สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

นาย วิศรุต ปิยะวานิชย์
นาย วีรเชษฐ์ ตั้งทรงเจริญ
นาย ศิรญาณ เทียมธรรมวงศ์

โครงงานพิเศษเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเคมี สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 55554
วัน,เดือน,ปี 19 พ.ค. 2548

.b.....
.i.....

Development of Charcoal Briquettes from Agricultural Wastes

Mr. Visarut Piyavanich

Mr. Weerachet Tangsongcharoen

Mr. Sirajarn Tiemtummawong

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the

Requirement for the Degree of Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง **การพัฒนาถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร**

นักศึกษา นาย วิศรุต ปิยะวานิชย์

นาย วีรเชษฐ์ ตั้งทรงเจริญ

นาย ศิรญาณ เทียมธรรมวงศ์

ภาควิชา เคมี

สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. อิทธิพล แจ้งชัด

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร. วันฉัตร ชื่นชม

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ ผศ.ดร. ตะวัน สุขน้อย	.....
กรรมการ ดร. ปุณณมา ศิริพันธ์โนน	.....
กรรมการ คุณ ชวธร หนูใจคง	.....

.....

(ผศ.ดร. ประยงค์ ดวงดี)

หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง	การพัฒนาถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร		
นักศึกษา	นาย วิศรุต	ปิยะวานิชย์	รหัส 43050115
	นาย วีรเชษฐ์	ตั้งทรงเจริญ	รหัส 43050117
	นาย ศิรญาณ	เทียมธรรมวงศ์	รหัส 43050141
ภาควิชา	เคมี	คณะวิทยาศาสตร์	
สาขาวิชา	เคมีอุตสาหกรรม		
ปีการศึกษา	2546		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. อิทธิพล แจ้งชัด		
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร. วันฉัตร ชื่นชม		

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อเตรียมและศึกษาสมบัติของถ่านอัดแท่ง (Briquette) สำหรับใช้ในครัวเรือน โดยนำวัสดุเหลือทิ้งในภาคเกษตรกรรมและภาคอุตสาหกรรมมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ถ่านอัดแท่งในงานวิจัยนี้เตรียมจากผงถ่าน (Charcoal) จากเศษวัสดุจากการเกษตร ได้แก่ผงถ่านจากกะลามะพร้าว และผงถ่านจากเปลือกทุเรียน โดยมีน้ำแป้งเป็นสารยึด (Binder) และมีผงถ่านหิน (Coal) เป็นสารเติมแต่ง (Additive) ผงถ่านหินที่ใช้คือ แอนทราไซต์ และลิกไนต์ โดยศึกษาถึงปริมาณและชนิดของสารเติมแต่ง และชนิดผงถ่านที่มีผลต่อสมบัติของถ่านอัดแท่ง โดยนำส่วนผสมทุกชนิดผสมให้เข้ากัน แล้วนำมาอัดขึ้นรูปเป็นแท่ง จากนั้นนำมาอบให้แห้ง แล้วจึงนำมาทดสอบสมบัติต่างๆ คือ สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น ปริมาณความชื้นรวม ปริมาณเถ้า สมบัติทางความร้อน ได้แก่ ปริมาณความร้อน เวลาในการเผาไหม้ อุณหภูมิที่วัดได้จากการเผา และสมบัติเชิงกล ได้แก่ การทดสอบความแข็งแรงกดอัด และเปอร์เซ็นต์ความเครียดที่จุดเสียสภาพ จากการทดลองพบว่าถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาผสมผงถ่านหินแอนทราไซต์ มีความหนาแน่น ปริมาณความร้อน และความแข็งแรงกดอัดสูงกว่าถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาผสมผงถ่านหินลิกไนต์ แต่มีปริมาณความชื้นรวม ปริมาณเถ้า และเปอร์เซ็นต์ความเครียดที่จุดเสียสภาพต่ำกว่า และถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาผสมผงถ่านหินลิกไนต์มีความหนาแน่น ปริมาณความชื้นรวม ปริมาณเถ้า ปริมาณความร้อน และความแข็งแรงกดอัดสูงกว่าถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาล้วน แต่มีเปอร์เซ็นต์ความเครียดที่จุดเสียสภาพต่ำกว่า โดยถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาล้วนมีปริมาณความชื้นรวม และปริมาณเถ้าสูงกว่าถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาผสมผงถ่านหินแอนทราไซต์ ส่วนเวลาในการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาผสมผงถ่านหินแอนทราไซต์ และถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาผสมผงถ่านหินลิกไนต์มีค่าใกล้เคียงกัน และมีค่าสูงกว่าถ่านอัดแท่งจากผงถ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กะลาล้วน และถ่านอัดแท่งทั้งสามสูตรมีอุณหภูมิที่วัดได้จากการเผาใกล้เคียงกัน การเพิ่มปริมาณผงถ่านหินในถ่านอัดแท่งจะทำให้ความหนาแน่น ปริมาณความร้อน และความแข็งแรงกดอัดสูงขึ้น และทำให้เปอร์เซ็นต์ความเครียดที่จุดเสียสภาพลดลง แต่เวลาในการเผาไหม้และอุณหภูมิที่วัดได้จากการเผายังมีค่าใกล้เคียงกัน ถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียนมีความหนาแน่น ปริมาณความร้อน ความแข็งแรงกดอัด เวลาในการเผาไหม้และอุณหภูมิที่วัดได้จากการเผาต่ำกว่าถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาที่ปริมาณสารเติมแต่งเท่าๆ กัน แต่มีปริมาณความชื้นรวม ปริมาณเถ้า และเปอร์เซ็นต์ความเครียดที่จุดเสียสภาพสูงกว่า ดังนั้นผงถ่านกะลาจึงมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นถ่านอัดแท่งมากกว่าผงถ่านเปลือกทุเรียน

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Development of Charcoal Briquettes from Agricultural Wastes		
Name	Mr. Visarut	Piyavanich	Code 43050115
	Mr. Weerachet	Tangsongcharoen	Code 43050117
	Mr. Sirajarn	Tiemtummawong	Code 43050141
Department	Chemistry		
Program	Industrial Chemistry		
Academic Year	2003		
Special Project Advisor	Asst.Prof.Dr. Ittipol	Jangchud	
Special Project Co-advisor	Dr. Vanchat	Chuenchom	

ABSTRACT

This research involved preparation and property characterization of charcoal briquettes for household applications. Charcoal briquettes can be made from charcoal mixed with agricultural wastes such as coconut shell and durian peel. In this research, starch solution was used as the binder whereas ground coals (lignite and anthracite) were used as additives. Optimum ratios of each composition and types of charcoal were investigated. Preparation of briquettes was carried out by mixing charcoal with additives and binders. The mixtures were then compressed into briquette form and dried. The briquettes were characterized for their properties including bulk density, dimension, heating value, % total moisture, % ash, burning time and temperature, and mechanical properties, such as, compressive strength and % strain at rupture. It was found that the briquettes from coconut shell charcoal with anthracite as the additive had more bulk density, heating value and compressive strength than those with lignite but had less % total moisture, % ash and % strain at rupture. It was found that the briquettes from coconut shell charcoal with lignite had more bulk density, % total moisture, % ash, heating value and compressive strength than those from pure coconut shell charcoal but less % strain at rupture. The briquettes from pure coconut shell charcoal had more % total moisture and % ash than those from coconut shell charcoal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

with anthracite. However, it was found that burning time of the briquette from coconut shell charcoal with anthracite and those with lignite were similar. Both had more burning time than the pure one. Moreover, it was found that burning temperature of coconut shell charcoal with both ground coals were similar to the pure coconut shell charcoal. By increasing ratio of coal in the briquette, bulk density, heating value and compressive strength were found to increase but % strain at rupture decreased. However, this did not affect burning time and temperature. The briquettes from durian peel charcoal had less bulk density, heating value, compressive strength, burning time and temperature than those from coconut shell charcoal. However, they had more % total moisture, % ash, % strain at rupture and. In conclusion, coconut shell charcoal was more suitable to use in briquette form than durian peel charcoal.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษเรื่องถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ซึ่งได้รับความสนับสนุนจากคณาจารย์ผู้ให้คำแนะนำ และบุคคลหลายฝ่ายผู้ให้ความช่วยเหลือโครงงานพิเศษนี้จนมีความสมบูรณ์ ทางคณะผู้จัดทำโครงงานพิเศษจึงขอขอบพระคุณผู้ให้ความสนับสนุนดังมีรายนามต่อไปนี้

ผศ.ดร.อิทธิพล แจ้งชัด ให้คำปรึกษาและให้กำลังใจกับขนมจนประสบความสำเร็จ

ดร.วันฉัตร ชื่นชม ให้คำปรึกษา คำแนะนำและบุฟเฟ่ต์มื้อกลางวันเป็นกำลังใจ

คุณชวธร หนูใจคง และบริษัท V.S. Coal Dust Industry จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์วัตถุดิบและเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ เช่นเครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัส

คณาจารย์และเจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมีทุกท่าน ที่ให้ความรู้ คำปรึกษาให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดมา

นายศุภโชค อุ่นทรัพย์เจริญ ให้ที่พักพิงและมอเตอร์ไซค์ตอนทำงานดึกๆ

นายเกรียงไกร อารีพูนสิริ ช่วยอัดถ่านเวลาไม่มีแรง

พี่ ๆ และเพื่อน ๆ ทุกคนสำหรับความช่วยเหลือ รอยยิ้มและกำลังใจที่ดีตลอดมา

นายวิศรุต ปิยะวานิชย์

นายวีรเชษฐ์ ตั้งทรงเจริญ

นายศิรญาณ เทียมธรรมวงศ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	I
สารบัญรูป	III
สารบัญตาราง	V
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงานพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	4
1.3 ขอบเขตการศึกษาของโครงงานพิเศษ	5
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 เชื้อเพลิงอัดแท่ง	6
2.2 ผงถ่าน	7
2.3 ถ่านหิน	10
2.3.1 ถ่านหินแอนทราไซต์ (Anthracite)	12
2.3.2 ถ่านหินลิกไนต์ (Lignite)	12
2.3.3 สมบัติของถ่านหิน	16
2.3.4 การวิเคราะห์ถ่านหิน (Analysis of coal)	18
2.3.5 กระบวนการแปรรูปถ่านหิน	19
2.3.6 วิธีการพัฒนาการใช้ถ่านหิน	20
2.4 แป้ง (Starch)	20
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	23
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย	
3.1 สารเคมี	27
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ	27
3.3 ขั้นตอนการวิจัย	28
3.3.1 การเตรียมผงถ่านจากเปลือกทุเรียน	28
3.3.2 การหาอัตราส่วนของสารยึดโดยน้ำหนักของของแข็ง	29
3.3.3 การศึกษาผลของปริมาณสารเติมแต่งต่อสมบัติของถ่านอัดแท่ง	29
3.3.4 การศึกษาผลของชนิดสารเติมแต่ง	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3.5 การศึกษาผลของชนิดผงถ่าน	30
3.3.6 การทดสอบสมบัติต่างๆของถ่านอัดแท่ง	31
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	
4.1 ปริมาณของสารยึดที่เหมาะสมในการขึ้นรูป	36
4.2 ผลของปริมาณและชนิดของสารเติมแต่งต่อสมบัติของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลา	36
4.2.1 ความหนาแน่นรวม (Bulk Density) และขนาด (Dimension)	38
4.2.2 ปริมาณความชื้นรวม (Total Moisture)	39
4.2.3 ปริมาณเถ้า (Ash)	40
4.2.4 สมบัติเชิงกล	41
4.2.5 ค่าปริมาณความร้อนของการเผาไหม้ (Heat of Combustion)	43
4.2.6 เวลาในการเผาไหม้และอุณหภูมิที่วัดได้จากการเผา	44
4.3 ผลของชนิดผงถ่านต่อสมบัติของถ่านอัดแท่ง	45
4.3.1 ความหนาแน่นรวม (Bulk Density) และขนาด (Dimension)	46
4.3.2 ปริมาณความชื้นรวม (Total Moisture)	47
4.3.3 ปริมาณเถ้า (Ash)	48
4.3.4 สมบัติเชิงกล	49
4.3.5 ค่าปริมาณความร้อนของการเผาไหม้ (Heat of Combustion)	51
4.3.6 เวลาในการเผาไหม้และอุณหภูมิที่วัดได้จากการเผา	52
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	55
5.2 ข้อเสนอแนะ	57
เอกสารอ้างอิง	58
ภาคผนวก	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 กะลามะพร้าว 2

รูปที่ 1.2 ผลทุเรียนที่ขายตามท้องตลาด 3

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างถ่านอัดแท่ง 7

รูปที่ 2.2 กระบวนการผลิตผงถ่าน 10

รูปที่ 2.3โครงสร้างของกลูโคส 20

รูปที่ 2.4 รูปแบบการเชื่อมต่อของหน่วยกลูโคส 21

รูปที่ 2.5 โครงสร้างของ Amylose 21

รูปที่ 2.6 โครงสร้างของ Amylopectin 22

รูปที่ 3.1 เครื่องมือขึ้นรูปถ่านอัดแท่ง 28

รูปที่ 3.2 ชิ้นส่วนเครื่องมือขึ้นรูปถ่านอัดแท่ง 32

รูปที่ 4.1 ความหนาแน่นรวมของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาที่ปริมาณและชนิดของสารเติมแต่งต่างๆ 38

