆให้เหมือนกัน เช่น ขนาด ความหนาแน่น แรงอัด อัตราส่วนในการผสม และ วัสดุประสาน

4.4.1 ค่าความร้อน

ค่าความร้อนที่ได้เปรียบเทียบกับส่วนผสมอื่นๆ เช่น ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านไม้และถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านกะลามะพร้าวที่อัตราส่วนผสมเหมือนกันทุกๆอัตราส่วนสามารถเขียนออกมาในรูปของกราฟดังแสดงในรูปที่ 4.21



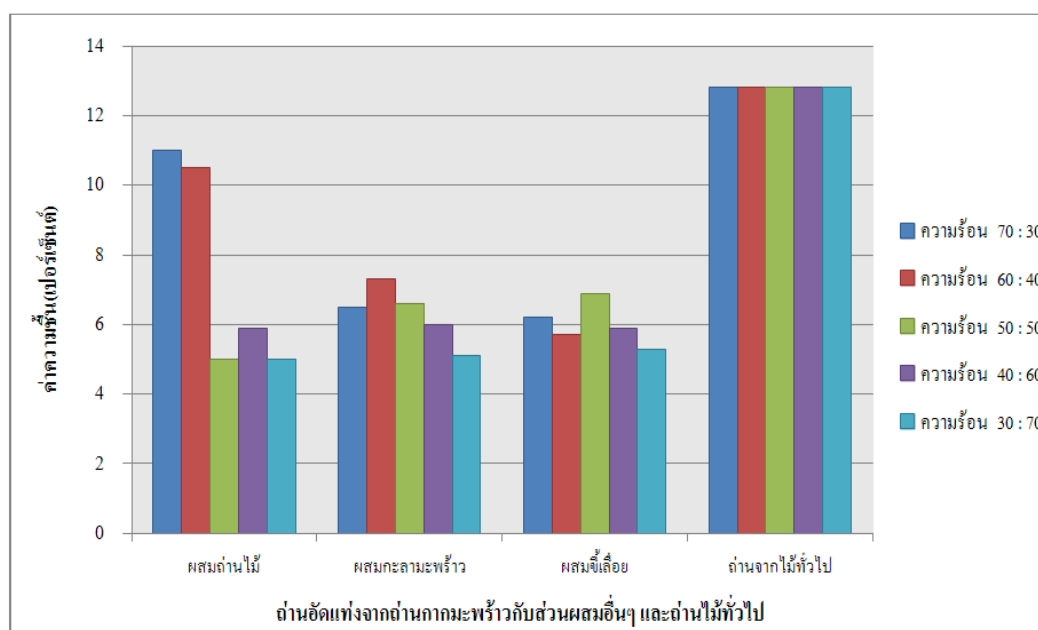
รูปที่ 4.21 ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งเมื่อเปรียบเทียบกับส่วนผสมอื่นๆ

จากรูปที่ 4.21 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านไม้ ถ่านกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าว ถ่านกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย และถ่านจากไม้ทั่วไป พบว่า ค่าความร้อนเฉลี่ยของส่วนผสมถ่านกากมะพร้าวกับถ่านขี้เลื่อยมีค่าใกล้เคียงกับค่าความร้อนเฉลี่ยของส่วนผสม

ถ่านกากะพริ้วกับถ่านกะลามะพริ้ว และยังมีค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ที่กำหนดไว้ว่าถ่านอัดแท่งจะต้องมีค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 5,000 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ส่วนค่าความร้อนเฉลี่ยของส่วนผสมถ่านกากะพริ้วกับถ่านไม้ มีค่าน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับถ่านไม้ทั่วไป

4.4.2 ค่าความชื้น

การเปรียบเทียบค่าความชื้นของถ่านอัดแท่งในส่วนผสมอื่นๆ คือ ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากะพริ้วผสมถ่านไม้ ถ่านกากะพริ้วผสมถ่านกะลามะพริ้วและถ่านไม้ทั่วไป ซึ่งจะแต่ละส่วนผสมจะมีการควบคุมตัวแปรให้เหมือนกันคือ ขนาดของแท่งถ่าน แรงที่ใช้อัด อัตราส่วนในการผสม และตัวประสานซึ่งปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งมีผลต่อการติดไฟของถ่านแต่ละส่วนผสม สามารถเขียนในรูปของกราฟได้ดังแสดงในรูป 4.22



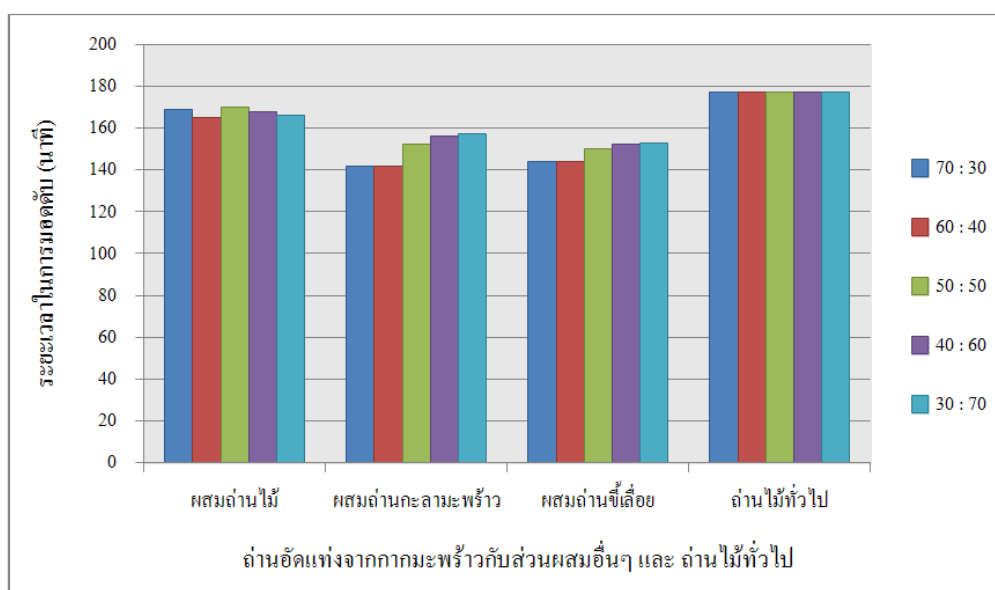
รูปที่ 4.22 ค่าความชื้นของถ่านอัดแท่งเมื่อเปรียบเทียบกับส่วนผสมอื่นๆ

จากรูปที่ 4.22 แสดงการเปรียบเทียบความชื้นของกากะพริ้วผสมขี้เลื่อย และถ่านจากไม้ทั่วไป พบว่าค่าความชื้นจากทั้งสามส่วนผสม ที่นำมาผสมกับกากะพริ้วนั้นจะเห็นได้ว่ามีค่าความชื้นไม่แตกต่างกันมาก และยังมีค่าความชื้นไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งกำหนดไว้ว่าความชื้นต้องไม่เกิน 8 เปอร์เซ็นต์ แต่จะมีเฉพาะอัตราส่วน 70 : 30 และ 60 : 40 ของส่วนผสมถ่านกากะพริ้วผสมถ่านไม้ที่มีค่าความชื้นสูงกว่าส่วนผสมอื่นๆ และมี

ค่าความชื้นเกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ที่ได้กำหนดไว้ และถ่านที่ได้จากถ่านไม้ทั่วไปก็มีค่าความชื้นเกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) และจากรูปยังแสดงให้เห็นว่าถ่านอัดแท่งทั้งสามส่วนผสมมีค่าความชื้นที่น้อยกว่าถ่านที่ได้จากไม้ทั่วไป

4.4.3 ระยะเวลาในการมอดดับ

การเปรียบเทียบระยะเวลาในการมอดดับของถ่านอัดแท่งของทั้งสามตัวแปรและถ่านไม้ทั่วไป คือ ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านไม้ ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านกะลามะพร้าว ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านขี้เลื่อยและถ่านไม้ทั่วไป ซึ่งจะมีการควบคุมตัวแปรให้เหมือนกันคือ ขนาดของแท่งถ่าน แรงอัด อัตราส่วนในการผสม และตัวประสาน สำหรับระยะเวลาในการมอดดับคือการเริ่มจุดติดไฟของถ่านอัดแท่งจนถึงระยะการมอดดับของถ่านอัดแท่งว่าจะอยู่ได้นานเท่าไรและมีค่าแตกต่างกันมากหรือไม่และมีระยะเวลาในการมอดดับแตกต่างกับถ่านจากไม้ทั่วไปอย่างไร สามารถเขียนในรูปของกราฟได้ดังแสดงในรูป 4.23



รูปที่ 4.23 ระยะเวลาในการมอดดับของถ่านอัดแท่งเมื่อเปรียบเทียบกับส่วนผสมอื่นๆ

จากรูปที่ 4.23 แสดงการเปรียบเทียบความชื้นของกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย และถ่านจากไม้ทั่วไป พบว่าจากถ่านอัดแท่งทั้งสามตัวแปรระยะเวลาในการมอดดับของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้นั้นจะมีระยะเวลาในการมอดดับที่สูงกว่าถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านกะลามะพร้าว และถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านขี้เลื่อย และในส่วนถ่านจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้จะเห็นได้ว่ามีระยะเวลาในการมอดดับใกล้เคียงกับถ่านไม้ทั่วไปมาก ส่วนถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านกะลามะพร้าว และถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านขี้เลื่อยมีระยะเวลาในการมอดดับน้อยกว่าถ่านจากไม้ทั่วไป และจากรูปจะเห็นว่าในส่วนผสมของถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านขี้เลื่อยและถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านกะลามะพร้าวจะมีระยะเวลาในการมอดดับเพิ่มขึ้น เมื่อลดอัตราส่วนของถ่านกากมะพร้าวในส่วนผสมลงเรื่อยๆ แต่ระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นก็ไม่แตกต่างมากสำหรับส่วนผสมถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านไม้ปริมาณถ่านกากมะพร้าวจะมีผลต่อระยะเวลาในการมอดดับที่น้อยมาก ระยะเวลาที่ได้ก็ยังน้อยกว่าระยะเวลาของการมอดดับถ่านไม้ทั่วไป

บทที่ 5

สรุปการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย

ผลที่ได้จากการทดลองคุณสมบัติทางด้านต่างๆ ของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยในทุกอัตราส่วน และเปรียบเทียบกับถ่านไม้ทั่วไปเพื่อหาส่วนผสมที่ดีที่สุด ได้สรุปผลโดยแยกแต่ละคุณสมบัติดังนี้

1. การหาค่าความร้อนที่อัตราส่วนผสม 40 : 60 ให้ค่าความร้อนสูงที่สุด ในสภาพไม่มีความชื้น โดยมีค่าเท่ากับ 6,130 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับอัตราส่วน 30 : 70 และในสภาพมีความชื้นที่อัตราส่วน 30 : 70 มีค่าเท่ากับ 5,790 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ในอัตราส่วนผสม 70 : 30 ให้ค่าความร้อนต่ำที่สุดทั้งในสภาพมีความชื้นและไม่มีความชื้นเช่นเดียวกัน โดยมีค่าเท่ากับ 5,950 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม และ 5,540 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แต่ในสภาพที่ไม่มีความชื้นค่าความร้อนจะมีค่ามากกว่าในสภาพที่ยังมีความชื้นอยู่ทุกอัตราส่วนผสม ซึ่งทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM และในทุกอัตราส่วนผสมนั้นก็มีความสูงกว่าถ่านจากไม้ทั่วไปและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ที่กำหนดไว้ว่าความร้อนต้องไม่ต่ำกว่า 5,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม

2. การหาค่าความชื้นที่เหลืออยู่ในถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยนั้นในอัตราส่วนผสม 30 : 70 มีค่าความชื้นน้อยที่สุดเท่ากับ 5.3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งดีต่อการดูดซับไฟหรือการให้ความร้อน และ ในอัตราส่วนผสม 50 : 50 มีค่าความชื้นมากที่สุดเท่ากับ 6.9 เปอร์เซ็นต์ อาจทำให้ไฟติดยากกว่าปกติ และ ค่าความร้อนที่ได้อาจมีค่าน้อย ซึ่งทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM แต่อย่างไรก็ตามทุกอัตราส่วนผสมนี้ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ที่กำหนดไว้ว่าความชื้นไม่เกิน 8 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนัก

3. การหาค่าสารระเหยในอัตราส่วนผสม 70 : 30 มีค่าสารระเหยน้อยที่สุดทั้งในสภาพที่มีความชื้น และไม่มีความชื้น โดยมีค่าเท่ากับ 32.4 เปอร์เซ็นต์ และ 34.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนของกากมะพร้าวลดน้อยลงจนถึงอัตราส่วน ผสม 50 : 50

ซึ่งมีค่าสารระเหยสูงที่สุดและลดน้อยลงอีกครั้งในอัตราส่วนกากมะพร้าวน้อยลงอีก ซึ่งทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM ในสภาพที่มีความชื้นและไม่มีความชื้นจะมีแนวโน้มที่เหมือนกัน แต่ในสภาพที่ไม่มีความชื้นค่าสารระเหยจะมีค่ามากกว่าในสภาพที่ยังมีความชื้นอยู่ทุกอัตราส่วนผสม และในทุกอัตราส่วนผสมนั้นก็มีความสูงกว่าถ่านจากไม้ทั่วไป

4. สรุปผลกาทดลองการหาค่าคาร์บอนคงตัวในอัตราส่วน 40 : 60 มีค่าคาร์บอนคงตัวสูงที่สุดทั้งในสภาพมีความชื้น และ ในสภาพไม่มีความชื้นโดยมีค่าเท่ากับ 50.1 เปอร์เซนต์ และ 53.2 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ และลดน้อยลงเรื่อยๆ จนถึงอัตราส่วน 70 : 30 ทั้งในสภาพที่มีความชื้นและไม่มีความชื้นโดยมีค่าเท่ากับ 43.3 เปอร์เซนต์ และ 46.1 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ซึ่งทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM ปริมาณคาร์บอนคงตัวทุกอัตราส่วนในสภาพที่ไม่มีความชื้นจะมีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงกว่าในสภาพที่ยังมีความชื้นอยู่ในทุกอัตราส่วนผสมเล็กน้อย และก็มีค่ามากกว่าถ่านไม้ทั่วไป ซึ่งการมีปริมาณคาร์บอนคงตัวที่สูงนั้นจะทำให้ประสิทธิภาพการติดไฟและค่าความร้อนดีกว่า ถ่านที่มีปริมาณคาร์บอนต่ำ

5. สรุปผลกาทดลองการหาปริมาณเถ้าในอัตราส่วนผสม 40 : 60 ทั้งในสภาพมีความชื้นและไม่มีความชื้นโดยมีค่าเท่ากับ 5.4 เปอร์เซนต์ และ 5.7 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ มีปริมาณเถ้าที่น้อยที่สุดและจะมีค่าใกล้เคียงกันตามอัตราส่วนผสมกากมะพร้าวเพิ่มขึ้นจนถึงอัตราส่วน 50 : 50 หลังจากนั้นจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนถึงอัตราส่วน 70:30 ซึ่งทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM แต่ทุกอัตราส่วนยังมีปริมาณเถ้าที่น้อยกว่าถ่านไม้ทั่วไป และในสภาพที่มีความชื้นและไม่มีความชื้นมีปริมาณเถ้าไม่แตกต่างกันมาก ซึ่งหมายความว่า การลดความชื้นมีผลต่อการทำให้ปริมาณเถ้าเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

6. สรุปผลกาทดลองการหาระยะเวลาในการมอดดับของทุกอัตราส่วนผสมนั้นมีค่าไม่แตกต่างกันมากซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 144 – 153 นาที แต่ในทุกอัตราส่วนนั้นมีระยะเวลาในการมอดดับน้อยกว่าถ่านจากไม้ทั่วไปซึ่งมีค่าเท่ากับ 177 นาที

5.1.2 ถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณ

1. การศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวและถ่านไม้เบญจพรรณ

ใช้เครื่องอัดถ่านแบบสกรูมอเตอร์ 5 แรงม้า ไฟฟ้า 220 โวลต์ แบบเฟสเดียว ถ่านอัดแท่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูกกลวง 1 เซนติเมตร ความยาวของแท่งถ่าน 12 เซนติเมตร ถ่านเป็นรูปทรงกระบอกมี 5 ครีบริบรอบด้าน เส้นผ่าศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร ในการศึกษาทดลองการผลิตถ่านอัด

แท่งจากถ่านกากมะพร้าวและถ่านไม้เบญจพรรณมีอัตราส่วนในการทดลอง คือ 90:10 , 80:20 , 70:30 , 60:40 , 50:50 , 40:60 , 30:70 , 20:80 และ 10:90 ซึ่งผลการทดลองการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวและถ่านไม้เบญจพรรณอัตราส่วนที่ให้ผลการทดลองที่ดี คือ อัตราส่วน 70:30 , 60:40 , 50:50 , 40:60 , 30:70 เพราะสามารถอัดเป็นแท่งถ่านได้ อัตราส่วน 90:10 , 10:90 ไม่สามารถอัดเป็นแท่งถ่านได้ และอัตราส่วน 80:20 , 20:80 สามารถอัดเป็นแท่งถ่านได้ในสภาพไม่สมบูรณ์ เพราะ แดกหักง่าย

2. ผลการทดสอบปริมาณความชื้น (Moisture content)

การทดสอบค่าความชื้นของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณและถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณทั่วไป การทดสอบหาปริมาณความชื้นพบว่า อัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณที่มีปริมาณความชื้นต่ำสุด มีด้วยกัน 2 อัตราส่วนด้วยกัน คือ อัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณ 50:50 และ 30:70 มีปริมาณความชื้น 5 เปอร์เซ็นต์เท่ากันทั้งสองอัตราส่วน และถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณมีปริมาณความชื้นสูงสุดที่ 12.8 เปอร์เซ็นต์

3. ผลการทดสอบปริมาณสารระเหย (Volatile content)

การทดสอบหาปริมาณสารระเหยในตัวถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณและถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณทั่วไป ซึ่งผลการทดสอบหาปริมาณสารระเหย พบว่าถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณ อัตราส่วนของถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านจากถ่านไม้เบญจพรรณ 50:50 ที่มีปริมาณสารระเหยสูงสุด มีปริมาณสารระเหยเป็น 37.4 เปอร์เซ็นต์และ 39.4 เปอร์เซ็นต์ ในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้นตามลำดับ รองมาคือ อัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 40:60 มีปริมาณสารระเหยเป็น 36.3 เปอร์เซ็นต์และ 38.6 เปอร์เซ็นต์ ในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้นตามลำดับ

4. ผลการทดสอบปริมาณคาร์บอนคงตัว (Carbon stable)

การทดสอบหาปริมาณคาร์บอนคงตัว ในตัวถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณและถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณทั่วไป ซึ่งผลการทดสอบหาปริมาณคาร์บอนคงตัว

พบว่าถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณ อัตราส่วนของถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านจากถ่านไม้เบญจพรรณ 70:30 ที่มีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงสุด มีปริมาณคาร์บอนคงตัว เป็น 37.7 เปอร์เซ็นต์และ 42.3 เปอร์เซ็นต์ ในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้นตามลำดับ รองมาคือ อัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 60:40 มีปริมาณคาร์บอนคงตัวเป็น 34.7 เปอร์เซ็นต์และ 38.7 เปอร์เซ็นต์ ในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้นตามลำดับ

5. ผลการทดสอบปริมาณเถ้า (Ash content)

การทดสอบหาปริมาณเถ้าในถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณ และถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณทั่วไป ซึ่งผลการทดสอบหาปริมาณเถ้า พบว่าถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณ อัตราส่วนของถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านจากถ่านไม้เบญจพรรณที่มีปริมาณเถ้าน้อยสุดในสภาพปกติ คืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 40:60 มีปริมาณเถ้า 27.3 เปอร์เซ็นต์ รองมาคืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 70:30 มีปริมาณเถ้า 33.6 เปอร์เซ็นต์ และอัตราส่วนของถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านจากถ่านไม้เบญจพรรณที่มีปริมาณเถ้าน้อยสุดในสภาพไม่มีความชื้น คืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 40:60 มีปริมาณเถ้า 29.1 เปอร์เซ็นต์ รองมาคืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 50:50 มีปริมาณเถ้า 36 เปอร์เซ็นต์ และ 30:70 มีปริมาณเถ้า 36.2 เปอร์เซ็นต์

6. ผลการทดสอบค่าความร้อน (Heating value)

การทดสอบหาค่าความร้อนในถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณและถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณทั่วไป ซึ่งผลการทดสอบหาค่าความร้อน พบว่าถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณ อัตราส่วนของถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านจากถ่านไม้เบญจพรรณที่มีค่าความร้อนสูงสุดในสภาพปกติ คืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 40:60 มีค่าความร้อน 3,970 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม รองมาคืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 30:70 มีค่าความร้อน 3,900 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม และอัตราส่วนของถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านจากถ่านไม้เบญจพรรณที่มีค่าความร้อนสูงสุดในสภาพไม่มีความชื้น คืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 70:30 มีค่าความร้อน 4,250 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม รองมาคืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 40:60 มีค่าความร้อน 4,220 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม

7. ผลการทดสอบระยะเวลาในการมอดดับ

การทดสอบระยะเวลาในการมอดดับของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณและถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณทั่วไป พบว่าถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณทั่วไป มีระยะเวลาในการมอดดับนานที่สุด มีระยะเวลาในการมอดดับ 177 นาที รองมาคือ อัตราร่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านไม้เบญจพรรณ 50:50 มีระยะเวลาในการมอดดับ 169 นาที

5.1.3 ถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าว

1. การศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าว ด้วยเครื่องอัดเครื่องอัดแบบสกรูทำงานด้วยมอเตอร์ 5 แรงม้า ไฟฟ้า 220 โวลต์ แบบเฟสเดียว โดยขนาดของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าว มีขนาดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูกลวง 1 เซนติเมตร ความยาว 12 เซนติเมตร และถ่านอัดแท่งรูปทรงกระบอกมีครีป 5 ครีปรอบด้าน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร การทำการทดลองทำการอัดแท่งถ่านจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าว มีอัตราส่วนผลของถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าวคือ 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80 และ 10:90 เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าว ได้ผลการทดลองในการอัดเป็นแท่งได้ดีของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าว คืออัตราส่วนผสมถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70 ที่มีการอัดเป็นแท่งได้

2. ผลการทดสอบปริมาณคาร์บอนคงตัว (Carbon stable) ของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวพบว่าโดยอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าวที่มีค่าปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงสุดคืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว 40:60 มีปริมาณคาร์บอนคงตัวเป็น 47.8 เปอร์เซ็นต์ในสภาพปกติและ 43.9 เปอร์เซ็นต์ในสภาพไม่มีความชื้น รองลงมาคืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว 30:70 มีปริมาณคาร์บอนคงตัวเป็น 47.4 เปอร์เซ็นต์ในสภาพปกติและ 49.9 เปอร์เซ็นต์ในสภาพไม่มีความชื้น แล้วปริมาณคาร์บอนคงตัวน้อยที่สุดคือถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณมีปริมาณคาร์บอนคงตัวเป็น 33.3 เปอร์เซ็นต์ในสภาพปกติและ 20.3 เปอร์เซ็นต์ในสภาพไม่มีความชื้น รองลงมาคืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว คือ 50:50 มีปริมาณคาร์บอนคงตัวเป็น 36.2 เปอร์เซ็นต์ในสภาพปกติ และ 39.2 เปอร์เซ็นต์ในสภาพไม่มีความชื้น

3. ผลการทดสอบการหาปริมาณความชื้น (Moisture content) ของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวพบว่า อัตราส่วนของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสม

กะลามะพร้าวที่มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุดคืออัตราส่วนของถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว คือ 30:70 มีปริมาณความชื้น 5.1 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคืออัตราส่วนของถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว คือ 40:60 มีปริมาณความชื้น 6.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ที่ได้กำหนดไว้ว่าถ่านควรมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก และถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณมีปริมาณความชื้นสูงสุด มีปริมาณความชื้น 12.8 เปอร์เซ็นต์ เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ (มผช.)

4. ผลการทดสอบการหาปริมาณเถ้า (Ash content) ของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวสภาพปกติพบว่าอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าวที่มีปริมาณเถ้าต่ำที่สุดในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้นคือ อัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าวคือ 40:60 มีปริมาณเถ้า 7.3 เปอร์เซ็นต์ในสภาพปกติ และ 7.8 เปอร์เซ็นต์ในสภาพไม่มีความชื้น รองลงมาคืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าวคือ 60:40 มีปริมาณเถ้า 9.7 เปอร์เซ็นต์ในสภาพปกติและ 10.4 เปอร์เซ็นต์ในสภาพไม่มีความชื้น ส่วนที่มีปริมาณเถ้าสูงสุดคือ ถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ มีปริมาณเถ้า 36.2 เปอร์เซ็นต์ในสภาพปกติ และ 41.5 เปอร์เซ็นต์ในสภาพไม่มีความชื้น รองลงมาคืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว คือ 50:50 มีปริมาณเถ้า 18.5 เปอร์เซ็นต์ในสภาพปกติและ 19.8 เปอร์เซ็นต์ในสภาพไม่มีความชื้น ซึ่งผลการทดสอบหาปริมาณเถ้ามีปริมาณเถ้าเกินเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ทั้งหมด ที่ได้กำหนดไว้ว่าปริมาณเถ้าต้องไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักอาจเนื่องมาจากการเผากากมะพร้าวและกะลามะพร้าวไม่ได้เป็นถ่านที่สมบูรณ์

5. ผลการทดสอบการหาสารระเหย (Volatile content) ของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าว พบว่าโดยอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าวที่มีปริมาณสารระเหยมากที่สุดคือ อัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าวในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้น คือ 60:40 มีปริมาณสารระเหย 41.5 เปอร์เซ็นต์ในสภาพปกติ และ 44.8 เปอร์เซ็นต์ในสภาพไม่มีความชื้น รองลงมาคืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว คือ 30:70 มีปริมาณสารระเหย 41.2 เปอร์เซ็นต์ในสภาพปกติ และ 44.1 เปอร์เซ็นต์ในสภาพไม่มีความชื้น ส่วนถ่านอัดแท่งที่มีปริมาณสารระเหยน้อยที่สุดในสภาพปกติและสภาพไม่มีความชื้น คือ ถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ มีปริมาณสารระเหย 17.7 เปอร์เซ็นต์ในสภาพปกติ และ 20.3 เปอร์เซ็นต์ในสภาพไม่มีความชื้น รองลงมาคืออัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว คือ 30:70 มีปริมาณสารระเหย 37.3 เปอร์เซ็นต์ในสภาพปกติและ 39.0 เปอร์เซ็นต์ในสภาพไม่มีความชื้น