รูปที่ 4.2 ปริมาณความชื้นรวมของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาที่ปริมาณและชนิดของสารเติมแต่งต่างๆ 39

รูปที่ 4.3 ปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาที่ปริมาณและชนิดของสารเติมแต่งต่างๆ 40

รูปที่ 4.4 ความแข็งแรงกดอัดของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาที่ปริมาณและชนิดของสารเติมแต่งต่างๆ 41

รูปที่ 4.5 %ความเครียดที่จุดเสียสภาพของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาที่ปริมาณและชนิดของสารเติมแต่งต่างๆ 42

รูปที่ 4.6 ค่าปริมาณความร้อนของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาที่ปริมาณและชนิดของสารเติมแต่งต่างๆ 43

รูปที่ 4.7 เวลาในการเผาไหม้และอุณหภูมิที่วัดได้จากการเผาของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาที่ปริมาณ และชนิดของสารเติมแต่งต่างๆ 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.8 ความหนาแน่นรวมของถ่านอัดแท่งที่ชนิดของผงถ่านและสารเติมแต่งต่างๆ 46

รูปที่ 4.9 ปริมาณความชื้นรวมของถ่านอัดแท่งที่ชนิดของผงถ่านและสารเติมแต่งต่างๆ 47

รูปที่ 4.10 ปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งที่ชนิดของผงถ่านและสารเติมแต่งต่างๆ 48

รูปที่ 4.11 ความแข็งแรงกดอัดของถ่านอัดแท่งที่ชนิดของผงถ่านและสารเติมแต่งต่างๆ 49

รูปที่ 4.12 %ความเครียดที่จุดเสียสภาพของถ่านอัดแท่งที่ชนิดของผงถ่านและสารเติมแต่งต่างๆ 50

รูปที่ 4.13 ค่าปริมาณความร้อนของถ่านอัดแท่งที่ชนิดของผงถ่านและสารเติมแต่งต่างๆ 51

รูปที่ 4.14 เวลาในการเผาไหม้และอุณหภูมิที่วัดได้จากการเผาของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียนที่ชนิดของสารเติมแต่งต่างๆ 52

รูปที่ 4.15 เวลาในการเผาไหม้และอุณหภูมิที่วัดได้จากการเผาของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาและผงถ่านเปลือกทุเรียนที่ไม่มีสารเติมแต่ง 53

รูปที่ 4.16 เวลาในการเผาไหม้และอุณหภูมิที่วัดได้จากการเผาของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาและผงถ่านเปลือกทุเรียนที่ใช้ผงถ่านหินแอนทราไซต์เป็นสารเติมแต่งในอัตราส่วน 5 %w/w 53

รูปที่ 4.17 เวลาในการเผาไหม้และอุณหภูมิที่วัดได้จากการเผาของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาและผงถ่านเปลือกทุเรียนที่ใช้ผงถ่านหินลิกไนต์เป็นสารเติมแต่งในอัตราส่วน 5 %w/w 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 การประเมินวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร, พ.ศ. 2543	2
ตารางที่ 1.2 ปริมาณทุเรียนที่ผลิตในประเทศปี 2540-2541	3
ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของกะลาและเปลือกทุเรียน	7
ตารางที่ 2.2 สมบัติบางประการของผงถ่าน	8
ตารางที่ 2.3 อัตราส่วนของธาตุที่มีอยู่ในถ่านหิน	11
ตารางที่ 2.4 สมบัติบางประการของถ่านหินแอนทราไซต์	12
ตารางที่ 2.5 การวิเคราะห์ถ่านหินลิกไนต์	13
ตารางที่ 2.6 การวิเคราะห์คุณภาพของถ่านหินลิกไนต์จากแหล่งต่างๆในประเทศไทย	14
ตารางที่ 2.7 ผลการวิเคราะห์ขนาดต่างๆของถ่านหินลิกไนต์จากแหล่งแม่เมาะ จังหวัดลำปาง (วิเคราะห์โดยประมาณ)	15
ตารางที่ 3.1 ปริมาณสารที่ใช้ในถ่านอัดแท่ง	31
ตารางที่ 4.1 ปริมาณสารที่ใช้ในถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาล้วน	36
ตารางที่ 4.2 ปริมาณสารที่ใช้ในถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาผสมสารเติมแต่ง	37
ตารางที่ 4.3 ปริมาณสารที่ใช้ในถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียน	45
ตารางที่ 5.1 ชนิด สัดส่วนปริมาณสารที่ใช้ในถ่านอัดแท่งและสมบัติโดยรวมของถ่านอัดแท่ง	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

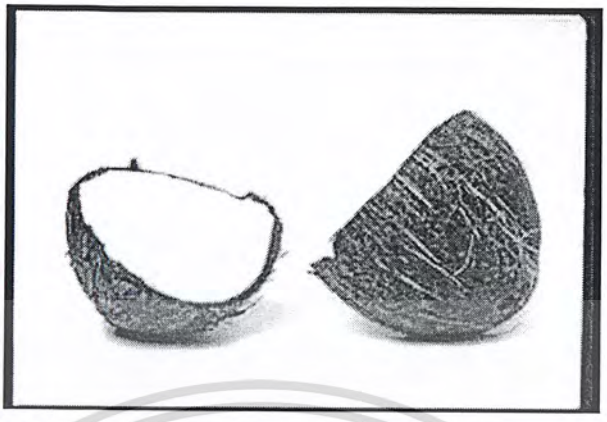
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงานวิจัย

ถ่านอัดแท่ง (Charcoal briquette) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำผงถ่านมาคลุกเคล้ากับสารยึด (Binder) และทำการขึ้นรูปเป็นแท่งโดยการกดอัด (Compression) หรือการอัดรีด (Extrusion) นอกจากนี้อาจมีการเติมสารเติมแต่ง (Additives) เพื่อช่วยเพิ่มสมบัติบางประการ เช่น ปรับปรุงให้ถ่านอัดแท่งมีความร้อนสูงขึ้น และให้ความร้อนเป็นเวลานานขึ้น ถ่านอัดแท่งสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือนและอุตสาหกรรมได้ โดยผงถ่านที่นำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งอาจเป็นผงถ่านที่ได้จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรก็ได้

เกษตรกรรมนับเป็นอาชีพหลักของประชากรไทยนับจากอดีตจนถึงปัจจุบัน อาชีพเกษตรกรรมในปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีเข้ามาเพื่อช่วยในการเพิ่มผลผลิต ทำให้มีปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นมากเทียบกับในอดีต แต่ปริมาณผลผลิตที่เพิ่มขึ้นย่อมส่งผลให้วัสดุเหลือทิ้งจากภาคเกษตรกรรมเพิ่มขึ้นตามไปด้วยดังแสดงในตารางที่ 1.1 วัสดุเหลือทิ้งที่เพิ่มขึ้นย่อมสร้างปัญหาในการกำจัดและส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม การนำวัสดุเหลือทิ้งจากภาคเกษตรกรรมบางประเภทมาประยุกต์ใช้ประโยชน์ส่งผลดีคือ ช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมและเป็นการสร้างมูลค่าให้กับวัสดุที่เหลือทิ้งด้วย

กะลามะพร้าว (Coconut shell) เป็นวัสดุที่เหลือทิ้งจากภาคเกษตรกรรมประเภทหนึ่งที่ได้จากมะพร้าว (Coconut) ซึ่งเป็นพืชชนิดหนึ่งที่นิยมปลูกในประเทศไทย ทั้งเพื่อการบริโภคและอุตสาหกรรมภายในประเทศ เช่น อุตสาหกรรมน้ำมันมะพร้าว อุตสาหกรรมกะทิเข้มข้น นอกจากนี้ยังมีการส่งออกในรูปมะพร้าวแห้งด้วย มะพร้าวนิยมปลูกในภาคใต้ ภาคตะวันตก และภาคตะวันออก ปัจจุบันมีพื้นที่ปลูกมะพร้าวมากกว่า 2 ล้านไร่ [1] มีปริมาณกะลามะพร้าวเกิดขึ้นมากกว่า 200 ล้านกิโลกรัมต่อปี [2] ในอดีตมีการนำกะลาไปทำเป็นเครื่องใช้และเครื่องประดับ แต่ในปัจจุบันอุปกรณ์เหล่านั้นมักทำจากวัสดุชนิดอื่นที่มีสมบัติดีกว่า ทำให้มีกะลาเป็นวัสดุเหลือทิ้งจำนวนมาก โดยปกติมีการนำกะลามาเผาเป็นถ่านเพื่อใช้งานในรูปของเชื้อเพลิงด้วย แต่ลักษณะทางกายภาพที่ไม่เหมาะสมของถ่านกะลาทำให้ไม่สะดวกต่อการนำมาใช้งานเป็นเชื้อเพลิงโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 กะลามะพร้าว [3]

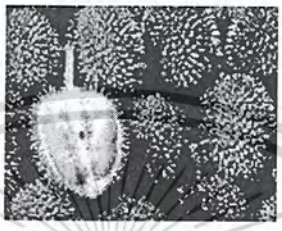
ตารางที่ 1.1 การประเมินวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร, พ.ศ. 2543 [2]

ชนิด	ผลผลิตต่อปี (10^6 กก.)	วัสดุเหลือใช้	อัตราส่วนวัสดุเหลือใช้ต่อผลผลิต	วัสดุเหลือใช้ที่เกิดขึ้น (10^6 กก.)
1. อ้อย	53,494	ชานอ้อย	0.291	15,567
		ส่วนยอดและใบ	0.302	16,155
2. ข้าว	24,172	แกลบ	0.230	5,560
		ฟาง(ส่วนบน)	0.447	10,805
3. ปาล์มน้ำมัน	3,256	ทะลายปาล์มเปล่า	0.428	1,394
		เส้นใยปาล์ม	0.147	479
		กะลาปาล์ม	0.049	160
		ก้าน	2.604	8,479
		ทะลายตัวผู้	0.233	759
4. มะพร้าว	1,400	เปลือก	0.362	507
		กะลามะพร้าว	0.160	224
		ทะลายมะพร้าว	0.049	69
		ทางมะพร้าว	0.225	315
5. มันสำปะหลัง	19,064	ลำต้น	0.088	1,678
6. ข้าวโพด	4,286	ซังข้าวโพด	0.273	1,170
7. ถั่วลิสง	138	เปลือก	0.323	45
8.ฝ้าย	36	ลำต้น	3.232	116
9. ถั่วเหลือง	319	ลำต้น,ใบ,เปลือก	2.663	849
10. ข้าวฟ่าง	142	ใบ,ต้น	1.252	178

เปลือกทุเรียน (Durian peel) เป็นวัสดุที่เหลือทิ้งจากภาคเกษตรกรรมประเภทหนึ่งที่ได้จากทุเรียน (Durian) ทุเรียนเป็นไม้ผลยืนต้นขนาดใหญ่ที่ชอบอากาศร้อนชื้น อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 25 - 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์สูงประมาณ 75 -85 % ดินที่เหมาะสมควรระบาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำดีและมีสภาพความเป็นกรดเป็นด่าง (ค่า pH) ประมาณ 5.5 - 6.5 และที่สำคัญควรเลือกแหล่งปลูกที่มีน้ำเพียงพอตลอดช่วงหน้าแล้ง ทุเรียนจะให้ผลผลิตหลังการปลูก 5 - 6 ปี ช่วงอายุที่ให้ผลผลิตสูงประมาณ 10 ปีขึ้นไป ผลผลิตประมาณ 80 - 110 ผลต่อต้น หรือประมาณ 240 -320 กิโลกรัม/ต้น/ปี (คิดน้ำหนักเฉลี่ยผลละ 3 กก.) [4]



รูปที่1.2 ผลทุเรียนที่ขายตามท้องตลาด [4]

ตารางที่ 1.2 ปริมาณทุเรียนที่ผลิตในประเทศปี 2540 – 2541 [4]

ผลผลิต	ปี 2540	ปี 2541
1. ผลผลิตรวมทั้งประเทศ	963,141 ตัน	963,290 ตัน
2. ราคาผลผลิตที่ขายได้เฉลี่ย	20.38 บาท/กิโลกรัม	22.60 บาท/กิโลกรัม
3. ปริมาณการใช้ภายในประเทศ	884,632 ตัน	875,813 ตัน
4. ปริมาณและมูลค่าการส่งออก		
- ปริมาณ	78,514 ตัน	87,477 ตัน
- มูลค่า	1,736.9 ล้านบาท	2,609 ล้านบาท

จากข้อมูลในตารางที่ 1.2 จะเห็นได้ว่าปริมาณการบริโภคทุเรียนโดยเฉลี่ยภายในประเทศมีสูงถึงกว่า 875 ล้านกิโลกรัมต่อปี จึงทำให้มีเปลือกทุเรียนเป็นวัสดุเหลือทิ้งในปริมาณที่มากด้วย ดังนั้นจึงมีผู้ริเริ่มคิดค้นหาวิธีการลดปริมาณ และการเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือทิ้งชนิดนี้โดยการนำเปลือกทุเรียนตากแห้งมาทำการกดอัดเป็นแท่ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้แทนฟืน และถ่าน