6. การทดสอบค่าความร้อนทางเชื้อเพลิง (Heating value) ของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวสภาพปกติ การทดสอบพบว่าอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว ที่ 40:60 มีค่าความร้อนสูงสุดที่ 5,750 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม และรองมาที่อัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว 30:70 มีค่าความร้อนที่ 5,610 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม และเมื่อมาทดสอบค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวในสภาพไม่มีความชื้น (ความชื้น 0%) ถ่านจะมีค่าความร้อนสูงเพิ่มขึ้นจากเดิมเป็น 6,120 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมและ 5,760 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในมาตรฐานคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM ของค่าความร้อนมีค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ที่กำหนดไว้ว่าถ่านอัดแท่งจะต้องมีค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 5,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม

7. การทดสอบระยะเวลาในการมอดดับของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวโดยการทดสอบพบว่าอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว ที่ 30:70 มีระยะเวลาในการมอดดับนานที่สุด คือ 157 นาทีและรองมาที่อัตราส่วนถ่านกากมะพร้าวต่อถ่านกะลามะพร้าว 40:60 มี ระยะเวลาในการมอดดับนานที่สุด คือ 156 นาที

จากผลการทดสอบสรุปได้ว่าถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวกับถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยมีสมบัติใกล้เคียงกันทั้ง ค่าความร้อน ปริมาณความชื้น และระยะเวลาในการมอดดับ ซึ่งมีคุณสมบัติในการที่จะเป็นเชื้อเพลิงได้ เนื่องจากให้ค่าความร้อนที่สูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน มผช.และปริมาณความชื้นต่ำ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มผช. เช่นกัน โดยถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวมีคุณสมบัติดีกว่าถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณที่ได้ทำการผลิตเป็นถ่านอัดแท่งขายในท้องตลาดจากการทำการทดสอบหาสมบัติของเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวและได้เปรียบเทียบกับถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ ได้เปรียบเทียบกับถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ พบว่าอัตราส่วนผสมที่ให้ค่าความร้อนสูงคือกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าว, กากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยที่อัตราส่วน 30:70 ส่วนกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณที่อัตราส่วน 70:30 ซึ่งกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย, กะลามะพร้าวจะให้ค่าความร้อนที่สูงกว่ากากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณ และส่วนผสมที่ให้ปริมาณความชื้นต่ำคือ กากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าว, ขี้เลื่อย, ถ่านไม้เบญจพรรณ ที่อัตราส่วนผสม 30:70 แล้วระยะเวลาในการมอดดับคือ ส่วนผสมกากมะพร้าวกับกะลามะพร้าว, ขี้เลื่อย, ถ่านไม้เบญจพรรณ ที่อัตราส่วน 70:30 แต่จะที่ควรมีการปรับปรุงในส่วนของระยะเวลาในการมอดดับหรือระยะในการติดไฟเป็นเชื้อเพลิงยังไม่นานพอ ซึ่งถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณนั้นจะให้ระยะเวลาในการมอดดับที่นานกว่าถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าว

5.2 ข้อเสนอแนะในการทดลอง

5.3.1 ศึกษากระบวนการตากแห้ง โดยการอบด้วยเครื่องอบแห้ง เพื่อง่ายต่อการควบคุมและประหยัดระยะเวลาในการทำให้แห้ง

5.3.2 ควรนำถ่านอัดแท่งที่ผ่านกระบวนการผลิตแล้วหลังจากทำการตากแห้งแล้ว ควรนำถ่านอัดแท่งใส่ถุงพลาสติกทันทีแล้วปิดไม่ให้อากาศเข้าเพื่อไม่ให้อากาศเข้าไปได้ ช่วยไม่ให้ตัวถ่านอัดแท่งดูดความชื้น

5.3.2 ควรเลือกวัตถุดิบที่ดีและเป็นมาตรฐานไม่มีสิ่งเจือปนในวัตถุดิบหรือให้มันน้อยที่สุด

บรรณานุกรม

- [1] นายทานตะวัน ศรีวงศ์, “เชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้(แกลบดำ)และส่วนผสมต่างๆ,” รายงานการวิจัย (คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2550), หน้า 1
- [2] กรกต พิมพ์วงศ์. 2546. “ชีวมวล.” ใน ชีวมวล. หน้า2. กรุงเทพฯ
- [3] เสรีวัฒน์ สมินทร์ปัญญา. 2539. “ชีวมวล.” ใน สิ่งแวดล้อมกับการปรับปรุงชีวิตของมนุษย์. หน้า112-113. กรุงเทพฯ
- [4] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. 2546. ใน พลังงานกู้โลกร้อนเชื้อเพลิงทางเลือกทางรอดประเทศไทย. หน้า11. กรุงเทพฯ
- [5] สุธรรม ปทุมสวัสดิ์. 2546. “ชีวมวล.” ใน ชีวมวล. หน้า37. กรุงเทพฯ
- [6] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. 2551. ใน พลังงานกู้โลกร้อนเชื้อเพลิงทางเลือกทางรอดประเทศไทย. หน้า4,39,40. กรุงเทพฯ
- [7] ศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล. 2549. “ชีวมวล.” ใน ชีวมวล. หน้า56. กรุงเทพฯ
- [8] นายรุ่งโรจน์ พุทธิสกุล, “การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเห้ง้าสับหลัง,” รายงานการวิจัย (คณะอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรจ, 2553), หน้า 71
- [9] “ถ่าน,” 2553. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.neutron.rmutphysics.com/teaching-glossary/index.php?option=com_content&task=view&id=8656&Itemid=3. [สืบค้นเมื่อ 26 กรกฎาคม 2553].
- [10] “ถ่านอัดแท่งจากขี้เลื่อย,” 2553. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/business1.php/>. [สืบค้นเมื่อ 26 กรกฎาคม 2553].
- [11] ธานี มหายศนันท์. 2548. “การบดย่อย.” ใน ชีวมวล. หน้า10-11. กรุงเทพฯ
- [12] “โครงการวิจัยและพัฒนากากมะพร้าวเป็นอาหารสัตว์,” 2547. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.thaiwest.su.ac.th/templates/project2547/1-3.html>. [สืบค้นเมื่อ 26 กรกฎาคม 2547].
- [13] “กากมะพร้าว,” 2550. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.abnongphai.ac.th>. [สืบค้นเมื่อ 26 กรกฎาคม 2550].
- [14] ลือพงษ์ ลือนาม, สมศักดิ์ กุหาสวรรค์เวช. 2551. “การวิจัยและพัฒนาการผลิตถ่านกะลามะพร้าวในระดับเกษตรกร.” ปริญญานิพนธ์ปริญญาตรี ภาควิชาเทคนิคเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [15] กระทรวงพลังงาน “พลังงานชีวมวล” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก :<http://www2.dede.go.th/kmmf/download/> (สืบค้นวันที่ 31 มีนาคม 2555)

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ผลการทำ Pre-Test



รูปที่ ก.1 ลักษณะถ่านในอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าว 90% ถ่านจี้เลื่อย 10%



รูปที่ ก.2 ลักษณะถ่านในอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าว 80% ถ่านจี้เลื่อย 20%



รูปที่ ก.3 ลักษณะถ่านในอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าว 80% ถ่านขี้เลื่อย 20%



รูปที่ ก.4 ลักษณะถ่านในอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าว 60% ถ่านขี้เลื่อย 40%



รูปที่ ก.5 ลักษณะถ่านในอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าว 50% ถ่านจี้เลื่อย 50%



รูปที่ ก.6 ลักษณะถ่านในอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าว 40% ถ่านจี้เลื่อย 60%



รูปที่ ก.7 ลักษณะถ่านในอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าว 30% ถ่านขี้เลื่อย 70%



รูปที่ ก.8 ลักษณะถ่านในอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าว 20% ถ่านขี้เลื่อย 80%



รูปที่ ก.9 ลักษณะถ่านในอัตราส่วนถ่านกากมะพร้าว 10% ถ่านจี้เลื่อย 90%



รูปที่ ก.10 จี้เลื่อยที่เผาออกมาไม่สมบูรณ์



รูปที่ ก.11 กากมะพร้าวที่เผาออกมาไม่สมบูรณ์

ตัวอย่างถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านกะลามะพร้าว

อัตราส่วนผสมที่ 1 ถ่านกากมะพร้าว 90 เปอร์เซ็นต์ ต่อ ถ่านกะลามะพร้าว 10 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ ก.12 ไม่สามารถอัดเป็นแท่งถ่านได้

อัตราส่วนผสมที่ 2 ถ่านกากมะพร้าว 80 เปอร์เซ็นต์ ต่อ ถ่านกะลามะพร้าว 20 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ ก.13 ถ่านอัดแท่งมีลักษณะเป็นรอยร้าว และแตกหักได้ง่าย

อัตราส่วนผสมที่ 4 ถ่านกากมะพร้าว 70 เปอร์เซ็นต์ ต่อ ถ่านกะลามะพร้าว 30 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ ก.13 ถ่านมีลักษณะยึดเกาะกันเป็นแท่งได้ดี แต่มีรอยร้าวเล็กน้อย

อัตราส่วนผสมที่ 5 ถ่านกากมะพร้าว 60 เปอร์เซ็นต์ ต่อ ถ่านกะลามะพร้าว 40 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ ก.14 ถ่านมีลักษณะยึดเกาะเป็นแท่งได้ดี ผิวเรียบ

อัตราส่วนผสมที่ 6 ถ่านกากมะพร้าว 50 เปอร์เซ็นต์ ต่อ ถ่านกะลามะพร้าว 50 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ ก.15 ถ่านมีลักษณะขีดยัดเกาะเป็นแท่งได้ดี ผิวเรียบไม่มีรอยร้าว

อัตราส่วนผสมที่ 7 ถ่านกากมะพร้าว 40 เปอร์เซ็นต์ ต่อ ถ่านกะลามะพร้าว 60 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ ก.16 ถ่านมีลักษณะขีดยัดเกาะเป็นแท่งได้ดี มีรอยร้าวเล็กน้อย

อัตราส่วนผสมที่ 8 ถ่านกากมะพร้าว 30 เปอร์เซ็นต์ ต่อ ถ่านกะลามะพร้าว 70 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ ก.17 ถ่านมีลักษณะขีดยกเกาะเป็นแท่งได้ดี แต่จะรอยร้าวเมื่อเริ่มแห้ง

อัตราส่วนผสมที่ 9 ถ่านกากมะพร้าว 20 เปอร์เซ็นต์ ต่อ ถ่านกะลามะพร้าว 80 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ ก.18 ถ่านมีลักษณะขีดยกเกาะได้ดี แต่จะเปราะแตกหักได้ง่าย

อัตราส่วนผสมที่ 10 ถ่านกากมะพร้าว 10 เปอร์เซ็นต์ ต่อ ถ่านกะลามะพร้าว 90 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ ก.19 ถ่านมีลักษณะขีดยกเกาะเป็นแท่งได้ไม่ดี เพราะและแตกหักมาก

ภาคผนวก ข

ผลการทดสอบและมาตรฐาน

ผลการทดสอบ ถ่านอัดแท่งกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย



คำขอบริการที่ ผทพ.12/55

ที่ ผทพ.พ. 156-164,173-02/55

หน้าที่ 1 ของ 2

รายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์

ให้แก่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การทดสอบ / วิเคราะห์ ถ่านอัดแท่ง

วิธีทดสอบ / วิเคราะห์ ASTM D 1762 and D 5865

ภาวะการทดสอบ / วิเคราะห์: อุณหภูมิ - °C ความชื้นสัมพัทธ์ - %

ผลการทดสอบ / วิเคราะห์

ตัวอย่าง	คุณสมบัติตามสภาพนำส่ง				
	ความชื้น (%)	สารระเหย (%)	ถ่านคงตัว (%)	เถ้า (%)	ค่าความร้อน (กิโลแคลอรี/กก.)
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าว:ถ่านขี้เลื่อย 70:30	6.2	32.4	43.3	18.1	5,230
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าว:ถ่านขี้เลื่อย 50:50	6.9	39.4	46.3	7.4	5,310
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าว:ถ่านขี้เลื่อย 30:70	5.3	38.2	49.9	6.6	5,790
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าว:ถ่านไม้ 70:30	11.0	17.7	37.7	33.6	3,780
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าว:ถ่านไม้ 50:50	5.0	37.4	23.3	34.3	3,820
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าว:ถ่านไม้ 30:70	5.0	35.2	25.4	34.4	3,900
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าว:ถ่านกะลามะพร้าว 70:30	6.5	41.2	41.7	10.6	5,340
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าว:ถ่านกะลามะพร้าว 50:50	6.6	38.3	36.6	18.5	4,770
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าว:ถ่านกะลามะพร้าว 30:70	5.1	37.3	47.4	10.2	5,610
ถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ	12.8	17.7	33.3	36.2	3,420

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

๓๕ หมู่ ๓ ถนนพหลโยธิน ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี ๑๒๑๒๐๐
 โทร. (๐๒) ๐ ๒๕๑๙ ๙๐๐๐ โทรสาร ๐ ๒๕๑๙ ๙๐๐๙
 E-mail : bistr@bistr.or.th Website : www.bistr.or.th

FM-ETD-21



คำขอใบรับรองที่ ผทพ.12/55

ที่ ผทพ.พ. 156-164,173-02/55

หน้าที่ 2 ของ 2

ตัวอย่าง	คุณสมบัติตามสภาพน้ำหนักแห้ง				
	ความชื้น (%)	สารระเหย (%)	อานคงตัว (%)	เถ้า (%)	ค่าความร้อน (กิโลแคลอรี/กก.)
อานอัดแท่งจากอานกากมะพร้าว:อานขี้เลื่อย 70:30	-	34.6	46.1	19.3	5,570
อานอัดแท่งจากอานกากมะพร้าว:อานขี้เลื่อย 50:50	-	42.3	49.7	8.0	5,700
อานอัดแท่งจากอานกากมะพร้าว:อานขี้เลื่อย 30:70	-	40.3	52.7	7.0	6,110
อานอัดแท่งจากอานกากมะพร้าว:อานไม้ 70:30	-	19.9	42.3	37.8	4,250
อานอัดแท่งจากอานกากมะพร้าว:อานไม้ 50:50	-	39.4	24.5	36.1	4,030
อานอัดแท่งจากอานกากมะพร้าว:อานไม้ 30:70	-	37.1	26.7	36.2	4,100
อานอัดแท่งจากอานกากมะพร้าว:อานกะลามะพร้าว 70:30	-	44.1	44.5	11.4	5,710
อานอัดแท่งจากอานกากมะพร้าว:อานกะลามะพร้าว 50:50	-	41.0	39.2	19.8	5,110
อานอัดแท่งจากอานกากมะพร้าว:อานกะลามะพร้าว 30:70	-	39.3	49.9	10.8	5,910
อานอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ	-	20.3	38.2	41.5	3,930

ผู้ทดสอบ / วิเคราะห์

- 1.
2. ดินนีย์ สอนงค์

ผู้ตรวจสอบ

(ดร.วีรชัย สุนทรรังสรรค์)

ผู้รับรอง

(นางรมณีย์ หวังศิรธรรม)
รักษาราชการในตำแหน่ง

ผู้อำนวยการ ฝ่ายนิเทศนโยบาย

วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2555

ผลการทดสอบ/วิเคราะห์นี้ รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบ / วิเคราะห์เท่านั้น
ห้ามนำผลการทดสอบ / วิเคราะห์ ไปโฆษณาโดยมิได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจาก วว.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
เลขที่ ๑๓ ถนนอินทร์ ๓๓๓๓๓ กรุงเทพฯ ๑๐๑๓๐
โทร. (๐๒) ๕๒๕๕๕-๕๐๐๐ โทรสาร ๐๒๕๕๕-๕๐๐๐
E-mail : bistr@istr.or.th Website : www.istr.or.th

FM-ETD-21



คำขอบริการที่ ผทพ.24/55

ที่ ผทพ.พ. 239-244-03/55

หน้าที่ 1 ของ 2

รายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์

ให้แก่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การทดสอบ / วิเคราะห์ ถ่านอัดแท่ง

วิธีทดสอบ / วิเคราะห์ ASTM D 1762 and D 5865

ภาวะการทดสอบ / วิเคราะห์: อุณหภูมิ - °C ความชื้นสัมพัทธ์ - %

ผลการทดสอบ / วิเคราะห์

ตัวอย่าง	คุณสมบัติตามสภาพน้ำสั่ง				
	ความชื้น (%)	สารระเหย (%)	ถ่านคงตัว (%)	เถ้า (%)	ค่าความร้อน (กิโลแคลอรี/กก.)
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านขี้เลื่อย 60:40	5.7	34.7	46.5	13.1	5,470
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านขี้เลื่อย 40:60	5.9	38.6	50.1	5.4	5,770
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านกะลามะพร้าว 60:40	7.3	41.5	41.5	9.7	5,340
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านกะลามะพร้าว 40:60	6.0	38.9	47.8	7.3	5,750
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านไม้ 60:40	10.5	18.1	34.7	36.7	3,280
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านไม้ 40:60	5.9	36.3	30.5	27.3	3,970

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

๓๕ หมู่ ๓ ถนนพหลโยธิน ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี ๑๒๑๒๐
 โทร. (๐๒) ๐ ๒๕๗๗ ๙๐๐๐ โทรสาร ๐ ๒๕๗๗ ๙๐๐๙
 E-mail : tistr@tistr.or.th Website : www.tistr.or.th

FM-ETD-21



วว.

คำขอบริการที่ ฝทพ.24/55

ที่ ฝทพ.พ. 239-244-03/55

หน้าที่ 2 ของ 2

ตัวอย่าง	คุณสมบัติตามสภาพน้ำหนักแห้ง				
	ความชื้น (%)	สารระเหย (%)	ถ่านคงตัว (%)	เถ้า (%)	ค่าความร้อน (กิโลแคลอรี/กก.)
ถ่านอัดแท่งจากถ่านากมะพร้าวผสมถ่านขี้เลื่อย 60:40	-	36.8	49.3	13.9	5,790
ถ่านอัดแท่งจากถ่านากมะพร้าวผสมถ่านขี้เลื่อย 40:60	-	41.1	53.2	5.7	6,130
ถ่านอัดแท่งจากถ่านากมะพร้าวผสมถ่านกะลามะพร้าว 60:40	-	44.8	44.8	10.4	5,760
ถ่านอัดแท่งจากถ่านากมะพร้าวผสมถ่านกะลามะพร้าว 40:60	-	41.4	50.8	7.8	6,120
ถ่านอัดแท่งจากถ่านากมะพร้าวผสมถ่านไม้ 60:40	-	20.3	38.7	41.0	3,670
ถ่านอัดแท่งจากถ่านากมะพร้าวผสมถ่านไม้ 40:60	-	38.6	32.3	29.1	4,220

ผู้ทดสอบ / วิเคราะห์

1. ลินนี่
2. ปิยะพร

ผู้รับรอง

(ดร.ชนิส อูทิศธรรม)
รักษาการในตำแหน่ง

ผู้ตรวจสอบ

(ดร.วีรชัย สุนทรรังสรรค์)

ผู้อำนวยการ ฝ่ายเทคโนโลยีพลังงาน

วันที่ 5 เมษายน 2555

ผลการทดสอบ/วิเคราะห์นี้ รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบ / วิเคราะห์เท่านั้น
ห้ามนำผลการทดสอบ / วิเคราะห์ ไปโฆษณาโดยมิได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจาก วว.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

๓๕ หมู่ ๓ เทศบาลตำบล คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี ๑๒๑๒๐
โทร. (๐๒) ๐ ๒๕๗๗ ๕๐๐๐ โทรสาร ๐ ๒๕๗๗ ๕๐๐๕
E-mail : tistr@tistr.or.th Website : www.tistr.or.th

FM-ETD-21

ผลการทดสอบ ถ่านอัดแท่งจากมะพร้าวผสมไม้เบญจพรรณ



คำขอบริการที่ ฝทพ.12/55

ที่ ฝทพ.พ. 156-164,173-02/55

หน้าที่ 1 ของ 2

รายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์ ให้แก่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การทดสอบ / วิเคราะห์ ถ่านอัดแท่ง

วิธีทดสอบ / วิเคราะห์ ASTM D 1762 and D 5865

ภาวะการทดสอบ / วิเคราะห์: อุณหภูมิ - °C ความชื้นสัมพัทธ์ - %

ผลการทดสอบ / วิเคราะห์

ตัวอย่าง	คุณสมบัติตามสภาพนำส่ง				
	ความชื้น (%)	สารระเหย (%)	ถ่านคงตัว (%)	เถ้า (%)	ค่าความร้อน (กิโลแคลอรี/กก.)
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าว:ถ่านซีเลื่อย 70:30	6.2	32.4	43.3	18.1	5,230
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าว:ถ่านซีเลื่อย 50:50	6.9	39.4	46.3	7.4	5,310
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าว:ถ่านซีเลื่อย 30:70	5.3	38.2	49.9	6.6	5,790
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าว:ถ่านไม้ 70:30	11.0	17.7	37.7	33.6	3,780
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าว:ถ่านไม้ 50:50	5.0	37.4	23.3	34.3	3,820
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าว:ถ่านไม้ 30:70	5.0	35.2	25.4	34.4	3,900
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าว:ถ่านกะลามะพร้าว 70:30	6.5	41.2	41.7	10.6	5,340
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าว:ถ่านกะลามะพร้าว 50:50	6.6	38.3	36.6	18.5	4,770
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าว:ถ่านกะลามะพร้าว 30:70	5.1	37.3	47.4	10.2	5,610
ถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ	12.8	17.7	33.3	36.2	3,420

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

๓๕ หมู่ ๓ เขตในธานี ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี ๑๒๑๒๐
โทร. (๒๖) ๐ ๒๕๗๗ ๙๐๐๐ โทรสาร ๐ ๒๕๗๗ ๙๐๐๙
E-mail : tistr@tistr.or.th Website : www.tistr.or.th

FM-ETD-21



คำขอบริการที่ ศพท.12/55

ที่ ศพท.พ. 156-164,173-02/55

หน้าที่ 2 ของ 2

คุณสมบัติตามสภาพน้ำหนักแห้ง

ตัวอย่าง	ความชื้น (%)	สารระเหย (%)	อานคงตัว (%)	เถ้า (%)	ค่าความร้อน (กิโลแคลอรี/กก.)
อานอัดแท่งจากอานกากมะพร้าว:อานขี้เลื่อย 70:30	-	34.6	46.1	19.3	5,570
อานอัดแท่งจากอานกากมะพร้าว:อานขี้เลื่อย 50:50	-	42.3	49.7	8.0	5,700
อานอัดแท่งจากอานกากมะพร้าว:อานขี้เลื่อย 30:70	-	40.3	52.7	7.0	6,110
อานอัดแท่งจากอานกากมะพร้าว:อานไม้ 70:30	-	19.9	42.3	37.8	4,250
อานอัดแท่งจากอานกากมะพร้าว:อานไม้ 50:50	-	39.4	24.5	36.1	4,030
อานอัดแท่งจากอานกากมะพร้าว:อานไม้ 30:70	-	37.1	26.7	36.2	4,100
อานอัดแท่งจากอานกากมะพร้าว:อานกะลามะพร้าว 70:30	-	44.1	44.5	11.4	5,710
อานอัดแท่งจากอานกากมะพร้าว:อานกะลามะพร้าว 50:50	-	41.0	39.2	19.8	5,110
อานอัดแท่งจากอานกากมะพร้าว:อานกะลามะพร้าว 30:70	-	39.3	49.9	10.8	5,910
อานอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ	-	20.3	38.2	41.5	3,930

ผู้ทดสอบ / วิเคราะห์

- 1.
2. ดิฉัน ใจดี

ผู้ตรวจสอบ

(ดร.วีรชัย สุนทรรังสรรค์)

ผู้รับรอง

 (นางรมณี หวังศิธรรม)
 รักษาการในตำแหน่ง

ผู้อำนวยการ ฝ่ายเทคโนโลยีพลังงาน

วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2555

ผลการทดสอบ/วิเคราะห์นี้ รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบ / วิเคราะห์เท่านั้น
 ห้ามนำผลการทดสอบ / วิเคราะห์ ไปโฆษณาโดยมิได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจาก วว.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

๓๕ หมู่ ๓ เขตในธานี ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี ๑๒๑๒๐
 โทร. (๒๖) ๐ ๒๕๑๑ ๙๐๐๐ โทรสาร ๐ ๒๕๑๑ ๙๐๐๑
 E-mail : tistr@tistr.or.th Website : www.tistr.or.th

FM-ETD-21



คำขอบริการที่ ผทพ.24/55

ที่ ผทพ.พป. 239-244-03/55

หน้าที่ 1 ของ 2

รายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์

ให้แก่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การทดสอบ / วิเคราะห์ ด้านอัดแท่ง

วิธีทดสอบ / วิเคราะห์ ASTM D 1762 and D 5865

ภาวะการทดสอบ / วิเคราะห์: อุณหภูมิ - °C ความชื้นสัมพัทธ์ - %

ผลการทดสอบ / วิเคราะห์

ตัวอย่าง	คุณสมบัติตามสภาพนำส่ง				
	ความชื้น (%)	สารระเหย (%)	อานคงตัว (%)	เถ้า (%)	ค่าความร้อน (กิโลแคลอรี/กก.)
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านขี้เลื่อย 60:40	5.7	34.7	46.5	13.1	5,470
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านขี้เลื่อย 40:60	5.9	38.6	50.1	5.4	5,770
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านกะลามะพร้าว 60:40	7.3	41.5	41.5	9.7	5,340
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านกะลามะพร้าว 40:60	6.0	38.9	47.8	7.3	5,750
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านไม้ 60:40	10.5	18.1	34.7	36.7	3,280
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านไม้ 40:60	5.9	36.3	30.5	27.3	3,970

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

๓๕ หมู่ ๓ เทศบาลตำบล คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี ๑๒๑๒๐
 โทร. (๐๖) ๐ ๒๕๗๗ ๙๐๐๐ โทรสาร ๐ ๒๕๗๗ ๙๐๐๙
 E-mail : tistr@tistr.or.th Website : www.tistr.or.th

FM-ETD-21



คำขอบริการที่ ศพพ.24/55

ที่ ศพพ.พป. 239-244-03/55

หน้าที่ 2 ของ 2

ตัวอย่าง	คุณสมบัติตามสภาพน้ำหนักแห้ง				
	ความชื้น (%)	สารระเหย (%)	ถ่านคงตัว (%)	เถ้า (%)	ค่าความร้อน (กิโลแคลอรี/กก.)
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านขี้เลื่อย 60:40	-	36.8	49.3	13.9	5,790
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านขี้เลื่อย 40:60	-	41.1	53.2	5.7	6,130
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านกะลามะพร้าว 60:40	-	44.8	44.8	10.4	5,760
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านกะลามะพร้าว 40:60	-	41.4	50.8	7.8	6,120
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านไม้ 60:40	-	20.3	38.7	41.0	3,670
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านไม้ 40:60	-	38.6	32.3	29.1	4,220