งานวิจัยนี้เป็นการเสนอแนวทางวิจัยและพัฒนาถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลา และผงถ่านจากเปลือกทุเรียน องค์ประกอบหลักของถ่านอัดแท่งคือ ผงถ่านกับสารยึดและสารเติมแต่งในอัตราส่วนต่างๆ ซึ่งองค์ประกอบเกือบทุกส่วนของถ่านอัดแท่งล้วนแต่เป็นวัสดุเหลือทิ้งทั้งสิ้น จึงเป็นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างคุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุด นอกจากนี้ยังเป็นการช่วยแก้ปัญหาการตัดไม้ทำลายป่าเพื่อนำไม้มาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้อีกทางหนึ่งด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>สมบัติบางประการของถ่านอัดแท่งที่ดี</u> ควรมีดังนี้

- ให้ความร้อนต่อเนื่องอย่างสม่ำเสมอ
- ให้ความร้อนเป็นเวลานาน
- มีความแข็งแรงสูง ไม่แตกหักระหว่างการขนส่ง
- มีความหนาแน่นสูง ไม่หลุดร่อนขณะเผา
- ไม่มีเขม่าควันรบกวนผู้ใช้
- การเผาไหม้ไม่ก่อให้เกิดผลผลิตที่ทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้
- สามารถติดไฟได้ง่าย
- ใช้งานสะดวก
- ต้นทุนการผลิตค่อนข้างต่ำ

สารยึด (Binder) ที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ สารละลายแป้ง (Starch solution) และสารเติมแต่งที่ใช้ได้แก่ ผงถ่านหินแอนทราไซต์ (Anthracite) และผงถ่านหินลิกไนต์ (Lignite)

ถ่านหินแอนทราไซต์ (Anthracite) เป็นถ่านหินคุณภาพดี ให้ความร้อนจากการเผาไหม้สูง ปริมาณกำมะถัน (Sulfur, S) ต่ำ นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ผงถ่านหินที่ใช้เป็นสารเติมแต่งเป็นผงถ่านหินที่เหลือจากกระบวนการคัดแยกขนาดถ่านหิน ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

ถ่านหินลิกไนต์ (Lignite) เป็นถ่านหินคุณภาพต่ำ มีปริมาณกำมะถันสูงกว่าถ่านหินแอนทราไซต์ มีปริมาณออกซิเจนและความชื้นสูง นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมเช่นกันเนื่องจากราคาถูกกว่า แต่เกิดมลภาวะจากการเผาไหม้มากกว่า ผงถ่านหินลิกไนต์ที่ใช้เป็นสารเติมแต่งเป็นผงถ่านหินที่เหลือจากกระบวนการคัดแยกขนาดถ่านหิน และเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมเช่นเดียวกันกับผงถ่านหินแอนทราไซต์

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. วิจัยและพัฒนาเพื่อผลิตถ่านอัดแท่งจากผงถ่านของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้แก่ กะลามะพร้าว และเปลือกทุเรียน โดยใช้ผงถ่านหินเป็นสารเติมแต่ง และใช้สารละลายแป้งเป็นสารยึด
2. ศึกษาสมบัติต่างๆ ของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น สมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล สมบัติทางความร้อน สมบัติการเผาไหม้
3. ศึกษาผลของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อสมบัติของถ่านอัดแท่งที่เตรียมได้ เช่น ผลของชนิดของผงถ่าน ผลของชนิดและอัตราส่วนของสารเติมแต่งต่อผงถ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตการศึกษาของโครงงานพิเศษ

1. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาอัตราส่วนของวัตถุดิบที่เหมาะสมในการขึ้นรูปถ่านอัดแท่ง
3. ศึกษาสมบัติต่างๆของถ่านอัดแท่งที่เตรียมได้ เช่น สมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล สมบัติทางความร้อน เป็นต้น
4. ศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อสมบัติของถ่านอัดแท่ง เช่น ชนิดของผงถ่าน ชนิดและอัตราส่วนของผงถ่านต่อสารเติมแต่ง ได้แก่ ผงถ่านหินแอนทราไซต์และผงถ่านหินลิกไนต์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถผลิตถ่านอัดแท่งจากผงถ่านของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรให้มีสมบัติที่ดีขึ้นรูปได้ง่าย มีความเป็นไปได้ในการผลิตเชิงพาณิชย์
2. ใช้ทรัพยากรที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรอย่างคุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อสนองความต้องการในการใช้พลังงานของผู้บริโภค และผู้ผลิตรายเล็กๆ เช่น ใช้ในครัวเรือน ร้านอาหาร และช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งอีกทางหนึ่ง
3. สามารถใช้ความรู้ที่ได้ไปพัฒนาการผลิตถ่านอัดแท่งในประเทศได้อย่างเหมาะสม
4. เป็นทางเลือกใหม่ในการเลือกใช้แหล่งพลังงานเพื่อทดแทนพลังงานจากถ่านไม้ เป็นอีกทางหนึ่งในการช่วยรักษาทรัพยากรป่าไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

มนุษย์นำเชื้อเพลิงแข็งมาใช้เป็นวัตถุเชื้อเพลิงทั้งในครัวเรือน อุตสาหกรรม และใช้เป็นส่วนหนึ่งของแหล่งพลังงานของโลก เช่น ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานไอน้ำสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า และในอุตสาหกรรมการผลิตต่างๆ ประเภทของเชื้อเพลิงแข็ง ได้แก่ ถ่านหิน หินน้ำมัน ทรายน้ำมัน และเชื้อเพลิงอัดแท่ง เป็นต้น แหล่งกำเนิดหรือชนิดของเชื้อเพลิงแข็งแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ เชื้อเพลิงแข็งที่ได้จากธรรมชาติ ได้แก่ ไม้ ฟืน ถ่านหิน หินน้ำมัน เศษวัชพืช และแกลบ เป็นต้น และเชื้อเพลิงแข็งที่ได้จากกระบวนการผลิต ได้แก่ ถ่านไม้ ถ่านโค้ก และเชื้อเพลิงอัดแท่ง เป็นต้น

2.1 เชื้อเพลิงอัดแท่ง

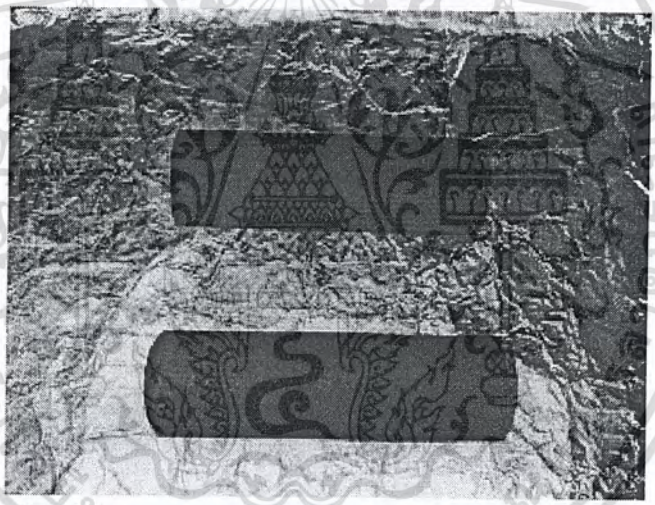
เชื้อเพลิงอัดแท่ง (Fuel briquette) เป็นเชื้อเพลิงแข็งชนิดหนึ่งที่ได้จากการนำเอาเศษของผงวัสดุที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิง เช่น ถ่านหิน เศษไม้ และขี้เลื่อย หรือนำวัสดุเหลือทิ้งจากภาคเกษตรมาบดย่อย จากนั้นอัดเป็นก้อนหรือเป็นแท่งเพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน ค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงชนิดนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอนที่มีอยู่ในวัสดุที่นำมาอัด เชื้อเพลิงชนิดนี้สามารถนำไปใช้ตามครัวเรือนหรือโรงงานที่ใช้เชื้อเพลิงแข็งได้ ในประเทศเราก็ได้มีการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยใช้แกลบเป็นวัสดุหลัก เนื่องจากแกลบเป็นผลพลอยได้จากการสีข้าว หาได้ง่าย นอกจากนี้สามารถใช้ขี้เลื่อย กากอ้อย เปลือกถั่ว และขุยมะพร้าว และลิกไนต์ป่นมาเป็นวัสดุในการผลิตเชื้อเพลิงชนิดนี้ได้ [5] เชื้อเพลิงอัดแท่งมีองค์ประกอบหลักๆ คือ ผงถ่าน สารยึด และสารเติมแต่ง

กะลามะพร้าว และเปลือกทุเรียนเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากภาคเกษตรที่สามารถนำมาทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งได้เช่นกัน เพราะเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายและมีปริมาณคาร์บอนมาก องค์ประกอบทางเคมีของกะลาและเปลือกทุเรียนแสดงไว้ในตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของกะลาและเปลือกทุเรียน [6]

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (%)	
	กะลา	เปลือกทุเรียน
แอลฟา-เซลลูโลส	43.44	60.45
เฮมิ-เซลลูโลส	0.25	13.09
ลิกนิน	45.84	15.45
เถ้า	2.22	4.35
อื่นๆ	8.25	6.66



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างถ่านอัดแท่ง

2.2 ผงถ่าน [7]

การกลายเป็นคาร์บอน (Carbonization) ของสารประกอบเชิงซ้อนที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เช่น ไม้หรือผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร สามารถทำได้โดยการไพโรไลซิส (Pyrolysis) ในสภาวะปราศจากออกซิเจน ซึ่งเป็นการให้ความร้อนเพื่อให้เกิดการแยกตัวของสารประกอบที่มีองค์ประกอบของคาร์บอน ในขณะที่ทำการไพโรไลซิสไม้ในภาชนะปิด ไม้สามารถสลายตัวกลายเป็นสารประกอบหลายชนิดโดยองค์ประกอบหลัก คือ ถ่าน (Charcoal) ซึ่งมีลักษณะเป็นรูพรุนสีดำ องค์ประกอบหลักเป็นคาร์บอน โดยอาจมีเถ้าประมาณ 0.5 – 6% โดยขึ้นอยู่กับชนิดของไม้และปริมาณเปลือกไม้ เป็นต้น โดยองค์ประกอบของผงถ่านแสดงได้ดังตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 สมบัติบางประการของผงถ่าน[7]

สมบัติทางกายภาพและ สมบัติทางเคมี (Dry basis)	ปริมาณ			
	สูงสุด	ต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าที่เหมาะสมกับผงถ่านที่ดี
ปริมาณคาร์บอน (Carbon)	80 %	60%	70%	75 - 80%
ปริมาณความชื้น (Moisture content)	25 %	5%	10%	10% Max
ปริมาณเถ้า (Ash)	10 %	3%	5%	3 - 4%
ปริมาณสารระเหย (Volatile matter)	26 %	15%	25%	20 - 25%
ความหนาแน่นรวม (Bulk density) , kg/m^3	330	200	260	250 - 300
ขนาดอนุภาคเฉลี่ย , mm	60	10	35	20 - 50

กระบวนการเกิดเป็นผงถ่านของไม้มีขั้นตอนดังนี้

1. *ที่ 20 – 110 องศาเซลเซียส*

ไม้จะดูดซับความร้อนและเริ่มระเหยส่วนที่มีองค์ประกอบของน้ำเช่น ไอน้ำ จนกระทั่งอุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส ไม้จะเริ่มแห้ง

2. *ที่ 110 – 270 องศาเซลเซียส*

องค์ประกอบของน้ำส่วนสุดท้ายจะระเหยไปและไม้จะเริ่มสลายตัวให้ก๊าซต่าง ๆ เช่น กรดอะซิติก คาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน เป็นต้น

3. *ที่ 270 – 400 องศาเซลเซียส*

เกิดการคายความร้อน และการสลายตัวของไม้โดยความร้อนทำให้เกิดการแยกตัวของโครงสร้างไม้ ทำให้เกิดก๊าซที่สามารถเกิดการสันดาปได้เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน มีเทน และก๊าซที่สามารถกลั่นตัว เช่น น้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ กรดอะซิติก ก๊าซมีเทน เป็นต้น และเริ่มมีน้ำมันดิน (Tar) ออกมา

4. *ที่ 400 – 500 องศาเซลเซียส*

ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส การเปลี่ยนแปลงของไม้กลายเป็นผงถ่านเกิดขึ้นเกือบสมบูรณ์ โดยผงถ่านจะประกอบด้วย น้ำมันดิน ประมาณ 30% โดยปกติแล้วผงถ่านประกอบด้วยปริมาณคาร์บอน ประมาณ 75% และที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส การกลายเป็นคาร์บอนจะเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 การผลิตผงถ่าน[8]

การผลิตผงถ่านมีขั้นตอนดังนี้

1. เตรียมถังโดยเจาะรูด้านล่างขนาด 50 mm. ด้านบนเปิดออก งอขอบด้านที่เปิดออกเพื่อให้สามารถปิดฝาเก็บอากาศได้

2. ที่ฐานของถังจะมีอิฐว่างไว้ 3 ก้อนเพื่อที่จะให้อากาศไหลผ่านเข้าไปในรูได้

3. วางกระดาษหรือเชื้อเพลิงไว้ที่ก้นถังแล้วจุดไฟ

4. เมื่อไฟติดดีแล้วจะใส่กิ่งไม้จนเต็มถัง โดยกิ่งไม้ที่มีขนาดใหญ่จะไว้บริเวณก้นถัง เนื่องจากกิ่งไม้ที่มีขนาดใหญ่จะติดไฟได้นานกว่า

5. เมื่อกิ่งไม้ติดไฟดีแล้วจะใช้ฝาปิดถังเพื่อจำกัดอากาศในการเผาไหม้ โดยฝาที่ปิดจะมีช่องว่างไว้ด้านใดด้านหนึ่งซึ่งจะมีขนาดประมาณ 100 มม. เพื่อให้ควันที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ออกไปสู่ภายนอกได้

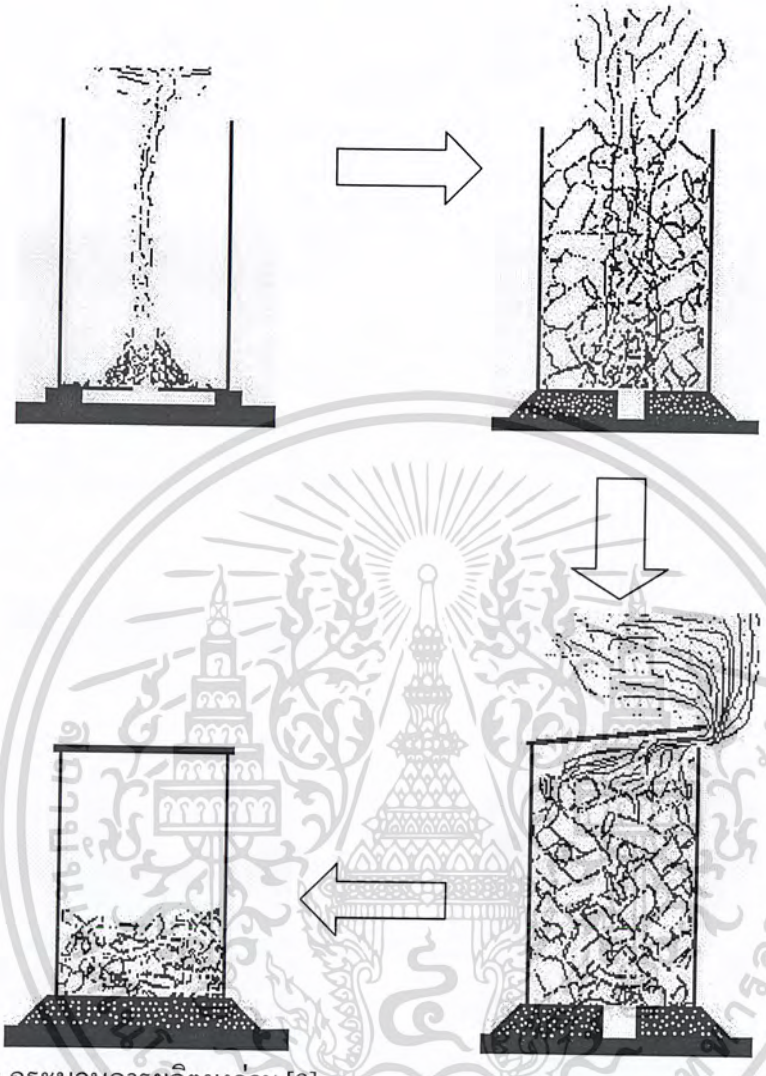
6. เมื่อเห็นควันลอยช้าลงก็จะเคาะถังเพื่อที่จะให้กิ่งไม้ด้านบนลงมาด้านล่างของถังเพื่อให้เกิดการเผาไหม้และควันมากขึ้น

7. เมื่อควันเปลี่ยนสี (Charcoal เริ่มถูกเผาไหม้) เราจะหยุดการเผาไหม้โดยการปิดช่องอากาศที่เข้ามาจากทางด้านล่างโดยใช้ดิน จากนั้นปิดฝาทางด้านบนให้มิดชิดเพื่อที่จะไม่ให้อากาศเข้าได้ ซึ่งการเผาไหม้จะใช้เวลาต่อไปอีกประมาณ 3 – 4 ชั่วโมง

8. หลังจากที่ปล่อยให้เย็นตัวเป็นเวลา 24 ชั่วโมงก็เปิดฝาออกมา แล้วทำการแยกขนาดและบรรจุต่อไป

ซึ่งแสดงขั้นตอนการเผาผงถ่านได้ดังรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 กระบวนการผลิตผงถ่าน [8]

2.3 ถ่านหิน (Coals) [5]

ถ่านหิน (Coals) เป็นเชื้อเพลิงชนิดหนึ่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ มีการตั้งสมมติฐานกันว่าถ่านหินเกิดจากการทับถมของซากพืช ต้นไม้ สิ่งมีชีวิต ชิ้นส่วนของพืช (Vegetable materials) ที่ถูกพัดพามา หรือดินโคลนที่มีอินทรีย์วัตถุ (Organic materials) ถูกทับถมอยู่ภายใต้พื้นดินที่มีความดันและความร้อนสูงเป็นเวลานานนับหลายล้านปี ทำให้สิ่งเหล่านี้เน่า ผุพัง แล้วเกิดปฏิกิริยาทางเคมี ฟิสิกส์และชีววิทยา จนกระทั่งถูกแรงกดบีบอัดเรียงตัวเป็นชั้นๆ แปรสภาพเป็นถ่านหิน โดยมีธาตุที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญคือ คาร์บอน ไฮโดรเจน และอาจมีธาตุอื่นเจือปนบ้าง เช่น ออกซิเจน ไนโตรเจน เป็นต้น ถ่านหินที่มีอายุมากจะมีลักษณะเนื้อแน่น สีดำ ถ้ามีปริมาณธาตุคาร์บอนมากก็จะให้ค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงสูง ถ่านหินชนิดเดียวกัน แต่มีแหล่งกำเนิดต่างกัน อาจมีค่าความร้อนไม่เท่ากัน ทั้งนี้ย่อมขึ้นอยู่กับปริมาณ ส่วนประกอบของคาร์บอนและไฮโดรเจน และค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้น (Moisture) ของถ่านหินนั้นๆ แหล่งถ่านหินที่สำคัญที่สุดในโลกอยู่ในประเทศสหรัฐอเมริกา รัสเซีย จีน ออสเตรเลีย และประเทศในแถบยุโรป

เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ทางธรณีวิทยา และทางชีววิทยาของแหล่งสะสมซากพืช ทำให้เกิดการสะสมทางอินทรีย์เคมี (Organic sediment) แล้วแปรสภาพเป็นถ่านหินที่มีอายุและคุณภาพต่างๆ กัน ถ่านหินที่จัดอยู่ในชนิดถ่านหินชั้นเลวเป็นถ่านหินที่มีคุณภาพต่ำ (Low rank coal) ที่สุด สามารถแบ่งชนิดของถ่านหินตั้งแต่ชนิดที่มีคุณภาพต่ำไปจนถึงถ่านหินที่มีคุณภาพสูงได้ 4 ชนิดคือ ถ่านพีท (Peat) ถ่านหินลิกไนต์ (Lignite) ถ่านหินบิทูมินัส (Bituminous) และ ถ่านหินแอนทราไซต์ (Anthracite)

ตารางที่ 2.3 อัตราส่วนของธาตุที่มีอยู่ในถ่านหิน [5]

ชนิดของถ่านหิน	คาร์บอน (%)	ไฮโดรเจน (%)	ออกซิเจน (%)	ไนโตรเจน (%)	กำมะถัน (%)	เถ้า (%)
ถ่านพีท	23.1	9.6	59.6	1.3	0.4	6.0
ถ่านลิกไนต์	42.4	6.7	43.3	0.7	0.7	6.2
ถ่านบิทูมินัส	79.6	4.3	4.8	1.7	1.0	7.2
ถ่านแอนทราไซต์	86.7	2.2	2.9	0.8	0.5	6.9

<u>ประโยชน์ของถ่านหิน</u> [5]

-ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตพลังงานไอน้ำ เพื่อนำไปผลิตกระแสไฟฟ้า ส่วนใหญ่จะใช้ถ่านหินที่มีคุณภาพต่ำ เช่น ถ่านลิกไนต์ โดยอาจจะใช้เป็นชนิดก้อนขนาดเล็กหรือบดเป็นผง (Pulverized coal) ก็ได้ขึ้นอยู่กับเตาเผาที่ใช้

-ใช้เป็นเชื้อเพลิงในงานอุตสาหกรรมถลุงเหล็ก โดยการแปรสภาพเป็นถ่านโค้กก่อน เนื่องจากถ่านโค้กมีคุณภาพ สามารถควบคุมความร้อนและการเผาไหม้ได้ง่าย นอกจากนี้แล้วยังใช้เป็นวัตถุดิบโดยตรงในการผลิตเหล็กพรุน (Sponge iron)

-ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับรถไฟ หรือเรือเดินทะเล

-ใช้เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมผลิตแก้ว ปูนซีเมนต์ สิ่งทอ และอุตสาหกรรมเคมี

-ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหุงต้มและให้ความร้อนในบริเวณที่มีอากาศหนาวเย็น ในปัจจุบันได้มีการผลิตเป็นถ่านก้อนหรือเป็นแท่งซึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้มได้อย่างดี

-ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตก๊าซเพื่อเป็นเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสารเคมีต่างๆ เนื่องจากถ่านหินมีส่วนประกอบของธาตุหลายชนิด

-ใช้ในกิจกรรมอื่นๆ เช่น ใช้เป็นผงสี (Pigment) หรือสารเติมแต่ง (Additive) บดละเอียดสำหรับไว้ทาผิวหน้าแบบหล่อโลหะ สกัดเอาขี้ผึ้ง (Wax) และเรซิน (Resin) นำไปใช้เป็นประโยชน์ได้ ถ้านำถ่านหินไปเผากับหินปูนที่อุณหภูมิสูงถึง 1,100 องศาเซลเซียสก็จะได้แคลเซียมคาร์ไบด์ และเมื่อนำไปผสมกับน้ำจะได้ก๊าซอะเซทิลีน (Acetylene)

-ใช้เป็นวัตถุดิบส่วนหนึ่งในงานอุตสาหกรรม เช่น ผลิตภัณฑ์พลาสติก ยางสังเคราะห์ และวัตถุระเบิด เป็นต้น

2.3.1 ถ่านหินแอนทราไซต์ (Anthracite) [5]

เป็นถ่านหินที่มีคุณภาพที่ดีที่สุดในบรรดาถ่านหินทั้งหลาย ถ่านหินชนิดนี้จะมีปริมาณเนื้อถ่านมาก มีสีดำสนิท เวลาเผาไหม้เกิดควันน้อยมาก ให้ค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงสูง และมีความแข็งมาก จนในบางครั้งเรียกว่าถ่านหินแข็ง (Hard coal) ติดไฟยาก แต่เมื่อติดไฟแล้วจะเผาไหม้เป็นเวลานาน ดังนั้นถ่านหินชนิดนี้จึงมีราคาแพง การใช้งานของถ่านหินชนิดนี้มีน้อย ถ่านหินชนิดนี้ยังแบ่งออกได้หลายชนิด สมบัติของถ่านหินแอนทราไซต์ชนิดต่างๆ แสดงได้ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 สมบัติบางประการของถ่านหินแอนทราไซต์ [5]

ชนิด	เนื้อถ่านแห้ง (%)	สารระเหย (%)
1. เมตาแอนทราไซต์	สูงกว่า 98	ต่ำกว่า 2
2. แอนทราไซต์	สูงกว่า 92	ต่ำกว่า 8
3. เซมิแอนทราไซต์	สูงกว่า 86	ต่ำกว่า 14

2.3.2 ถ่านหินลิกไนต์ (Lignite) [5]

จัดเป็นถ่านหินที่มีคุณภาพต่ำ มีวิวัฒนาการมาจากถ่านพีท ซึ่งอาจต้องใช้เวลาในการแปรสภาพถึงหลายร้อยล้านปี และบางครั้งยังมีร่องรอยของเนื้อไม้ปรากฏให้เห็นอยู่บ้าง ถ่านหินลิกไนต์ที่มีคุณภาพสูงจะเป็นสีดำหรือเรียกว่า ลิกไนต์ดำ (Black lignite) เมื่อนำไปเผาไหม้จะให้ความร้อนสูงกว่าและเกิดควันน้อยกว่าถ่านพีท

ลักษณะโครงสร้างของถ่านหินลิกไนต์ มีลักษณะที่สำคัญ 3 ประการ คือ

1. โครงสร้างคล้ายดินเหนียว (Earthy)
2. โครงสร้างคล้ายเส้นใย (Fiber)
3. โครงสร้างคล้ายเปลือกหอย (Concoidol)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะทางกายภาพของถ่านหินลิกไนต์ ลักษณะภายนอกของถ่านหินลิกไนต์ที่สามารถเห็นได้จะมีลักษณะดังนี้

1. สี ส่วนใหญ่จะมีสีน้ำตาล น้ำตาลปนแดง หรือสีดำๆ เมื่อแตกหักใหม่ๆ สีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลปนแดงจะเปลี่ยนเป็นสีดำภายในเวลา 2-3 นาที