ผู้ทดสอบ / วิเคราะห์

1. สินี
2. ปิยธรร

ผู้รับรอง


(ดร.ชนิส อภิสิทธิ์ธรรม)
รักษาราชการในตำแหน่ง

ผู้ตรวจสอบ



(ดร.วิรัช สุนทรรังสรรค์)

ผู้อำนวยการ ฝ่ายเทคโนโลยีพลังงาน

วันที่ 5 เมษายน 2555

ผลการทดสอบ/วิเคราะห์นี้ รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบ / วิเคราะห์เท่านั้น
ห้ามนำผลการทดสอบ / วิเคราะห์ ไปโฆษณาโดยมิได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจาก วว.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

๓๕ หมู่ ๓ เทศบาลตำบล คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี ๑๒๑๒๐
โทร. (๐๖) ๐ ๒๕๗๗ ๙๐๐๐ โทรสาร ๐ ๒๕๗๗ ๙๐๐๙
E-mail : tistr@tistr.or.th Website : www.tistr.or.th

FM-ETD-21

ผลการทดสอบ ถ่านอัดแท่งจากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าว



คำขอบริการที่ ผทพ.12/55

ที่ ผทพ.พ. 156-164,173-02/55

หน้าที่ 1 ของ 2

รายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์

ให้แก่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การทดสอบ / วิเคราะห์ ถ่านอัดแท่ง

วิธีทดสอบ / วิเคราะห์ ASTM D 1762 and D 5865

ภาวะการทดสอบ / วิเคราะห์: อุณหภูมิ - °C ความชื้นสัมพัทธ์ - %

ผลการทดสอบ / วิเคราะห์

ตัวอย่าง	คุณสมบัติตามสภาพนำส่ง				
	ความชื้น (%)	สารระเหย (%)	ถ่านคงตัว (%)	เถ้า (%)	ค่าความร้อน (กิโลแคลอรี/กก.)
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าว:ถ่านซีเลื่อย 70:30	6.2	32.4	43.3	18.1	5,230
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าว:ถ่านซีเลื่อย 50:50	6.9	39.4	46.3	7.4	5,310
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าว:ถ่านซีเลื่อย 30:70	5.3	38.2	49.9	6.6	5,790
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าว:ถ่านไม้ 70:30	11.0	17.7	37.7	33.6	3,780
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าว:ถ่านไม้ 50:50	5.0	37.4	23.3	34.3	3,820
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าว:ถ่านไม้ 30:70	5.0	35.2	25.4	34.4	3,900
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าว:ถ่านกะลามะพร้าว 70:30	6.5	41.2	41.7	10.6	5,340
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าว:ถ่านกะลามะพร้าว 50:50	6.6	38.3	36.6	18.5	4,770
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าว:ถ่านกะลามะพร้าว 30:70	5.1	37.3	47.4	10.2	5,610
ถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ	12.8	17.7	33.3	36.2	3,420

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

๓๕ หมู่ ๓ เขตปทุมธานี ด.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี ๑๒๑๒๐๐
โทร. (๐๒) ๐ ๒๕๗๗ ๙๐๐๐ โทรสาร ๐ ๒๕๗๗ ๙๐๐๙
E-mail : tistr@tistr.or.th Website : www.tistr.or.th

FM-ETD-21



คำขอบริการที่ ผทพ.12/55 ที่ ผทพ.พ. 156-164,173-02/55
หน้าที่ 2 ของ 2

ตัวอย่าง	คุณสมบัติตามสภาพน้ำหนักแห้ง				
	ความชื้น (%)	สารระเหย (%)	อานคงตัว (%)	เถ้า (%)	ค่าความร้อน (กิโลแคลอรี/กก.)
อานอัดแท่งจากอานกากมะพร้าว:อานขี้เลื่อย 70:30	-	34.6	46.1	19.3	5,570
อานอัดแท่งจากอานกากมะพร้าว:อานขี้เลื่อย 50:50	-	42.3	49.7	8.0	5,700
อานอัดแท่งจากอานกากมะพร้าว:อานขี้เลื่อย 30:70	-	40.3	52.7	7.0	6,110
อานอัดแท่งจากอานกากมะพร้าว:อานไม้ 70:30	-	19.9	42.3	37.8	4,250
อานอัดแท่งจากอานกากมะพร้าว:อานไม้ 50:50	-	39.4	24.5	36.1	4,030
อานอัดแท่งจากอานกากมะพร้าว:อานไม้ 30:70	-	37.1	26.7	36.2	4,100
อานอัดแท่งจากอานกากมะพร้าว:อานกะลามะพร้าว 70:30	-	44.1	44.5	11.4	5,710
อานอัดแท่งจากอานกากมะพร้าว:อานกะลามะพร้าว 50:50	-	41.0	39.2	19.8	5,110
อานอัดแท่งจากอานกากมะพร้าว:อานกะลามะพร้าว 30:70	-	39.3	49.9	10.8	5,910
อานอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ	-	20.3	38.2	41.5	3,930

ผู้ทดสอบ / วิเคราะห์

- 1.
2. ฉันทน์ สอนงค์

ผู้ตรวจสอบ

(**ดร.วีรชัย สุนทรรังสรรค์**)

ผู้รับรอง

(นางรมณีย์ ทวีศักดิ์ธรรม)

รักษาราชการในตำแหน่ง

ผู้อำนวยการ ฝ่ายเทคโนโลยีพลังงาน

วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2555

ผลการทดสอบ/วิเคราะห์นี้ รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบ / วิเคราะห์เท่านั้น
ห้ามนำผลการทดสอบ / วิเคราะห์ ไปโฆษณาโดยมิได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจาก วว.



คำขอปรึการที่ ฝทพ.24/55

ที่ ฝทพ.พ. 239-244-03/55

หน้าที 1 ของ 2

รายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์ ให้แก่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การทดสอบ / วิเคราะห์ ถ่านอัดแท่ง

วิธีทดสอบ / วิเคราะห์ ASTM D 1762 and D 5865

ภาวะการทดสอบ / วิเคราะห์: อุณหภูมิ - °C ความชื้นสัมพัทธ์ - %

ผลการทดสอบ / วิเคราะห์

ตัวอย่าง	คุณสมบัติตามสภานำส่ง				
	ความชื้น (%)	สารระเหย (%)	ถ่านคงตัว (%)	เถ้า (%)	ค่าความร้อน (กิโลแคลอรี/กก.)
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านขี้เลื่อย 60:40	5.7	34.7	46.5	13.1	5,470
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านขี้เลื่อย 40:60	5.9	38.6	50.1	5.4	5,770
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านกะลามะพร้าว 60:40	7.3	41.5	41.5	9.7	5,340
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านกะลามะพร้าว 40:60	6.0	38.9	47.8	7.3	5,750
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านไม้ 60:40	10.5	18.1	34.7	36.7	3,280
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านไม้ 40:60	5.9	36.3	30.5	27.3	3,970

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

๓๕ หมู่ ๓ เทคโนโลยีธานี ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี ๑๒๑๒๐
 โทร. (๐๒) ๐ ๒๕๗๗ ๙๐๐๐ โทรสาร ๐ ๒๕๗๗ ๙๐๐๙
 E-mail : tistr@tistr.or.th Website : www.tistr.or.th

FM-ETD-21



คำขอบริการที่ ผทพ.24/55

ที่ ผทพ.พ. 239-244-03/55

หน้าที่ 2 ของ 2

ตัวอย่าง	คุณสมบัติตามสภาพน้ำหนักแห้ง				
	ความชื้น (%)	สารระเหย (%)	ถ่านคงตัว (%)	เถ้า (%)	ค่าความร้อน (กิโลแคลอรี/กก.)
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านขี้เลื่อย 60:40	-	36.8	49.3	13.9	5,790
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านขี้เลื่อย 40:60	-	41.1	53.2	5.7	6,130
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านกะลามะพร้าว 60:40	-	44.8	44.8	10.4	5,760
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านกะลามะพร้าว 40:60	-	41.4	50.8	7.8	6,120
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านไม้ 60:40	-	20.3	38.7	41.0	3,670
ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวผสมถ่านไม้ 40:60	-	38.6	32.3	29.1	4,220

ผู้ทดสอบ / วิเคราะห์

1. สินี
2. นิยดา

ผู้รับรอง


(ดร.เจนส อภิธรรม)
รักษาดำเนินตำแหน่ง

ผู้ตรวจสอบ



(ดร.วีรชัย สุนทรรังสรรค์)

ผู้อำนวยการ ฝ่ายเทคโนโลยีพลังงาน

วันที่ 5 เมษายน 2555

ผลการทดสอบ/วิเคราะห์นี้ รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบ / วิเคราะห์เท่านั้น
ห้ามนำผลการทดสอบ / วิเคราะห์ ไปโฆษณาโดยมิได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจาก วว.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

๓๕ หมู่ ๓ เขตในธานี ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี ๑๒๑๒๐
โทร. (๐๒) ๐ ๒๕๗๗ ๕๐๐๐ โทรสาร ๐ ๒๕๗๗ ๕๐๐๕
E-mail : tistr@tistr.or.th Website : www.tistr.or.th

FM-ETD-21

มผช.๒๓๘/๒๕๕๗

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง

๑. ขอบข่าย

- ๑.๑ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะถ่านอัดแท่งที่ทำจากถ่านผงหรือถ่านเม็ดมาอัดเป็นแท่ง หรือทำจากวัสดุธรรมชาติมาอัดเป็นแท่งแล้วเผาจนเป็นถ่าน

๒. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

- ๒.๑ ถ่านอัดแท่ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม ชังข้าวโพด มาเผาจนเป็นถ่าน อาจนำมาบดเป็นผงหรือเม็ดแล้วอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการ หรือนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น แกลบ ชีเสื่อย 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 ๘ โดยน้ำหนัก
- ๓.๔ ค่าความร้อน
ต้องไม่น้อยกว่า ๕ ๐๐๐ แคลอรีต่อกรัม

๔. การบรรจุ

- ๔.๑ หากมีการบรรจุ ให้บรรจุถ่านอัดแท่งในภาชนะบรรจุที่สะอาด แท่ง และสามารถป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับถ่านอัดแท่งได้
- ๔.๒ น้ำหนักสุทธิของถ่านอัดแท่งในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

มผช.๒๓๘/๒๕๕๗

๕. เครื่องหมายและฉลาก

- ๕.๑ ที่ฉลากหรือภาชนะบรรจุภัณฑ์ทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน
- (๑) ชื่อผลิตภัณฑ์
 - (๒) ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำ
 - (๓) น้ำหนักสุทธิ
 - (๔) เดือน ปีที่ทำ
 - (๕) ข้อแนะนำในการใช้
 - (๖) ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน
- ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

๖. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

- ๖.๑ รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ถ่านอัดแท่งที่ทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน
- ๖.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้
- ๖.๒.๑ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวนไม่น้อยกว่า ๓ กิโลกรัม เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่าง ต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๑ ข้อ ๔. และข้อ ๕. จึงจะถือว่าถ่านอัดแท่งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด
 - ๖.๒.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบการใช้งาน ความชื้น และค่าความร้อน ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ ๖.๒.๑ แล้ว จำนวนไม่น้อยกว่า ๓ กิโลกรัม เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่าง ต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๒ ถึงข้อ ๓.๔ จึงจะถือว่าถ่านอัดแท่งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด
- ๖.๓ เกณฑ์ตัดสิน
- ตัวอย่างถ่านอัดแท่งต้องเป็นไปตามข้อ ๖.๒.๑ และข้อ ๖.๒.๒ ทุกข้อ จึงจะถือว่าถ่านอัดแท่งรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

๗. การทดสอบ

- ๗.๑ การทดสอบลักษณะทั่วไป ภาชนะบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก
- ให้ตรวจพินิจ
- ๗.๒ การทดสอบการใช้งาน
- ให้ทดสอบโดยการจุดตัวอย่างถ่านอัดแท่ง แล้วตรวจพินิจ
- ๗.๓ การทดสอบความชื้น
- ให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D 3173

มผช.๒๓๘/๒๕๕๗

- ๗.๕ การทดสอบค่าความร้อน
ให้ใช้อัตตสอบตาม ASTM D 5865
- ๗.๕ การทดสอบน้ำหนักสุทธิ
ให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม
-

การทดสอบคุณภาพของถ่านอัดแท่งตามมาตรฐาน ASTM

การทดสอบคุณภาพถ่านอัดแท่ง เป็นการตรวจสอบว่าถ่านอัดแท่งนั้นมีสมบัติเป็นอย่างไร สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ดีหรือไม่หรือนำไปใช้ประโยชน์อื่นตามคุณภาพของเชื้อเพลิงนั้นๆ การวิเคราะห์ทดสอบคุณภาพตามข้อกำหนดของผู้ใช้ในด้านต่าง ๆ จะทำให้ทราบถึงคุณภาพของถ่านอัดแท่งนั้นๆ การทดสอบคุณภาพถ่านอัดแท่งโดยมีการวิเคราะห์หาค่าต่าง ๆ ดังนี้

1 **การวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate analysis)** ได้แก่ การหาปริมาณความชื้น เถ้า สารระเหย และคาร์บอนคงตัว

2 **การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุ (Ultimate analysis)** ได้แก่ การหาปริมาณ คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน ออกซิเจน กำมะถัน และเถ้า

3 **วิเคราะห์หาค่าความร้อน (Heating value)** การวิเคราะห์ทดสอบเรื่องถ่านจะมีวิธีทดสอบตามมาตรฐาน เช่น ASTM (American Society for Testing and Material) มาตรฐาน ASTM นี้จะมีการปรับปรุงหรือเพิ่มวิธีใหม่ ๆ อยู่เสมอ โดยมีการจัดพิมพ์ใหม่ทุกปี ในมาตรฐานจะกำหนดเรื่องเครื่องมือ การเตรียมตัวอย่าง สารเคมี วิธีวิเคราะห์ทดสอบ และการคำนวณไว้อย่างละเอียด นอกจากนี้มาตรฐานยังมีการกำหนดเกณฑ์ที่ยอมรับได้ของผลการวิเคราะห์ทดสอบ กรณีที่ทดสอบโดยห้องปฏิบัติการเดียวกัน หรือต่างห้องปฏิบัติการไว้เป็น 2 แบบ ดังนี้

- **Repeatability** เป็นค่ากำหนดของความแตกต่างที่เกิดขึ้นเมื่อทำ การทดลองซ้ำสองครั้ง โดยใช้ตัวอย่างเดียวกัน เครื่องมือเดียวกัน โดยบุคคลเดียวกัน
- **Reproducibility** เป็นค่ากำหนดของความแตกต่างที่เกิดขึ้นเมื่อทำ การทดลองซ้ำสองครั้งโดยใช้ตัวอย่างเดียวกันแต่ใช้เครื่องมือ ห้องปฏิบัติการและบุคคลที่ทดสอบต่างกันในการบ่งชี้คุณภาพของถ่านหิน จะต้องมีการวิเคราะห์คุณภาพในรายการต่างๆ มาประกอบกันวิเคราะห์เพียงบางรายการบางครั้งก็ไม่สามารถบ่งชี้คุณภาพได้ นอกจากนี้ในการรายงานผลจำเป็นต้องกำหนดสภาพตัวอย่างของถ่านหินขณะวิเคราะห์ทดสอบด้วย และการเปรียบเทียบคุณภาพจำเป็นต้องเปรียบเทียบผลจากการทดสอบในสภาพตัวอย่างที่เหมือนกัน

ตามมาตรฐาน ASTM D 3180 ได้กำหนดสภาพของตัวอย่างพร้อมวิธีการการคำนวณโดยรายงานค่าตามสภาพต่างๆ ดังนี้

As-received basis เป็นค่าที่คำนวณจากตัวอย่างที่มีความชื้นตามสภาพของตัวอย่างที่ห้องปฏิบัติการได้รับ โดยไม่ผ่านขบวนการเตรียมตัวหรือขบวนการอื่น

As-determined basis เป็นค่าที่คำนวณได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างที่ผ่านการเตรียมตัวอย่าง และมีความชื้นอยู่เท่ากับขณะที่ทดสอบ

Dry basis เป็นค่าที่คำนวณได้จากตัวอย่างปราศจากความชื้น โดยการนำค่าความชื้นที่วิเคราะห์ตาม ASTM D 3173 มาแปลงค่าจาก as-determined basis ไปเป็น Dry basis

Dry, ash-free basis เป็นค่าที่คำนวณจากตัวอย่างที่ปราศจากความชื้นและเถ้า โดยการนำค่าความชื้นที่วิเคราะห์ตาม ASTM D 3173 และเถ้าตาม ASTM D 3174 มาแปลงค่าจาก as-determined basis ไปเป็นสภาพdry, ash-free basis

1 การวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate analysis)

1.1 ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Carbon stable) ตามมาตรฐาน ASTM D 3172 เป็นค่าที่แสดงถึงส่วนที่เผาไหม้ได้ของถ่านหลังจากที่กำจัดความชื้น สารระเหย และเถ้าออกมาแล้ว ซึ่งหาได้โดยนำปริมาณความชื้น เถ้า สารระเหย ลบออกมาจาก 100 และทั้งนี้ทุกค่าต้องอยู่ในสภาวะความชื้นเดียวกัน จะหาได้จากการคูณสมการ

$$\begin{aligned} \text{เปอร์เซ็นต์คาร์บอนคงตัว} = 100 - (\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} + \text{เปอร์เซ็นต์สารระเหย} \\ + \text{เปอร์เซ็นต์เถ้า}) \end{aligned}$$

1.2 ปริมาณความชื้น (Moisture content) ตามมาตรฐาน ASTM D 3173 ค่าปริมาณความชื้นของถ่านวิเคราะห์ตาม ASTM D 3173 โดยให้ความร้อนกับถ่าน 1 กรัม ที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส และคำนวณเป็นร้อยละของน้ำหนักที่หายไป คำนี้นี้ถือว่าสำคัญมากโดยเฉพาะในด้านการซื้อขาย เพราะส่วนใหญ่โดยเปรียบเทียบคุณภาพจากถ่านที่แห้ง ฉะนั้นจำเป็นต้องใช้ค่าความชื้นไปคำนวณค่าอื่นๆของถ่านให้อยู่ในสภาพตัวอย่างที่แห้ง (dry basis)หาปริมาณความชื้นโดยการบดถ่านให้มีขนาด 250 ไมโครเมตรชั่งถ่าน 1 กรัมใส่ลงในภาชนะทนความร้อนแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นตัวในโถดูดความชื้น เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำมาชั่งน้ำหนักส่วนที่เหลือ แล้วคำนวณหาปริมาณความชื้น

สูตรการคำนวณ

$$M = (W_1 - W_2) / W * 100$$

M = ร้อยละของปริมาณความชื้น

W_1 = น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_2 = น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

1.3 ปริมาณเถ้า (Ash content) ตามมาตรฐาน ASTM D 3174 เถ้าเป็นปริมาณสารอนินทรีย์ที่คงเหลืออยู่หลังจากการเผาไหม้ของถ่าน แต่เถ้าที่ได้นี้จะต่างจากองค์ประกอบของสารอนินทรีย์ที่ปรากฏอยู่ในสารตั้งต้น ซึ่งมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงสารเคมีที่เกิดขึ้นภายในตัวแร่ธาตุ ได้แก่ การสูญเสียน้ำเนื่องจากการเกิดผลึกของแร่ธาตุที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ การสูญเสียคาร์บอนไดออกไซด์จากคาร์บอนเนต การเกิดออกซิเดชันของไพไรต์ (FeS_2) เป็นเหล็กออกไซด์ (Ferric Oxide) ปริมาณเถ้ามีความสำคัญเนื่องจากมีผลในการลดค่าความร้อนของถ่าน และยังเกี่ยวข้องกับค่าการเผาไหม้ของถ่านอีกด้วย วิธีการวิเคราะห์ปริมาณเถ้าตาม ASTM D 3174 ทำโดยการเผาตัวอย่างถ่านอัดแท่ง 1 กรัม ที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส และคำนวณหาร้อยละของน้ำหนักที่ยังคงเหลืออยู่

สูตรการคำนวณ

$$M = (W_3 - W_4) / W * 100$$

M = ร้อยละของปริมาณเถ้า

W_3 = น้ำหนักถ้วยและเถ้าของตัวอย่างหลังเผา (กรัม)

W_4 = น้ำหนักถ้วย (กรัม)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

1.4 ปริมาณสารระเหย (Volatile content) ตามมาตรฐาน ASTM D 3175 สารระเหยเป็นองค์ประกอบของถ่านที่มีลักษณะเป็นก๊าซเมื่อนำถ่านมาเผาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6-7 นาที และคำนวณร้อยละของน้ำหนักที่หายไปลบด้วยความชื้น สารระเหยที่ถูกปลดปล่อย

ออกมาโดยมากจะเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ไฮโดรเจน น้ำ และสารระเหยจากทาร์ (Tar) ซึ่งอยู่กับโครงสร้างทางอินทรีย์ของถ่านนั้นๆ วิธีการวิเคราะห์ปริมาณสารระเหยตามมาตรฐาน ASTM D 3175 ทำโดยการบดถ่านอัดแท่งให้มีขนาด 250 ไมโครเมตร ชั่งถ่านอัดแท่ง 1 กรัม ใส่ลงในภาชนะทนความร้อนสูงพร้อมฝาปิด ไปเผาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccators) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักส่วนที่เหลือ แล้วคำนวณหาปริมาณสารระเหย

สูตรการคำนวณ

$$V = (W_5 - W_6) / W * 100 - M$$

V = ร้อยละของปริมาณสารระเหย

M = ร้อยละของปริมาณความชื้น

W_5 = น้ำหนักของ เบ้าหลอม พร้อมฝา และตัวอย่างก่อนเผา

W_6 = น้ำหนักของ เบ้าหลอม พร้อมฝา และตัวอย่างหลังเผา

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

2 การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุ (Ultimate analysis)

เป็นการหาปริมาณคาร์บอนไฮโดรเจน กำมะถัน ไนโตรเจน ออกซิเจน และเถ้า โดยปริมาณของออกซิเจนคำนวณได้จากการนำค่าคาร์บอนไฮโดรเจน กำมะถัน ไนโตรเจน และเถ้าลบออกจาก 100 คาร์บอนไฮโดรเจน และไนโตรเจน (ASTM D 5373) วิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และไนโตรเจน (CHN Analyzer) ตาม ASTM D 5373 โดยการเผาถ่านในบรรยากาศของออกซิเจน ซึ่งได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) และน้ำ โดยที่ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) จะถูกรีดิวซ์ เป็นก๊าซไนโตรเจน เป็นก๊าซไนโตรเจน (N₂) จากนั้นปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และไอน้ำจะถูกคำนวณเป็นปริมาณของคาร์บอนและไฮโดรเจน โดยมี อินฟราเรดสเปกโตรสโคปีเซลล์ (IR Infrared Cells) เป็นตัวตรวจจับ สำหรับก๊าซไนโตรเจน (N₂) จะถูกตรวจสอบโดย TC (Thermal conductivity) แล้วคำนวณเป็นปริมาณไนโตรเจน ปฏิกิริยาของการเกิดสารประกอบเคมีเมื่อเผาตัวอย่างถ่านอัดแท่งในบรรยากาศของออกซิเจนอธิบายได้ดังต่อไปนี้

2.1 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO₂) เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารคาร์บอนอินทรีย์ (Organic carbon) ธาตุคาร์บอนอิสระจากการสลายตัวของคาร์บอเนต (Carbonate mineral)

2.2 น้ำเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไฮโดรเจนในรูปสารอินทรีย์ (Organic hydrogen) รวมความชื้นและน้ำในโครงสร้างของถ่านนั้นๆ

2.3 ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) ได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารไนโตรเจนอินทรีย์และการสลายตัวของไนเตรท ปริมาณของคาร์บอนไฮโดรเจนมีประโยชน์ในการคำนวณหาปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ต้องการใช้ในขบวนการเผาไหม้ถ่านหิน ประสิทธิภาพของเตาเผาและใช้ในการคำนวณมวลสมดุล (Material balance) เพื่อนำไปประเมินค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ สำหรับปริมาณไนโตรเจนจะใช้ในการประเมินไนโตรเจนออกไซด์ที่จะเกิดขึ้นจากการเผาถ่าน เพราะเป็นสารที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

2.4 กำมะถัน กำมะถันเป็นธาตุที่น่าสนใจเพราะสามารถประเมินคุณภาพของถ่าน และปริมาณสารประกอบกำมะถันที่จะปลดปล่อยออกมาจากการเผาไหม้ถ่านซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การหาปริมาณกำมะถันทำได้โดยวิธี ASTM D 3177 มี 2 แบบ คือ

2.4.1 Eschka method โดยนำส่วนผสมของถ่านและ Eschka's mixture ไปเผาให้หลอมละลายแล้วนำไปต้มให้ละลายแล้วกรอง นำสารละลายที่ได้ไปตกตะกอนเป็นแบเรียมซัลเฟต (Barium sulphate) กรองตะกอนที่ได้เผาซึ่งน้ำหนักแล้วคำนวณเป็นร้อยละของกำมะถันที่ได้

2.4.2 Bomb washing method ทำโดยการนำสารละลายจากเครื่องออกซิเจนบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ ไปตกตะกอนเป็นแบเรียมซัลเฟต (Barium sulphate) เช่นเดียวกับวิธีแรก

3 การวิเคราะห์หาค่าความร้อน (Heating value) ตามมาตรฐาน ASTM D 5865

การหาค่าความร้อนตามวิธี ASTM D 5865 เป็นการหาปริมาณความร้อนของถ่านโดยการเผาไหม้ของถ่านในเครื่องออกซิเจนบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ (Oxygen Bomb Calorimeter) ภายใต้สภาพของการควบคุม ซึ่งคำนวณเป็นกิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม, แคลอรีต่อกรัม, จูลต่อกรัม ค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของถ่านมี 2 แบบคือ

3.1 ค่าความร้อนขั้นต้น (Gross Calorific Value) เป็นค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ถ่านปริมาณ 1 หน่วยที่ปริมาตรคงที่ในเครื่องออกซิเจนบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ (Oxygen Bomb Calorimeter) ซึ่งภายใต้สภาวะนี้ น้ำที่เกิดจากปฏิกิริยาจะควบแน่นอยู่ในสถานะของเหลว

3.2 ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value) เป็นค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ถ่านปริมาณ 1 หน่วยที่ความดันคงที่คือ 1 บรรยากาศ ซึ่งภายใต้สภาวะเช่นนี้ปริมาณน้ำทั้งหมดยังอยู่ในสถานะของไอ

ภาคผนวก ก

เครื่องมือและเครื่องจักรที่ใช้ในการทำโครงการ



รูปที่ ค.1 เครื่องอัดถ่านแบบอัดสกรู



รูปที่ ค.2 เครื่องผสม



รูปที่ ค.3 เครื่องตัดถ่านตามขนาดเท่าๆกัน



รูปที่ ค.4 ที่ตากถ่านหลังจากอัดแล้ว



รูปที่ ค.5 ปิ้งที่ใช้เผาถ่านจากมะพร้าวและขี้เถ้า



รูปที่ ค.6 เตาอบ



รูปที่ ค.7 เครื่องทดสอบความร้อน



รูปที่ ค.8 เตาเผา



รูปที่ ค.9 เครื่องหาปริมาณเถ้า

ภาคผนวก ง
การเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ



สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร
ขอเรียนเชิญเข้าร่วมการสัมมนา