2. ความเปราะ ถ้าแห้งจะแตกร่วนได้ง่าย

3. ความชื้น จะมีความชื้นสูงมาก

4. การลุกติดไฟ ลุกไหม้ได้ง่ายเมื่อตั้งทิ้งไว้ในอากาศถ้ากองสุมถ่านไว้จำนวนมาก

การวิเคราะห์ถ่านหินลิกไนต์ชนิดหนึ่งของประเทศสหรัฐอเมริกาแสดงให้เห็นทั้งค่าการวิเคราะห์โดยละเอียดและค่าการวิเคราะห์โดยประมาณในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 การวิเคราะห์ถ่านหินลิกไนต์ [5]

การวิเคราะห์โดยประมาณ (% โดยน้ำหนัก)			
ความชื้น	สารระเหย	เนื้อถ่าน	เถ้า
34.8	28.2	30.8	6.2

การวิเคราะห์โดยละเอียด (% โดยน้ำหนัก)					
คาร์บอน	ไฮโดรเจน	ออกซิเจน	ไนโตรเจน	กำมะถัน	เถ้า
42.4	6.7	43.3	0.7	0.7	6.2

เนื่องจากถ่านหินลิกไนต์ที่สำรวจพบในประเทศไทย โดยทั่วไปเป็นชนิดที่มีคุณภาพค่อนข้างต่ำ คือให้ค่าความร้อนต่ำ มีสิ่งเจือปน เช่น เถ้า ความชื้น และกำมะถันค่อนข้างสูง การวิเคราะห์คุณภาพของถ่านหินลิกไนต์จากแหล่งต่างๆ และค่าที่แสดงไว้ในเอกสารอ้างอิงหลายแห่งอาจแตกต่างกันไปบ้าง ซึ่งก็ไม่ได้ใช้ค่าเหล่านั้นเป็นตัวแทนของถ่านหินลิกไนต์แหล่งนั้นทั้งหมด ดังนั้นการนำถ่านหินลิกไนต์มาใช้จึงต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมกับเครื่องมือที่ใช้ในการเผาไหม้และจุดประสงค์ของการนำความร้อนที่ได้ไปใช้ด้วย

ถ่านหินลิกไนต์อาจนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้โดยตรง เช่น ใช้ในการเผาไหม้เพื่อให้ความร้อนแก่หม้อน้ำ ใช้ในเตาเผาไหม้ของโรงงานบ่มใบยาสูบ ใช้ในเตาเผาปูนซีเมนต์ ตัวอย่างที่แสดงการวิเคราะห์คุณภาพของถ่านหินลิกไนต์จากแหล่งต่างๆ ในประเทศไทย แสดงดังตารางที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 การวิเคราะห์คุณภาพของถ่านหินลิกไนต์จากแหล่งต่างๆ ในประเทศไทย [5]

คุณภาพ	แหล่งแม่เมาะ จ.ลำปาง	แหล่งกระบี่ จ.กระบี่	แหล่งลี้ จ.ลำพูน	แหล่งแม่ตีบ จ.ลำปาง
ค่าความร้อน (cal/g)	4,100	3,800	4,900	5,100
กำมะถัน (%โดยน้ำหนัก)	2.5	3.5	1.1	0.7
ความชื้น (%โดยน้ำหนัก)	23	22	22	21
สารระเหย	34	33	35	37
เนื้อถ่าน	31	28	36	38
เถ้า	12	17	7	4

ตัวอย่างถ่านหินที่เก็บจากแหล่งต่างๆ เมื่อนำมาบดด้วยเครื่องบด (Jaw crusher) แล้วจะถูกร่อนเพื่อแยกขนาดเป็น 4 ขนาดคือ ขนาดใหญ่กว่า 2 มิลลิเมตร ขนาด 1-2 มิลลิเมตร ขนาด 0.5-1 มิลลิเมตร และขนาดเล็กกว่า 0.5 มิลลิเมตร ทั้งนี้เพื่อสะดวกต่อการที่จะนำถ่านหินเหล่านี้มากลั่นลำดับส่วนหาปริมาณและชนิดของน้ำมันถ่านหิน ถ่านหินแต่ละขนาดจะนำไปวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น สารระเหย เถ้า และค่าคาร์บอนคงที่ตามวิธีมาตรฐานของการวิเคราะห์โดยประมาณ ซึ่งทั้งประเทศอังกฤษ (BS 1016) ประเทศสหรัฐอเมริกา (ASTM) และประเทศออสเตรีย (AS 1038) ก็ใช้หลักการอย่างเดียวกัน

ในตารางที่ 2.7 เป็นการวิเคราะห์ถ่านหินลิกไนต์ของไทยที่นำมาจากแหล่งแม่เมาะ จังหวัดลำปาง โดยใช้การวิเคราะห์โดยประมาณ ผลจากการวิเคราะห์แสดงให้เห็นชัดว่าปริมาณเถ้าจะเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดของตัวอย่างลดลงไม่ว่าปริมาณเถ้าทั้งหมดจะมากน้อยเพียงใด ค่าความร้อนและกำมะถันนั้นมีแนวโน้มชี้ให้เห็นว่าลดลงเมื่อขนาดลดลง และจะได้ค่าต่ำสุดในถ่านหินที่มีขนาดเล็กกว่า 0.5 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 ผลการวิเคราะห์ขนาดต่างๆ ของถ่านหินลิกไนต์จากแหล่งแม่เมาะ จังหวัดลำปาง (วิเคราะห์โดยประมาณ)[5]

ขนาด (mm) / การวิเคราะห์		2-1	1-0.5	เล็กกว่า 0.5
ความชื้น (% โดยน้ำหนัก)		26.5	27.84	22.72
สารระเหย		35.63	33.40	34.86
เถ้า		8.18	10.24	10.34
เนื้อถ่าน		29.94	28.52	32.08
ค่าความร้อนทางสูง	cal/g	4,038	3,953	3,867
	J/g	16,879	16,523	16,164
ค่าความร้อนทางต่ำ	cal/g	3,862	3,777	3,685
	J/g	16,143	15,789	15,403
กำมะถัน (%โดยน้ำหนัก)		1.62	1.81	1.09
Dry-Ash free Basis				
สารระเหย (%)		54.33	53.94	52.08
เนื้อถ่าน (%)		45.66	46.06	45.24
ค่าความร้อนเชื้อเพลิง	cal/g	6,150	6,245	6,156
	J/g	25,742	26,105	25,731

<u>ประโยชน์ของถ่านหินลิกไนต์</u> [5] จากลักษณะหรือสมบัติของถ่านหินลิกไนต์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น

1. ใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้มตามครัวเรือน โดยทำเป็นถ่านอัดก้อนและใช้ผสมกับเศษวัสดุอื่นได้
2. ใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น โรงงานอุตสาหกรรมเหล็ก โรงบ่มยาสูบ
3. ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า
4. ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิงสังเคราะห์
5. ใช้ในการผลิตก๊าซสังเคราะห์
6. ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสารเคมี เช่น ปุ๋ยแอมโมเนีย ปุ๋ยยูเรีย และแอมโมเนียมซัลเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. นำมาแปรสภาพเป็นถ่านโค้กเทียม เพื่อใช้เป็นส่วนหนึ่งของวัตถุดิบในอุตสาหกรรมถลุงเหล็ก อุตสาหกรรมทำแคลเซียมคาร์ไบด์ และอุตสาหกรรมทำปูนขาว
8. อาจนำมาเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) ซึ่งใช้ในการดูดซับ และฟอกสีในงานอุตสาหกรรมต่างๆได้
9. ในด้านการขนส่ง

ปัญหาที่เกิดจากการใช้ถ่านหินลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิง

1. ถ้าโรงงานที่จะใช้อยู่ห่างจากแหล่งมาก จะทำให้ราคาค่าขนส่งเพิ่มสูงขึ้น
2. การเก็บรักษาและการเตรียมถ่านหินลิกไนต์ก่อนนำมาใช้
3. ปัญหาเรื่องเถ้าและฝุ่นที่หลุดลอยออกไปทำให้เกิดมลภาวะ
4. การปรับปรุงดัดแปลงอุปกรณ์ของเตาเชื้อเพลิงเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้ถ่านหินลิกไนต์
5. แหล่งที่มาของถ่านหินลิกไนต์ ความสม่ำเสมอทั้งในด้านคุณภาพและปริมาณ

การใช้ถ่านหินลิกไนต์ ถึงแม้จะมีปัญหายุ่งยากกว่าการใช้น้ำมัน แต่ถ้าได้เข้าใจวิธีการและเลือกอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับสมบัติของถ่านหินลิกไนต์ก็จะช่วยแก้ปัญหาได้ ในอนาคตถ่านหินลิกไนต์อาจจะเข้ามาเป็นพลังงานทดแทนที่สำคัญ ถึงแม้ว่าปริมาณที่สำรวจพบจะมีไม่มาก แต่ก็มีการสำรวจพบเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ หาดูจากปริมาณที่พบในโลกแล้ว จะเห็นได้ว่ามักพบในประเทศที่พัฒนาแล้วมากที่สุดเพราะประเทศที่พัฒนาได้มีการสำรวจและนำมาใช้ก่อนประเทศอื่นๆ สำหรับประเทศไทยพบแล้วมากกว่า 20 แหล่ง แต่ได้ทำการขุดสำรวจทราบปริมาณเบื้องต้นเพียงไม่กี่แหล่งเท่านั้น แหล่งที่ยังไม่ได้สำรวจปริมาณยังมีอีกมาก

2.3.3 สมบัติของถ่านหิน [9]

1. *ความชื้น* (Moisture) ในถ่านแบ่งได้เป็น ความชื้นอิสระ (Free moisture) และ ความชื้นที่แท้จริง (Inherent moisture)

ความชื้นอิสระ (Free moisture) เป็นความชื้นส่วนที่ให้เราเห็นว่าถ่านหินนั้นชื้น ถ่านหินที่ชื้นมักจะติดภาชนะหรือเครื่องมือทำให้การไหลโดยน้ำหนักของมันเองไม่ดี

ความชื้นที่แท้จริง (Inherent moisture) คือความชื้นที่ยังเหลืออยู่ในถ่านหินหลังจากไล่ความชื้นอิสระ (Free moisture) ออกจากถ่านหินแล้ว เราอาจใช้ความชื้นที่แท้จริง (Inherent moisture) เป็นแนวทางบอกระดับ (Rank) ของถ่านหินได้ ถ่านหินคุณภาพดีจะมีความชื้นแท้จริงน้อย ส่วนถ่านหินลิกไนต์อาจมีความชื้นแท้จริงมากกว่า 50 % ความชื้นไม่มีคุณค่าทางด้านความร้อน ในการเผาไหม้ถ่านหินจะต้องสูญเสียค่าความร้อนเกือบ 0.1 % ต่อทุกๆ 1 % ของความชื้นในถ่านหิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปริมาณความชื้นอิสระหาได้จากการวัดน้ำหนักของถ่านหินที่หายไปเมื่อทิ้งถ่านหินให้แห้งในบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 70 % ในการทำให้แห้งแบบนี้ต้องใช้เวลาหลายวันจึงถึงจุดสมดุล

ปริมาณความชื้นที่แท้จริงหาได้โดยการนำถ่านหินมาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักของถ่านหินคงที่ น้ำหนักที่หายไปลบด้วยน้ำหนักของความชื้นอิสระคือ น้ำหนักความชื้นที่แท้จริง

2. *ปริมาณสารระเหย* (Volatile matter) ในถ่านหินได้แก่ ไอระเหย ก๊าซและน้ำมันดิน (Tar) ที่ระเหยออกจากถ่านหิน เมื่อถูกเผาในภาชนะที่ปราศจากอากาศ ปริมาณสารระเหยหาได้โดยการเผาถ่านหินที่ 800 องศาเซลเซียสในภาชนะปิดที่ปราศจากอากาศเพื่อไม่ให้เกิดการเผาไหม้ของของแข็งที่เหลืออยู่คือ ถ่านโค้ก (Coke) หรือเถ้า (Ash) ส่วนน้ำหนักที่หายไปเป็นน้ำหนักของความชื้นรวม (Total moisture) มีค่าเท่ากับผลรวมของความชื้นอิสระความชื้นที่แท้จริงและส่วนที่ระเหยได้ ดังนั้นเมื่อหักน้ำหนักของปริมาณความชื้นรวมออกก็จะได้น้ำหนักของปริมาณสารระเหย

3. *เถ้า* (Ash) เป็นของแข็งที่เหลือจากการเผาไหม้ถ่านหิน ถ้าสัดส่วนของ CaO, MgO และ FeO ในเถ้าเพิ่มขึ้น อุณหภูมิหลอมตัว (Fusion temperature) ของเถ้าจะลดลง

4. *ปริมาณคาร์บอน* (Fixed carbon) เป็นของแข็งที่เหลือจากการไล่สารระเหยและความชื้นออกจากถ่านและไม่รวมเถ้า ดังนั้น

$$\%\text{Fixed Carbon} = 100 - (\%\text{Moisture} + \%\text{Volatile matter} + \%\text{Ash})$$