IE Network Conference 2012

การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2555
17 - 19 ตุลาคม 2555 ณ โรงแรมเมธาวลัย ชะอำ อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี

สาขาวิชาในการประชุม

1. Operations Research
2. Production and Operation Management
3. Work Study, Plant Layout, Safety Engineering and Ergonomics
4. Quality Management and Statistical Applications
5. Energy and Environmental Management
6. Materials, Production, and Manufacturing Engineering
7. Logistics and Supply Chain Management
8. Innovation Management and Industrial Technology Transfer
9. Maintenance Management
10. Engineering Economy and Cost Management
11. Others that Related to Industrial Engineering
12. Special Topic: ASEAN Economic Community

กำหนดการสำคัญ

เปิดรับบทคัดย่อ

ประกาศผลพิจารณาบทคัดย่อ

วันสุดท้ายของการส่งบทความฉบับสมบูรณ์

ประกาศผลพิจารณาบทความฉบับสมบูรณ์

วันสุดท้ายของการส่งบทความฉบับแก้ไข

การลงทะเบียนล่วงหน้า

ประชุมวิชาการ

14 ก.พ. - 30 เม.ย. 55

14 พ.ค. 55

30 มิ.ย. 55

31 ก.ค. 55

31 ส.ค. 55

1 ก.ค. - 31 ส.ค. 55

17-19 ต.ค. 55



มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM
สอบถามรายละเอียดเพิ่มเติม
ผศ.ดร.สุพัสสรา เกษราพงษ์, ผศ.ดร.วิศ. มณีศรี
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
โทรศัพท์: 0-2579-1111 (ข.315) และ ๙2177 โทรสาร: 0-2579-1111 (ข.2147)
เว็บไซต์: <http://ienetwork2012.spu.ac.th> อีเมล: ienetwork2012@spu.ac.th

การพัฒนาถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวเป็นพลังงานทดแทน

Development of Charcoal Briquette from Scrapped Coconut for Alternative Energy

ศิริชัย ต่อสกุล^{1*} กุณฑล ทองศรี² จงกล สุภารัตน์³

^{1,2,3} ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปทุมธานี 12110, E-mail: storsakul@yahoo.com^{*}

Sirichai Torsakul¹ Kunthon Thongsri² Chongkol Supharattana^{3*}

^{1,2,3} Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology

Thanyaburi, Phatumthani 12110

E-mail: storsakul@yahoo.com^{*}

บทคัดย่อ

การพัฒนาถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวได้แนวคิดจากคุณสมบัติของกากมะพร้าวที่เนื้อมะพร้าวมีน้ำมันงานวิจัยนี้จึงศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวที่เป็นส่วนผสมหลักมาผสมกับกะลามะพร้าว ขี้เลื่อย ถ่านไม้ เบนจพรรณ ในอัตราส่วนผสมที่ 70:30, 60:40, 50:50, 40:60 และ 30:70 โดยทำการอัดแท่งถ่านมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง รุกกลวง 1 เซนติเมตร ความยาว 12 เซนติเมตร และถ่านอัดแท่งรูปทรงกระบอกมีครึ่ง 5 ครีบริบรอบด้าน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร และมีการทดสอบคุณสมบัติค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ทดสอบปริมาณความชื้น และทดสอบระยะเวลาในการมอดดับของถ่านอัดแท่ง ผลการทดสอบพบว่าถ่านอัดแท่งกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวกับถ่านอัดแท่งกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยมีค่าความร้อนใกล้เคียงกันซึ่งมีค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน มผช. ที่กำหนดไว้ว่าถ่านอัดแท่งจะต้องมีค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 5,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม และพบว่าถ่านอัดแท่งกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวกับถ่านอัดแท่งกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยมีปริมาณความชื้นต่ำ ส่วนระยะเวลาในการมอดดับที่ใช้เวลานานที่สุด คือถ่านอัดแท่งกากมะพร้าวผสมไม้เบญจพรรณกับถ่านอัดแท่งกากมะพร้าวผสมถ่านไม้ ซึ่งระยะเวลาในการมอดดับจะแปรผกผันกับค่าความร้อนนั่นเองและอัตราส่วนผสมที่ให้ค่าความร้อนสูงคือกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าว, กากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยที่อัตราส่วน 30:70 ส่วนกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณที่อัตราส่วน 70:30 ซึ่งกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย, กะลามะพร้าวจะให้ค่าความร้อนที่สูงกว่ากากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณ และส่วนผสมที่ให้ปริมาณความชื้นต่ำคือ กากมะพร้าวผสม กะลามะพร้าว, ขี้เลื่อย, ถ่านไม้เบญจพรรณ ที่อัตราส่วนผสม 30:70 แล้วระยะเวลาในการมอดดับคือ ส่วนผสมกากมะพร้าวกับกะลามะพร้าว, ขี้เลื่อย, ถ่านไม้เบญจพรรณ ที่อัตราส่วน 70:30

คำหลัก ถ่านอัดแท่ง กากมะพร้าว ถ่านไม้ ขี้เลื่อย ไม้เบญจพรรณ กะลามะพร้าว

Abstract

The development of charcoal briquette from coconut meal was the idea derived the oil content in the coconut meal. This research studied the production of charcoal briquette by mixing the coconut meal, which was a main ingredient with coconut shell, saw dust, wooden charcoal at the mixing ration of 70:30, 60:40, 50:50, and 30:70. The charcoal briquette's

hold diameter was 1 centimeter and its length was 12 centimeter. The shape of charcoal briquette was a cylinder with 5 fins. The diameter of charcoal was 4 centimeter. The properties of briquette were analyzed according to ASTM to be in accordance with Thai Community Product Standard as well as humidity test, and the extinguish duration were tested. The test result revealed that charcoal briquette from coconut meal mixed with coconut shell and the charcoal briquette mixed with saw dust had similar calorific value which was higher than Thai Community Product Standard which stated that charcoal briquette shall not have less calorific value lower than 5,000 kilocalories per kilogram. In addition, it was found that charcoal briquette from coconut meal mixed with coconut shell and charcoal briquette mixed with saw dust's humidity were low. Charcoal briquette from coconut meal mixed with mixed wood and charcoal briquette from coconut meal mixed with wooden charcoal had the longest extinguish duration, which was inversely proportional to calorific value.

Keywords: Charcoal Briquette, Coconut Meal, Wooden Charcoal, Saw dust, Mixed Wood, Coconut Shell.

1. บทนำ

ในปัจจุบันมีความต้องการในการใช้พลังงานอย่างมาก ซึ่งพลังงานนั้นเป็นปัจจัยในการผลิตที่สำคัญในธุรกิจและในอุตสาหกรรม จึงได้จัดหาพลังงานเพื่อให้มีปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการในการใช้งาน แต่ในปัจจุบันนี้มีการสูญเสียพลังงานเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากคนเรานั้นจะเลยและมองข้ามความสำคัญของการประหยัดพลังงาน ทำให้พลังงานลดน้อยลงไป ดังนั้นจึงมีการคิดนำวัสดุจากธรรมชาติที่เหลือใช้มาแปรรูปให้เป็นพลังงานเชื้อเพลิง เพื่อทดแทนพลังงานที่อาจจะหมดไปในอนาคต โดยการนำเอากากมะพร้าวซึ่งเป็นส่วนผสมหลักมาผสมกับกะลามะพร้าว ขี้เลื่อย ถ่านไม้เบญจพรรณ นำมาผสมในอัตราส่วนต่างๆ ผลิตเป็นถ่านอัดแท่งแล้วนำไปทดสอบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM และระยะเวลาในการมอดดับ เพื่อหาประสิทธิภาพของถ่านอัดแท่งแต่ละชนิดที่มีส่วนผสมหลักคือกากมะพร้าว ซึ่งหาได้ทั่วไปและยังเป็นการแปรรูปสิ่งที่เหลือใช้ให้กลับมีประโยชน์อีกครั้ง

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ถ่าน

ถ่าน คือ ไม้ที่ได้จากการเผาไหม้ภายในบริเวณที่มีอากาศอยู่เบาบาง หรืออาจกล่าวในทางเทคนิคก็คือ กระบวนการแยกสารอินทรีย์ภายในไม้ในสภาวะที่มีอากาศอยู่น้อยมาก เมื่อมีการให้ความร้อนระหว่างกระบวนการ จะช่วยกำจัดน้ำมัน น้ำมันดินและสารประกอบอื่นๆ ออกจากไม้ซึ่งผลผลิตที่ได้จากกระบวนการ คือ สารต่างๆ ประกอบด้วย สารประกอบหลักคือ คาร์บอน (80 เปอร์เซ็นต์) นอกจากนั้นจะเป็น

สารประกอบไฮโดรคาร์บอน (10-20 เปอร์เซ็นต์) แก๊ส (0.5-10 เปอร์เซ็นต์) และแร่ธาตุต่างๆ เช่น กำมะถัน และ ฟอสฟอรัส ถ่านที่ได้หลังจากกระบวนการผลิตจะมีปริมาณคาร์บอนสูงและไม่มีความชื้น ทำให้ปริมาณพลังงานในถ่านสูงโดยมีค่าเป็นสองเท่าของปริมาณพลังงานในไม้แห้งสำหรับกระบวนการที่ทำให้สารอินทรีย์ในเนื้อไม้เปลี่ยนรูปเป็นถ่านเรียกว่า “คาร์บอนไนเซชัน (Carbonization)” สามารถ แยกกระบวนการดังกล่าวเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ การเผาไหม้ การลดความชื้น การคายความร้อน และการทำให้เย็น [1] มีงานวิจัยมากมายที่ได้ศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่ง เช่น จิราภรณ์ ธรรมศรี [2] ได้ทำการศึกษาการผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวโดยใช้โซเดียมคลอไรด์เป็นสารกระตุ้น Charcoal [3] การศึกษาวิจัยพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียน กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี [4] ได้ทำการศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุทางการเกษตร โดยการนำวัสดุดิบหรือวัสดุทางการเกษตรได้แก่ กะลามะพร้าว เศษไม้ยางพารา ขี้เลื่อย กะลาปาล์ม ขี้เลื่อย ช้างข้าวโพด เศษไม้ต่างๆ เป็นต้น รุ่งโรจน์ พุทธิสกุล [5] โดยศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำหรับหลัง และนายพิรุณ ภิญญ พร้อมคณะ [6] การผลิตถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยใช้วัสดุ 3 ชนิดคือ เปลือกทุเรียน ช้างข้าวโพด และเมล็ดสบู่ดำ

2.2 ถ่านอัดแท่ง

พลังงานทางเลือกในยุคน้ำมันแพง พุดถึงเรื่องพลังงานทางด้านเชื้อเพลิง “ถ่าน” ก็เป็นส่วนหนึ่งที่ใช้ในครัวเรือนในการประกอบอาหารประเภท บั๊ง ย่าง ฯลฯ โดยเฉพาะ

อาชีพค้าขาย ในหลายปีก่อนคนเราจะคุ้นเคยและเคยชินกับถ่านไม้เท่านั้น ซึ่งได้จากการนำแท่งฟืนไม้ มาเผาเป็นถ่าน แต่ด้วยปัจจัยสภาพอันยาวไกลของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว พระองค์ทรงเล็งเห็นเกี่ยวกับการขาดแคลนไม้ในอนาคต รวมทั้งพลังงานด้านต่างๆ ในด้านการผลิตถ่านพระองค์ทรงมีพระราชดำริในการนำวัสดุเหลือใช้ เช่น ผักตบชวา มาอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิง ซึ่งเรียกว่า “เชื้อเพลิงเขียว” และถ่านแกลบ

“หลักการอัดแท่งเชื้อเพลิง” การอัดแท่งเป็นการใช้แรงกดต่ออนุภาคเล็กๆ ทำให้เกิดการอัดแน่นพอเหมาะที่จะรวมตัวกันเป็นก้อน กระบวนการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งประกอบด้วย การให้แรงดันแก่มวลของอนุภาคโดยอาจมีตัวประสานหรือไม่ก็ได้ เพื่อให้มวลสารรวมตัวกันและเกาะกันได้ดี [7]

2.3 การทดสอบถ่านอัดแท่ง

การประเมินคุณภาพและสมบัติทางเชื้อเพลิงจะใช้อะไรประกอบที่สำคัญของเชื้อเพลิงเป็นหลักในการประเมินคุณภาพ วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM (American Society for Testing and Materials) มีดังนี้ ค่าความร้อน (Heating value) ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ (Volatile matters) ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon) ปริมาณเถ้า (Ash content) และปริมาณความชื้น (Moisture content) [8]

3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์ในการทดสอบ

ลำดับที่	รายละเอียด
1	ส่วนผสมหลัก (กากมะพร้าว)
2	ส่วนผสมรอง (กะลามะพร้าว ขี้เลื่อย ถ่านไม้เบญจพรรณ)
3	แป้งมันสำปะหลัง
4	น้ำ
5	อุปกรณ์ชั่ง ตวง วัด
6	ถังบรรจุโลหะขนาด 240X348 มิลลิเมตร
7	ถังน้ำมัน 200 ลิตร
8	เครื่องบด
9	เครื่องผสม
10	เครื่องอัดแท่งถ่าน