5. *กำมะถัน* (Sulfur) ถ่านหินมักมีกำมะถันปนอยู่ในรูปสารประกอบกำมะถันอินทรีย์ (Organic sulfur) นอกจากนี้กำมะถันยังมาจากแร่เหล็ก (Iron) ไพไรต์ (Pyrites) และยิบซั่ม (Gypsum) ที่ปะปนมากับถ่านหิน เมื่อเกิดการเผาไหม้กำมะถันจะติดไฟได้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) พร้อมกับให้ความร้อนออกมา ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ที่เกิดขึ้นนั้นเป็นสารกัดกร่อนและเป็นอันตรายต่อสุขภาพได้

6. *ค่าความร้อน* (Calorific value หรือ Heating value) คือปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ถ่านหินหนึ่งหน่วยน้ำหนักอย่างสมบูรณ์ ค่าความร้อนอาจรายงานได้ 2 วิธี คือ ค่าความร้อนสุทธิ (Gross calorific value หรือ High heating value) และค่าความร้อนรวม (Net calorific value หรือ Low heating value)

ค่าความร้อนสุทธิ (Gross calorific value) เป็นปริมาณความร้อนชื้นที่ได้จากการเผาไหม้ถ่านหิน เมื่อไอน้ำในก๊าซที่เกิดขึ้นกลั่นตัวกลายเป็นน้ำ หมายความว่า ค่าความร้อนที่นี้รวมค่าความ-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

55554

ร้อนแฝง (Latent heat) ของน้ำด้วย ในทางปฏิบัติเราไม่ได้ใช้ประโยชน์จากค่าความร้อนแฝงของน้ำ จึงมีผู้ใช้ค่าความร้อนอีกค่าหนึ่งซึ่งต่ำกว่าเรียกว่า ค่าความร้อนรวม (Net calorific value) เป็นค่าความร้อนที่ไม่รวมค่าความร้อนแฝงของน้ำ ค่าความร้อนสุทธิ (Gross calorific value) อาจประมาณได้จาก Dulong 's Formula ดังนี้

$$Q = [8080 \times \%C + 34460(\%H_2 - O_2/8) + 2550 \times \%S]/100$$

โดยที่ Q คือ ค่าความร้อนสุทธิ (Gross calorific value) มีหน่วยเป็น kcal/kg และ %C , $\%H_2$, %O และ %S เป็นเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอน ไฮโดรเจน และกำมะถัน ในถ่านหินตามลำดับ

Dulong's Formula ใช้ปริมาณค่าความร้อนสุทธิ (Gross calorific value) ของถ่านหินเกรดดี (High rank) ได้แก่ ถ่านบิทูมินัส (Bituminous) และ ถ่านแอนทราไซต์ (Anthracite) ได้ดี แต่ถ้าใช้ถ่านหินเกรดต่ำ (Low rank) แล้วจะได้ค่าที่ไม่ถูกต้องมากนัก

7. *สมบัติการบวมตัว* (Swell property) ถ่านหินจำพวกเกรดดี (High rank) มักจะบวมตัวที่อุณหภูมิสูง และจะเกาะกับก้อนถ่านหินที่อยู่ข้างๆ รวมกันเป็นก้อนคาร์บอนปรากฏการณ์นี้เรียกว่าการเกิดโค้ก (Agglutination หรือ Coking) ถ่านหินพวกนี้เรียกรวมๆว่า Swelling หรือ Coking coal ส่วนพวกถ่านหินเกรดต่ำ (Low rank) คงรูปร่างของมันอยู่ได้ที่อุณหภูมิสูง

8. *อุณหภูมิเถ้าหลอม* (Ash – fusion temperature) คืออุณหภูมิที่เถ้าของถ่านหินเริ่มหลอม อุณหภูมิเถ้าหลอม (Ash – fusion temperature) มีประโยชน์ในการออกแบบ หรือเลือกใช้ชนิดของอุปกรณ์เผาไหม้

2.3.4 <u>การวิเคราะห์ถ่านหิน (Analysis of coal)</u> [5]

เพื่อต้องการทราบถึงส่วนประกอบของธาตุต่างๆ ในถ่านหิน เช่น คาร์บอน ไฮโดรเจน กำมะถัน สารระเหย ความชื้น ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง ฯลฯ ว่ามีมากหรือน้อยเพียงใด ทั้งนี้เพื่อที่จะได้เลือกใช้ถ่านหินแต่ละชนิดให้เหมาะสมกับสภาพงานที่ใช้ และใช้ให้ได้ประโยชน์มากที่สุด

<u>การวิเคราะห์กระทำเพื่อ</u>

- จำแนกถ่านหิน
- การกำหนดราคาถ่านหินตามคุณภาพ
- การควบคุมคุณภาพถ่านหิน
- การเลือกใช้หรือออกแบบอุปกรณ์เผาไหม้
- การคำนวณปริมาณ เช่น ปริมาณถ่านหินและปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ถ่านหินโดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ การวิเคราะห์โดยละเอียด (Ultimate analysis) และการวิเคราะห์โดยประมาณ (Proximate analysis)

1. *การวิเคราะห์โดยละเอียด* (Ultimate analysis) เป็นการนำเอาถ่านหินมาวิเคราะห์หาปริมาณหรือส่วนประกอบของถ่านหินว่า ประกอบด้วยธาตุอะไรบ้างและจำนวนเท่าใด เช่น หาส่วนประกอบเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน กำมะถัน และเถ้า ซึ่งจะนำมาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก (Percent by weight) การวิเคราะห์โดยละเอียดจำเป็นต้องหาส่วนประกอบทั้ง 6 อย่างดังกล่าวมานี้ การวิเคราะห์แบบนี้ต้องทำการทดสอบโดยเทคนิคขั้นสูงในการวิเคราะห์ เพราะต้องหาค่าส่วนประกอบดังกล่าวอย่างละเอียด

2. *การวิเคราะห์โดยประมาณ* (Proximate analysis) เป็นการนำเอาถ่านหินมาทำการทดสอบแบบง่ายๆ ซึ่งจะแสดงส่วนประกอบที่สำคัญบางอย่างของถ่านหิน โดยไม่ต้องวิเคราะห์ทางเคมีให้ได้ค่าที่แน่นอนเหมือนการวิเคราะห์โดยละเอียด สิ่งที่ใช้ในการวิเคราะห์โดยประมาณนี้มี 4 อย่างคือ ความชื้น สารระเหย เนื้อถ่านหรือถ่านคงตัว (Fixed carbon) และเถ้า โดยนำมาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก

2.3.5 <u>กระบวนการแปรรูปถ่านหิน</u> [5]

นอกจากการนำถ่านหินมาเผาไหม้ให้ความร้อนโดยตรงแล้ว ยังมีวิธีการอื่นอีกหลายวิธีที่จะแปรรูปถ่านหินให้กลายเป็นเชื้อเพลิงรูปแบบต่างๆที่สะดวก สะอาด หรืออาจใช้ในการผลิตสารตั้งต้น (Feedstock) สำหรับอุตสาหกรรมเคมีต่างๆ กระบวนการแปรรูปแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

- การผลิตผงคาร์บอนจากถ่านหิน (Coal carbonization) เป็นการกลั่นสลายถ่านหินในที่ที่ไม่มีอากาศโดยใช้ความร้อนอย่างเดียว กระบวนการนี้นิยมในการผลิตถ่านโค้กหรือเชื้อเพลิงแข็งคุณภาพดี

- การผลิตก๊าซจากถ่านหิน (Coal gasification) เป็นการแปรรูปถ่านหินให้กลายเป็นเชื้อเพลิงก๊าซ

- การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalysis) เป็นการแปรรูปถ่านหินโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเข้าช่วยสามารถเร่งปฏิกิริยาและกำหนดชนิดของปฏิกิริยาเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ตามต้องการ

ในแต่ละกระบวนการดังที่กล่าวมานี้ จะมีกรรมวิธีเครื่องปฏิกรณ์และระบบที่ถูกค้นคิดประดิษฐ์ขึ้นมามากมาย ทั้งนี้ก็เพื่อให้การแปรรูปถ่านหินเป็นไปอย่างสมบูรณ์ มีประสิทธิภาพสูงและช่วยแก้ปัญหามลภาวะที่เกิดขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6 วิธีการพัฒนาการใช้ถ่านหิน [5]

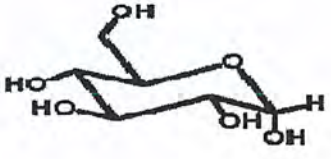
ในปัจจุบันนี้มีวิธีการพัฒนาการใช้ถ่านหินอยู่ 2 ประการคือ

1. การพัฒนาเทคนิคการใช้ถ่านหินโดยตรง คือ การพยายามค้นหาเทคนิคใหม่ๆ ปรับปรุงเทคนิคการใช้ถ่านหินที่มีอยู่เดิมให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยสามารถนำไปใช้กับถ่านหินที่มีคุณภาพต่างกันได้ และสามารถลดมลภาวะที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่านหินให้น้อยลงด้วย ซึ่งช่วยให้การนำถ่านหินมาใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงเป็นไปอย่างกว้างขวางยิ่งขึ้น ปัจจุบันได้มีการทดลองนำถ่านหินบดละเอียดผสมกับน้ำมัน (Coal – oil mixture หรือ COM) เพื่อใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงสำหรับทดแทนน้ำมันในเตาเผาหรือหม้อต้มน้ำที่มีอยู่เดิมในอุตสาหกรรมต่างๆ โดยสามารถใช้ถ่านหินผสมได้ถึง 20 – 50 เปอร์เซ็นต์ แต่วิธีนี้เป็นการแก้ปัญหาในระยะสั้น ในระยะยาวแล้วการพยายามค้นหาเทคนิคการใช้ถ่านอย่างมีประสิทธิภาพเป็นเป้าหมายที่สำคัญในการพัฒนาการใช้ถ่านหิน จากการค้นคว้าทำให้มีการสร้างอุปกรณ์การเผาถ่านหินที่เรียกว่า ฟลูอิไดซ์เบด (Fluidized – bed combustion) ที่มีการปรับปรุงระบบการเผาถ่านหินให้มีประสิทธิภาพดีกว่าเตาเผาชนิดเดิม

2. การพัฒนาเทคนิคการผลิตก๊าซและน้ำมันสังเคราะห์จากถ่านหิน เนื่องจากปริมาณไฮโดรเจนในถ่านหินค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานเชื้อเพลิงธรรมชาติชนิดอื่น ดังนั้นในการแปรสภาพถ่านหินให้เป็นก๊าซหรือน้ำมัน จะต้องอาศัยกระบวนการที่ซับซ้อน เพื่อให้มีการเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนพร้อมกับการลดปริมาณของออกซิเจน ไนโตรเจน และกำมะถันด้วย ในปัจจุบันนี้การผลิตก๊าซจากถ่านหินมีหลายวิธี วิธีที่ใช้ในสมัยก่อนคือ กระบวนการเลอร์ก (Lurgi process) ส่วนวิธีวิงเลอร์ฟลูอิไดซ์เบด (Winkler Fluidizer Bed) และคอปเปอร์สทอตซ์ (Koppers – Totzed ; KT) ก็เป็นการนำเอาถ่านหินที่ผลิตก๊าซเพื่อที่จะนำไปใช้เป็นปุ๋ยและแอมโมเนีย

2.4 แป้ง (Starch) [10]

แป้ง (Starch) เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่อยู่ในอาหารที่มีปริมาณเส้นใยสูงซึ่งสามารถพบได้ในพืช เช่น ข้าวเจ้า และข้าวสาลี เป็นต้น องค์ประกอบทางเคมีของแป้งประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ในอัตราส่วน 6:10:5 เป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทคาร์โบไฮเดรต โครงสร้างของแป้งมีลักษณะเป็นพอลิเมอร์ของหน่วยกลูโคส (Glucose) [11]



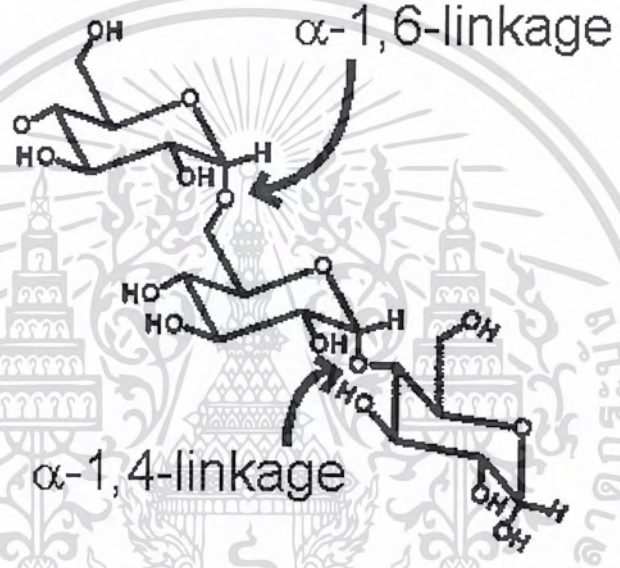
รูปที่ 2.3 โครงสร้างของกลูโคส [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเชื่อมต่อของหน่วยกลูโคส (Glucose units) จะมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ

1. กลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะคาร์บอนที่ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 4 (α-1,4 linkage) สายโซ่ของพอลิเมอร์จะมีลักษณะเป็นสายโซ่ตรง

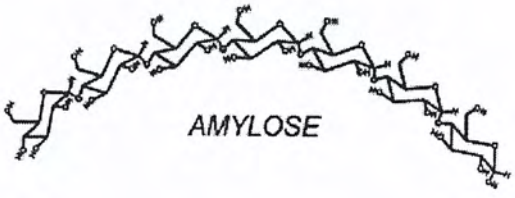
2. กลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะคาร์บอนที่ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 6 (α-1,6 linkage)สายโซ่ของพอลิเมอร์จะมีลักษณะเป็นสายโซ่กิ่ง



รูปที่ 2.4 รูปแบบการเชื่อมต่อของหน่วยกลูโคส [10]

โครงสร้างของแป้ง มีอยู่ 2 ลักษณะคือ

1. อะไมโลส (Amylose) [11] มีลักษณะเป็นพอลิเมอร์เชิงเส้นโครงสร้างโซ่ตรง เกิดจากพันธะแอลฟา 1,4 (α-1,4 linkage) เชื่อมระหว่างสายโซ่โมเลกุลของกลูโคสทำให้มีลักษณะเป็นสายโซ่ตรง ขนาดโมเลกุลนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของหน่วยกลูโคส โดยทั่วไปอยู่ในช่วง 200-2000 หน่วย



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของ Amylose [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl group) จะแสดงถึงสมบัติการชอบน้ำ (Hydrophilic) ของแป้ง เช่น การดูดความชื้น และการกระจายตัวในน้ำ อย่างไรก็ตามเนื่องจากอะไมโลส มีโครงสร้างแบบเชิงเส้นจึงมีความสามารถในการเคลื่อนที่ของโมเลกุลได้ และเนื่องจากมีหมู่ไฮดรอกซิลในโมเลกุลมาก ทำให้สายโซ่ของอะไมโลสมีแนวโน้มที่จัดเรียงตัวในแนวขนานและใกล้เพียงพอที่จะทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond) ระหว่างระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลได้ มีผลทำให้สมบัติการชอบน้ำของแป้ง และการละลายของแป้งลดลง

2. <u>อะไมโลเปกติน</u> (Amylopectin) [11] พอลิเมอร์มีลักษณะเป็นโครงสร้างกิ่งซึ่งเกิดจากการต่อกันด้วยพันธะแอลฟา 1,6 (α-1,6 linkage) เชื่อมระหว่างสายโซ่โมเลกุลของกลูโคสทำให้มีลักษณะเป็นสายโซ่กิ่ง แต่ละกิ่งประกอบด้วยแอนไฮโดรกลูโคสประมาณ 20-30 หน่วย

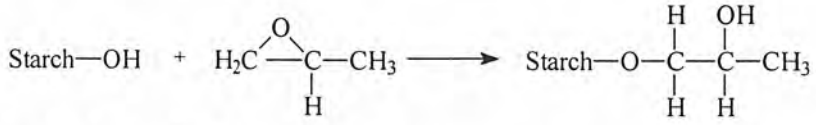
รูปที่ 2.6 โครงสร้างของ Amylopectin [10]

จากรูปที่ 2.6โมเลกุลอะไมโลเปกตินมีขนาดโมเลกุลใหญ่กว่าอะไมโลส และอะไมโลเปกตินเป็นพอลิเมอร์แบบกิ่ง ทำให้การเคลื่อนที่ของโมเลกุลของแป้งลดลง และขัดขวางการเกิดพันธะไฮโดรเจน สารละลายอะไมโลเปกตินในน้ำจะมีลักษณะใส และมีความเสถียรในการเป็นเจล

โดยปกติแป้งบริสุทธิ์ (Pure starch) ไม่สามารถนำมาใช้งานในด้านการบรรจุภัณฑ์ (Packaging) เพราะแป้งบริสุทธ์ไม่สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์ม (Film) ได้ เนื่องจากแป้งบริสุทธิ์จะไม่รวมกับพอลิเมอร์เพื่อให้เกิดเป็นฟิล์ม

ในปัจจุบันได้มีการปรับปรุงลักษณะโครงสร้างโมเลกุลของแป้งโดยการแทนที่หมู่ –OH ในโครงสร้างของแป้งโดยทำปฏิกิริยา Hydroxypropylation ช่วยเพิ่มสมบัติความไม่ชอบน้ำของแป้ง (Hydrophobicity) ทำให้แป้งสามารถเกิดการรวมกับพอลิเมอร์อินทรีย์เพื่อสังเคราะห์เป็นบรรจุภัณฑ์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แป้งจากมันสำปะหลัง เป็นพอลิเมอร์ชีวภาพ (Biopolymer) ประกอบด้วยอะไมโลส และอะไมโลเปกติน ซึ่งทั้งสองนี้เป็นโฮโมพอลิเมอร์ (Homopolymer) ที่ได้จากกลูโคสมาต่อเป็นสายโซ่โมเลกุลยาว หมู่ไฮดรอกซิลในกลูโคสสามารถยึดติดกันด้วยพันธะไฮโดรเจน เมื่ออยู่ในน้ำแป้งจะดูดน้ำและพองตัวอย่างถาวร ทำให้ส่วนผสมมีความหนืดและใส เรียกว่า การสุกหรือเจลาติไนเซชัน (Gelatinisation) แป้งสุกเมื่อทำให้แห้งจะเกาะตัวกันได้ดี จึงสามารถนำมาขึ้นรูปเป็นภาชนะบรรจุรูปทรงต่าง ๆ ได้

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ได้มีการทำวิจัยในเรื่องการอัดแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุต่างๆ ซึ่งงานวิจัยที่มีผู้ที่ได้เคยทำการอัดแท่งเชื้อเพลิงแล้วได้แก่ John Watson Taylor และ Leighton Hennah [12] ทำการวิจัยการยึดเกาะของถ่านหินอัดแท่งจากผงถ่าน โดยศึกษาผลกระทบที่ได้รับจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่มีผลต่อการยึดเกาะของผงถ่านหิน โดยการเพิ่มของอุณหภูมิจะเพิ่มการยึดเกาะของถ่านหินให้มากขึ้น ในทางตรงกันข้ามการลดอุณหภูมิให้ต่ำลงจะทำให้ลดอัตราการรวมตัว (Compaction) การให้ความร้อนกับถ่านหินในฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized bed) ที่อุณหภูมิ 500 – 870 องศาเซลเซียส จะทำให้เกิดการเชื่อมโยงและกลายเป็นคาร์บอน (Carbonizing transform) เนื่องจากปริมาณกำมะถันที่มีอยู่ในผงถ่านทำให้เกิดการเชื่อมโยง

ประลอง ดำรงค์ไทย [13] ได้ทำวิจัยการอัดแท่งเชื้อเพลิงทั้งแบบชนิดอัดร้อน (Hot press process) และอัดเย็น (Cold press process) ของเปลือกทุเรียนสองสายพันธุ์ คือ พันธุ์ชะนีและพันธุ์หมอนทอง โดยการนำเปลือกทุเรียนที่เหลือทิ้ง มาสับด้วยเครื่องหั่นย่อยซากพืชให้มีขนาดประมาณ 8 มิลลิเมตร นำไปตากแดดให้มีความชื้นพอเหมาะต่อการอัดแท่งทั้งสองแบบ แล้วนำไปอัดแท่งเชื้อเพลิงทั้งชนิดแบบอัดร้อนและอัดเย็น นำแท่งเชื้อเพลิงแข็งดังกล่าวมาวิเคราะห์สมบัติทางด้านเชื้อเพลิง โดยการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี (Chemical component analysis) รวมทั้งค่าความร้อน (Heating value) ทดสอบความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง (Density) หาค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระหว่างการอัด (Energy consumption) หาค่าพลังงานดุลต่อชั่วโมง (Hour energy balance) และหาประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน (Heat utilization efficiency) ผลการวิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกทุเรียนจากการอัดแท่งทั้งชนิดอัดร้อนและอัดเย็นของทุเรียนทั้งสองสายพันธุ์ ปรากฏว่าจะมีปริมาณเถ้า (Ash content) และสารระเหย (Volatile matters) ใกล้เคียงกัน คือร้อยละ 5.5 – 8.0 และ 72.4 – 81.1 ตามลำดับ สำหรับค่าคาร์บอนเสถียร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Fixed carbon) ของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดร้อนจะสูงกว่าค่าคาร์บอนเสถียรของการอัดเย็น ในด้านค่าความร้อนของเปลือกทุเรียนอัดแท่งทั้งแบบอัดร้อนและอัดเย็นนั้น แท่งเชื้อเพลิงแบบอัดร้อนจะให้ค่าความร้อนสูงกว่าแบบอัดเย็นเล็กน้อย ค่าความหนาแน่นของเปลือกทุเรียนอัดแท่งแบบอัดร้อนจะมีค่าสูงกว่าแท่งเชื้อเพลิงแบบอัดเย็น ในการทดสอบความหนาแน่นของเปลือกทุเรียนอัดแท่งโดยการหาค่าการทนแรงอัด (Compressive strength) เปลือกทุเรียนอัดแท่งแบบอัดร้อนมีค่าทนแรงอัดสูงที่สุดเท่ากับ 60.2 kg/cm^3 ส่วนแบบอัดเย็นทั้งสองสายพันธุ์มีค่าการทนแรงอัดต่ำ ค่าการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้พบว่าการอัดร้อนจะสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าสูง สำหรับการหาพลังงานคุลย์ต่อชั่วโมง หรือพลังงานจากเชื้อเพลิงอัดแท่งของการอัดทั้งสองแบบปรากฏว่า วิธีการอัดแบบอัดร้อนจะให้พลังงานจากเชื้อเพลิงอัดแท่งมากกว่าการอัดแบบอัดเย็นถึง 3 เท่า ส่วนประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน จะพบว่าเปลือกทุเรียนอัดแท่งแบบอัดร้อนจะให้ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนสูงที่สุด ผลจากการศึกษาสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงและค่าความร้อน รวมทั้งประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของเปลือกทุเรียนอัดแท่งดังกล่าวปรากฏว่า เปลือกทุเรียนอัดแท่งมีสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงใกล้เคียงกับฟืนและถ่าน

ประลอง ดำรงค์ไทย [14] ทำการวิจัยถึง ค่าความร้อน ความหนาแน่น และปริมาณที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ค่าความร้อนและความหนาแน่นที่สูงที่สุด ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้ชานอ้อยและขุยมะพร้าวโดยใช้ชานอ้อยเป็นวัตถุดิบหลัก ผสมชานอ้อยเน่าเปื่อยกับขุยมะพร้าวในอัตราส่วน 1:1 , 2:1 , 3:1 และ 4:1 ตามลำดับ และใช้วิธีการอัดแท่งเชื้อเพลิงอัดแท่งเป็นแบบอัดเย็น ซึ่งจากการทดลองพบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีชานอ้อยอย่างเดียวจะให้ค่าความร้อนสูงสุดที่ 3,172 cal/g และมีความหนาแน่นสูงสุดคือ 0.98 g/m^3 เมื่อเทียบกับตัวอย่างอื่นๆ พบว่าเมื่อปริมาณชานอ้อยลดลง ค่าความร้อนและความหนาแน่นของเชื้อเพลิงอัดแท่งจะลดลง และความเร็วในการอัดเชื้อเพลิงอัดแท่งเมื่อนำชานอ้อยมาผสมกับขุยมะพร้าวในแบบ 1:1 และ 2:1 จะทำให้กระบวนการอัดแท่งเชื้อเพลิงอัดแท่งได้เร็วที่สุด

ประลอง ดำรงค์ไทย [15] การศึกษาผลผลิตและคุณภาพของถ่านไม้จากสวนป่ายูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่ระยะปลูก 2x2, 2x3 และ 2x4 เมตร อายุ 5 ปี และระยะปลูก 4x4 เมตร อายุ 10 ปี จากส่วนป่าลาดกระทิง บริษัท ไม้อัดไทย จำกัด ตำบลลาดกระทิง อำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยศึกษาผลผลิตถ่านเฉลี่ยต่อ 1 ไร่ของไม้ที่ปลูกระยะต่างๆ กันด้วยวิธีการเผาด้วยเตาเผาถ่าน (Brick Beehive Kiln) ขนาด 8 ลูกบาศก์เมตร และวิเคราะห์คุณภาพของถ่านที่ได้จากไม้ยูคาลิปตัสในด้านประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านในการหุงต้ม ได้แก่ การติดไฟ การแตกปะทุ การเกิดควัน อัตราการเผาไหม้ คุณภาพของถ่าน ค่าความร้อนและการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าผลผลิตถ่านไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากระยะปลูก 2x3 เมตร จะมีค่าเท่ากับ 1,958