3.2 วิธีการทดลอง

- การเตรียมดินและอุปกรณ์

นำกากมะพร้าว กะลามะพร้าว ขี้เลื่อย ถ่านไม้เบญจพรรณตากแดดและทำการเผาเตรียมไว้สำหรับเป็นส่วนผสม แต่กะลามะพร้าวเมื่อเผาเสร็จแล้วต้องเอามาบดให้ละเอียด

นำกากมะพร้าว ซึ่งเป็นส่วนผสมหลักผสมกับกะลามะพร้าว, ขี้เลื่อย และถ่านไม้เบญจพรรณ ซึ่งในการนำส่วนผสมผสมกันนั้นต้องใช้น้ำและแป้งเปียก (แป้งมันสำปะหลังผสมกับน้ำ) ซึ่งเป็นตัวประสาน โดยที่อัตราส่วนผสม แป้งมันสำปะหลังและน้ำโดยการเลือกอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมดังนี้ ส่วนผสมหลักและส่วนผสมรอง 10 กิโลกรัม ตามอัตราส่วนผสม แป้งมัน 1 กิโลกรัม น้ำ 0.5-0.8 ลิตร ตามความเหมาะสมกับความชื้นของส่วนผสมหลักและส่วนผสมรอง

- ทำการทดลอง

นำส่วนผสมที่เตรียมไว้เบื้องต้นมาทำการผสมกันในเครื่องผสม ดังแสดงในรูปที่ 1 คลุกเคล้าให้เข้ากัน ซึ่งในขณะที่ผสมนั้นก็ให้เติมน้ำเรื่อยๆ เพื่อให้ส่วนผสมเข้ากันได้ง่ายขึ้น



รูปที่ 1 การผสมส่วนผสมถ่านอัดแท่งเข้าเครื่องผสม

เมื่อทำการผสมส่วนผสมของถ่านอัดแท่งแล้วนำไปเข้าเครื่องอัดแท่งถ่านเพื่อทำการอัดแท่งถ่าน ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 การนำถ่านอัดแท่งที่ผสมกันแล้วเข้าเครื่องอัดแท่งถ่าน

ได้ถ่านที่อัดแท่งตามส่วนผสมต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ถ่านอัดแท่งที่ได้จากเครื่องอัดถ่าน

ทำการบันทึกผลการทดลองของแต่ละสูตรเพื่อทำการหาอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุด

- ตรวจสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง

การหาค่าความร้อน (Heating Value) ASTM D 5865 เป็นการหาค่าความสามารถของถ่านอัดแท่งที่จะมีค่าความร้อนสูงสุด ให้พลังงานเชื้อเพลิงออกมาของตัวถ่านอัดแท่ง

การหาปริมาณสารระเหยได้ (Volatile Matter) ASTM D 3175 เฝ้านในเตาเผา พร้อมฝาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียสประมาณ 30 นาที แล้วนำไปทำให้เย็นโดยใส่ในโถดูดความชื้น (Desiccators) 15 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนัก ซึ่งตัวอย่างประมาณ 1 กรัม ใส่ลงในเบ้าหลอม แล้วปิดฝา นำใส่ลงในเตาเผา 7-10 นาที แล้วปล่อยให้เย็นในเตา 7 นาที นำออกจากเตาเผาทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccators) 30 นาที แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

การหาปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) ASTM D 3172

การหาปริมาณเถ้า (Ash) ASTM D 3174

การหาปริมาณความชื้น (Moisture) ASTM D 3173

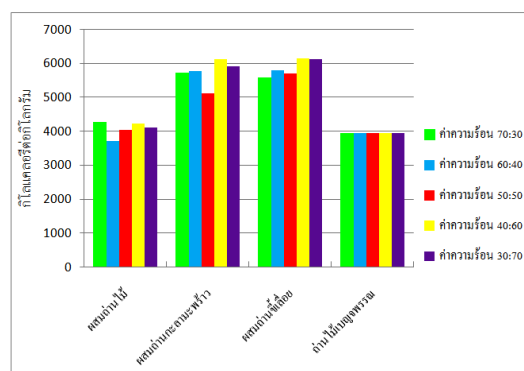
ทำการทดสอบทุกหัวข้อในการทดสอบถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM เก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดสอบทุก ๆ ข้อ เพื่อนำไปเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM โดยจะทำการเปรียบเทียบกับถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสม

ขี้เลื่อย ถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้ และถ่านอัดแท่งตามท้องตลาด

4. ผลการทดลองและการวิจารณ์

4.1 การเปรียบเทียบค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งกับอัตราส่วนผสมต่าง ๆ

การเปรียบเทียบค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งโดยนำผลค่าความร้อนที่ได้มาเปรียบเทียบกับถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวกับถ่านไม้ ถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวกับขี้เลื่อย และถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ ซึ่งควบคุมตัวแปรให้เหมือนกัน คือ ขนาดของถ่านอัดแท่ง แรงอัดอัตราส่วนในการผสม และตัวประสาน ผลการเปรียบเทียบค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวกับอัตราส่วนผสมต่าง ๆ ในสภาพไม่มีความชื้น เนื่องจากมีการควบคุมตัวแปรที่เหมือนกันคือในสภาพไม่มีความชื้น ดังแสดงในรูปที่ 4

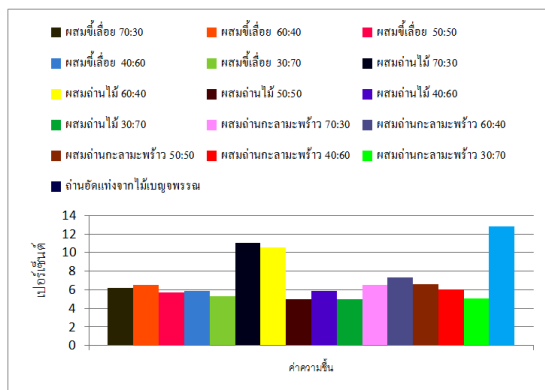


รูปที่ 4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความร้อนกับส่วนผสมต่าง ๆ

จากรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวกับถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยมีค่าความร้อนใกล้เคียงกันซึ่งมีค่าความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน มผช. ที่กำหนดไว้ว่าถ่านอัดแท่งจะต้องมีค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 5,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม และส่วนค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้กับถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณมีค่าความร้อนใกล้เคียงกันแต่มีค่าความร้อนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน มผช.

4.2 การเปรียบเทียบปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งกับอัตราส่วนผสมต่าง ๆ

การเปรียบเทียบปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่ง โดยนำผลการทดสอบปริมาณความชื้นที่ได้มา เปรียบเทียบกับถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวกับถ่านไม้ ถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวกับขี้เลื่อย และถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ ซึ่งควบคุมตัวแปรให้เหมือนกันคือ ขนาดของแท่งถ่านอัดแท่ง แรงอัด อัตราส่วนในการผสม และตัวประสาน ซึ่งปริมาณความชื้นในถ่านอัดแท่งก็เป็น สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเพราะมีผลต่อการให้ความร้อนของถ่านอัดแท่ง ถ้าวถ่านอัดแท่งมีปริมาณความชื้นที่มากเกินไปก็ จะไม่เหมาะในการนำมาเป็นเชื้อเพลิงที่ทำให้ปริมาณ ความร้อนกิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมลดลง จากการ เปรียบเทียบปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งกับอัตรา ส่วนผสมที่ต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 5



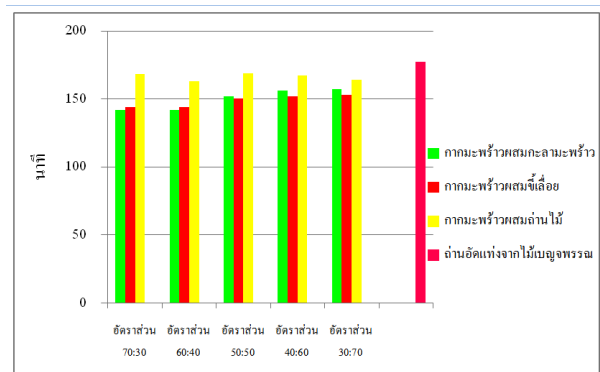
รูปที่ 5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งกับส่วนผสมที่ต่างกัน

จากรูปที่ 5 จะเห็นได้ว่าปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวกับถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย มีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกันมาก และไม่มีปริมาณความชื้นที่เกินเกณฑ์มาตรฐาน มผช. ซึ่งกำหนดไว้ว่าปริมาณความชื้นต้องไม่เกิน 8 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราส่วนบางตัวของถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้กับถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณที่มีค่าสูงกว่าตัวอื่นมากและมีค่าเกินมาตรฐาน มผช.

4.3 การเปรียบเทียบระยะเวลาในการมอดดับของถ่านอัดแท่งกับอัตราส่วนผสมที่ต่างๆ

การเปรียบเทียบระยะเวลาในการมอดดับของถ่านอัดแท่งโดยนำผลการทดสอบระยะเวลาในการมอดดับที่

ได้มาเปรียบเทียบกับถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวกับถ่านไม้ ถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวกับขี้เลื่อย และถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ ซึ่งควบคุมตัวแปรให้เหมือนกันคือ ขนาดของแท่งถ่านอัดแท่ง แรงอัด อัตราส่วนในการผสม และตัวประสาน ระยะเวลาในการมอดดับคือการที่ถ่านอัดแท่งให้จุดติดไฟจนถึงถ่านอัดแท่งมอดดับ อยู่ได้นานเท่าไร เป็นการบอกถึงความสามารถในการติดไฟเป็นเชื้อเพลิงได้นาน จากการเปรียบเทียบปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งกับอัตราส่วนผสมต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาในการมอดดับของถ่านอัดแท่งกับอัตราส่วนผสมที่ต่างกัน

จากรูปที่ 6 จะเห็นได้ว่าถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวกับถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยจะมีระยะเวลาในการมอดดับที่ใกล้เคียงกัน และถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณจะมีระยะเวลาในการมอดดับนานที่สุด กับถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมถ่านไม้

5. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดสอบสรุปได้ว่าถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวกับถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยมีสมบัติใกล้เคียงกันทั้ง ค่าความร้อน ปริมาณความชื้น และระยะเวลาในการมอดดับ ซึ่งมีคุณสมบัติในการที่จะเป็นเชื้อเพลิงได้ เนื่องจากให้ค่าความร้อนที่สูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน มผช.และปริมาณความชื้นต่ำ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มผช. เช่นกัน โดยถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าวมีคุณสมบัติดีกว่าถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณที่ได้ทำการผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง

ขายในท้องตลาดจากการทำการทดสอบหาสมบัติของเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าว และได้เปรียบเทียบกับถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ ได้เปรียบเทียบกับถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณ พบว่าอัตราส่วนผสมที่ให้ค่าความร้อนสูงคือกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าว, กากมะพร้าวผสมขี้เลื่อยที่อัตราส่วน 30:70 ส่วนกากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณที่อัตราส่วน 70:30 ซึ่งกากมะพร้าวผสมขี้เลื่อย, กะลามะพร้าวจะให้ค่าความร้อนที่สูงกว่ากากมะพร้าวผสมถ่านไม้เบญจพรรณ และส่วนผสมที่ให้ปริมาณความชื้นต่ำคือ กากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าว, ขี้เลื่อย, ถ่านไม้เบญจพรรณ ที่อัตราส่วนผสม 30:70 แล้วระยะเวลาในการมอดดับคือ ส่วนผสมกากมะพร้าวกับกะลามะพร้าว, ขี้เลื่อย, ถ่านไม้เบญจพรรณ ที่อัตราส่วน 70:30 แต่จะที่ควรมีการปรับปรุงในส่วนระยะเวลาในการมอดดับหรือระยะเวลาการติดไฟเป็นเชื้อเพลิงยังไม่นานพอ ซึ่งถ่านอัดแท่งจากไม้เบญจพรรณนั้นจะให้ระยะเวลาในการมอดดับที่นานกว่าถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวผสมกะลามะพร้าว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มทร.ธัญบุรี เงินงบประมาณประจำปี 2555 และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

เอกสารอ้างอิง

- [1] ชาญณรงค์ อัสวาทานุภาพ. 2544. ถ่าน: การผลิตที่ถูกต้องและประโยชน์. กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.
- [2] นางสาวจิราภรณ์ ธรรมศรี. การผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวโดยใช้โซเดียมคลอไรด์เป็นสารกระตุ้น [ออนไลน์] [สืบค้นเมื่อ 4 สิงหาคม 2553] เข้าถึงได้จาก URL: <http://www.charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/article3.php>
- [3] การศึกษาวิจัยพลังงานเชื้อเพลิงจากเปลือกทุเรียน ในรูปของเชื้อเพลิงอัดแท่ง. [ออนไลน์] [สืบค้น เมื่อ 10 สิงหาคม 2553] เข้าถึงได้จาก

URL:<http://www.charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/durian.php>

- [4] กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี. การผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุทางการเกษตร. [ออนไลน์] [สืบค้นเมื่อ 10 สิงหาคม 2553] เข้าถึงได้จาก URL:<http://siweb.dss.go.th/bct/fulltext/report/otop13.pdf>
- [5] รุ่งโรจน์ พุทธิสกุล. การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านหางมันสำปะหลัง. วิทยานิพนธ์. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 2553
- [6] นายพิรุณ ภิญาญ, "การผลิตถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร," รายงานการวิจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2547
- [7] ชารินี มหายศนันท์. 2553. "การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งสำหรับการผลิตในระดับครัวเรือน". ปรินญาณิพนธ์ปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรม การ เก ษ ต ร ค ณ ะ วิ ต ว ก ร ร ม ศ า ส ต ร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [8] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่ง มผช 238-2547. กรุงเทพฯ : ม.ป.พ