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าระยะปลูก 2x2 และ 2x4 เมตร ในชั้นอายุหรือรอบตัดฟัน 5 ปี ส่วนระยะปลูก 4x4 เมตร ในชั้นอายุหรือรอบตัดฟัน 10 ปี จะให้ผลผลิตถ่าน 2,199 กิโลกรัมต่อไร่ โดยจะสูงกว่าระยะ 2x3 เมตร ค่าความร้อนของถ่านไม้จากระยะ 2x3, 2x4 และ 2x2 เมตร มีค่า 6,988, 6,924 และ 6,769 cal/g ตามลำดับ โดยค่าความร้อนจากระยะ 4x4 เมตร ซึ่งมีชั้นอายุ 10 ปี มีค่า 7,177 cal/g ซึ่งสูงกว่าระยะอื่นเล็กน้อย ประสิทธิภาพการใช้งานจะมีค่า 32.74% สำหรับถ่านไม้จากระยะปลูก 2x3 เมตร ซึ่งสูงกว่าอีก 3 ระยะที่มีค่า 29.91, 29.81 และ 28.27% จากระยะปลูก 2x4, 2x2 และ 4x4 เมตรตามลำดับ คุณภาพของถ่านจะมีการติดไฟดีทั้งหมด การแตกปะทุเฉลี่ยไม่มี และควันมีน้อยมาก ปริมาณสารที่ระเหยได้จะแตกต่างกัน กล่าวคือ ถ่านไม้จากระยะปลูก 2x3, 2x4 และ 4x4 เมตร เท่ากับ 25.96, 33.40, 28.16 และ 28.62 % ตามลำดับ สำหรับค่าคาร์บอนเสถียร พบว่าถ่านไม้ยูคาลิปตัสฯ จากระยะปลูก 2x3 เมตร จะมีค่าคาร์บอนเสถียรเท่ากับ 68.82% ซึ่งสูงกว่าจากระยะปลูก 2x4, 2x2 และ 4x4 เมตร ซึ่งเท่ากับ 60.93, 66.37 และ 66.16% ตามลำดับ สรุปได้ว่าปริมาณหรือผลผลิต ตลอดจนคุณภาพของถ่านจากไม้สวนป่ายูคาลิปตัส จากระยะปลูก 2x3 เมตร ของชั้นอายุหรือรอบตัดฟัน 5 ปี จะได้ผลผลิตและคุณภาพดีกว่าระยะปลูก 2x2 และ 2x4 เมตร ในชั้นอายุเดียวกัน ส่วนถ่านจากไม้ระยะ 4x4 เมตร ที่มีชั้นอายุ 10 ปี จะให้ผลผลิตสูงกว่าชนิดอายุ 5 ปี และมีคุณภาพตลอดจนค่าความร้อนที่สูงกว่าด้วย

Eimi Araki, Takeo Sakai, Seizaburo Takai และ Sekiro Komori [7] เตรียมถ่านหินอัดแท่งจากผงถ่านหินที่ถูกบดเป็นผงแล้วทำการผสมเป็นกลุ่มก้อนด้วย Caking agent เมื่อนำผงถ่านหินไปอัดขึ้นรูปในแม่แบบ โดยถ่านหินที่ใช้เป็นชนิด Taiheiyo 20, Taiheiyo 50, Taiheiyo 70, Ibid และ KIB ส่วน Caking agent ใช้ PDA (Propane – deasphalted asphalt) ที่สัดส่วนต่างกัน งานวิจัยนี้ศึกษาถึงผลของปัจจัยต่างๆ ซึ่งประกอบด้วย ความเร็วของการผสม ปริมาณและชนิดของผงถ่านหิน และปริมาณกับชนิดของ Caking agent ที่มีผลต่อขบวนการผลิต ค่า Crushing hardness และค่าความถ่วงจำเพาะของถ่านหินอัดแท่ง

Friedrich Franke, Werner Wenzel, Mohamed Meraikib และ Hans Berkenkamp [16] ได้ทำการเตรียมถ่านหินอัดแท่งจากผงถ่านหินสีน้ำตาล (Brown coal) โดยนำผงถ่านหินมาทำให้แห้ง จากนั้นให้ความร้อนครั้งแรกโดยควบคุมอุณหภูมิอยู่ในช่วง 300–320 ^{0}C โดยเพิ่มความร้อน 30 – 60 ^{0}C ต่อนาที ให้ความร้อนครั้งที่ 2 ควบคุมอุณหภูมิอยู่ในช่วง 350–400 ^{0}C โดยเพิ่มความร้อน 1–10 ^{0}C ต่อนาที การให้ความร้อนในครั้งแรกจะทำให้ผงถ่านหินเกิดการรวมตัวกัน ในส่วนการให้ความร้อนครั้งที่ 2 จะให้ความดันประมาณ 1200–2000 kp/cm^{2}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hehment Yildirim และ Gulhan Ozbayoglu [17] ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเอลบิสทันลิกไนต์ (Elbistan lignite) เป็นแอมโมเนียมไนโตรฮิวเมต (Ammoniumnitrohumate) และการใช้เป็นสารยึดถ่านหิน โดยจะศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของกรดไนตริกสำหรับใช้ในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) และแอมโมเนียชัน (Ammoniation) ซึ่งพบว่าปริมาณกรดไนตริกที่เหมาะสมคือ กรดไนตริกที่เข้มข้น 4.87 % โดยน้ำหนัก จะทำให้ได้แอมโมเนียมไนโตรฮิวเมต ที่เข้มข้น 10.75 % โดยน้ำหนัก และนำไปใช้เป็นสารยึดในการผลิตถ่านหินอัดแท่งจากผงถ่านหินลิกไนต์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การดำเนินงานวิจัย

3.1 สารเคมี

1. ผงถ่านกะลา จากบริษัท V.S.Coal Dust Industry จำกัด
2. เปลือกทุเรียนสวนกรุณานนท์ จังหวัดระยอง
3. แป้งมันสำปะหลัง เกรดการค้า จากบริษัท อี.ที.ซี.เอี๊ยบตงจั่น จำกัด
4. ผงถ่านหินแอนทราไซต์ จากบริษัท V.S.Coal Dust Industry จำกัด
5. ผงถ่านหินลิกไนต์ จากบริษัท V.S.Coal Dust Industry จำกัด
6. กรดเบนโซอิก (Benzoic acid)

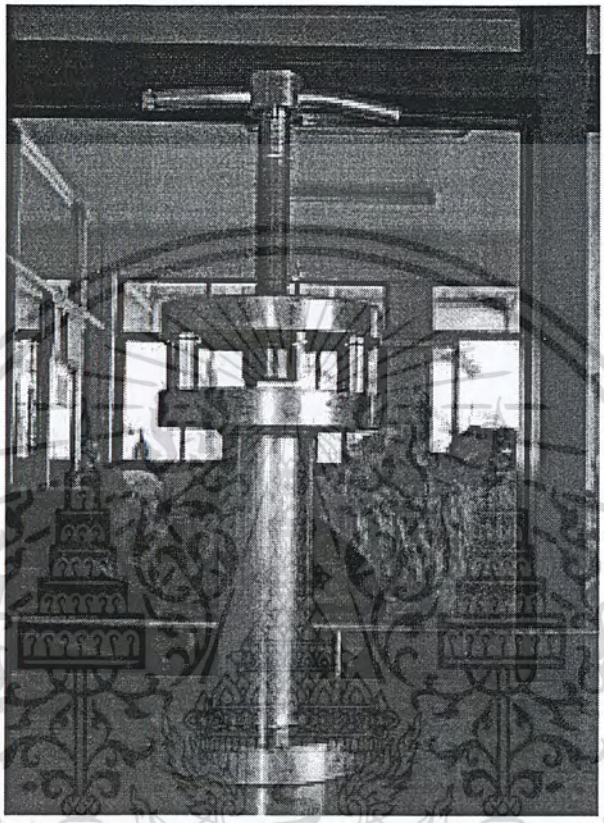
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องมือขึ้นรูปถ่านอัดแท่ง ดังแสดงในรูปที่ 3.1 สำหรับขึ้นรูปถ่านอัดแท่งความยาวประมาณ 135 mm เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 38.0 mm เส้นผ่านศูนย์กลางของช่องว่างแกนกลาง 13.14 mm
2. ชุดใบพัดปั่นกวน
3. เครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ รุ่น A007303 บริษัท Callenkamp
4. เครื่อง Universal Testing Machine
5. เครื่อง Grinding Machine
6. เตาเผาทดสอบถ่านหิน
7. เตาเผา (Furnace) รุ่น 6000 บริษัท Thermolyne
8. เครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัส รุ่น Raynger MX บริษัท Raytex
9. เทอร์โมมิเตอร์
10. เครื่องชั่งสารอย่างละเอียด รุ่น TC-254 บริษัท Denver Instrument
11. ตู้อบแบบอากาศร้อน รุ่น UM4000 บริษัท Memmert
12. ครกบดสาร
13. เครื่องร่อนสาร
14. ตะแกรงร่อนสารเบอร์ 35
15. ตะเกียงบุนเสน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16. แก๊สหุงต้ม

17. ครูซิเบิล (Crucible)



รูปที่ 3.1 เครื่องมือขึ้นรูปถ่านอัดแท่ง

3.3 ขั้นตอนการวิจัย

ในงานวิจัยนี้จะทำการขึ้นรูปถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาและผงถ่านเปลือกทุเรียน โดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นสารยึด และใช้ผงถ่านหินแอนทราไซต์และผงถ่านหินลิกไนต์เป็นสารเติมแต่ง

3.3.1 <u>การเตรียมผงถ่านจากเปลือกทุเรียน</u>

1. นำเปลือกทุเรียนสดมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ขนาดชิ้นละประมาณ 5 เซนติเมตร นำไปตากแดดให้แห้ง

2. นำปี๊บเหล็กรูปสี่เหลี่ยมขนาด 24×24×34.5 เซนติเมตร มาตัดฝาออกไปส่วนหนึ่ง เพื่อเป็นช่องสำหรับบรรจุเปลือกทุเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำเปลือกทุเรียนแห้งใส่ลงในปี๊บประมาณ 1/4 ของปริมาตรปี๊บ จากนั้นก่อไฟในเตาเผา นำปี๊บที่บรรจุเปลือกทุเรียนไปวางบนเตาเผา และปิดช่องบริเวณฝาปี๊บด้วยแผ่นเหล็กแต่แง้มให้มีช่องเล็กๆ เพื่อให้อากาศผ่านเข้าไปภายในปี๊บได้ จากนั้นเผานานประมาณ 1.5-2 ชั่วโมง

4. ยกปี๊บลงจากเตาเผา เทเปลือกทุเรียนที่เผาแล้วออกจากปี๊บ พรมน้ำลงไปเล็กน้อยเพื่อดับไฟที่ยังคุอยู่ตามเปลือกทุเรียน

5. นำถ่านเปลือกทุเรียนไปตากแดดให้แห้งอีกครั้ง จากนั้นนำถ่านเปลือกทุเรียนไปบดด้วยเครื่อง Grinding Machine

6. นำผงถ่านเปลือกทุเรียนไปร่อนแยกขนาดด้วยเครื่องร่อน โดยใช้ตะแกรงร่อนสารเบอร์ 35 นำผงถ่านเปลือกทุเรียนที่ผ่านตะแกรงร่อนมาใช้ในงานวิจัยต่อไป

3.3.2 <u>การหาอัตราส่วนของสารยึดโดยน้ำหนักของของแข็งที่เหมาะสมในการขึ้นรูปถ่านอัดแท่ง</u>

1. นำน้ำกลั่น 200 g มาให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิประมาณ 80 °C จากนั้นเติมแป้งหนัก 30 g (10 %w/w) ลงในน้ำกลั่นร้อน คนให้ผสมเข้ากัน

2. นำผงถ่านกะลาขนาดไม่เกิน 35 mesh หนัก 270 g (90 % w/w) มา เติมสารละลายจากข้อ 1 ลงไป

3. ผสมให้เข้ากันโดยใช้ชุดใบพัดปั่นกวน ปั่นกวนจนกระทั่งผสมเข้ากันได้ดี จะได้ของผสมที่มีอัตราส่วนของแข็งต่อน้ำกลั่นเป็น 3:2 มีสารยึดในอัตราส่วน 10 %w/w ของของแข็งและไม่ใช้สารเติมแต่ง

4. นำของผสมใส่ในแม่แบบและทำการอัดขึ้นรูป จะได้ถ่านอัดแท่งที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 38.0 mm มีเส้นผ่านศูนย์กลางของช่องว่างแกนกลาง 13.14 mm

5. นำชิ้นงานที่ได้ออกจากแม่แบบ นำไปอบที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 10 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่

6. นำถ่านอัดแท่งที่ได้ไปทดสอบสมบัติต่างๆ ต่อไป

7. เตรียมถ่านอัดแท่งสูตรใหม่โดยเปลี่ยนอัตราส่วนของแป้งจาก 10 %w/w เป็น 8 %w/w (24 g) และ 12 %w/w (36 g) ของของแข็งตามลำดับ ปริมาณผงถ่านกะลา และแป้งที่ใช้ในส่วนผสมแสดงในตารางที่ 3.1 เปรียบเทียบความยากง่ายในการขึ้นรูปถ่านอัดแท่งแต่ละสูตรเพื่อเลือกอัตราส่วนของสารยึดในการขึ้นรูปถ่านอัดแท่งสำหรับการศึกษาขั้นต่อไป

3.3.3 <u>การศึกษาผลของปริมาณสารเติมแต่งต่อสมบัติของถ่านอัดแท่ง</u>

1. นำน้ำกลั่น 200 g มาให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิประมาณ 80 °C จากนั้นเติมแป้งหนัก 30 g (10 %w/w) ลงในน้ำกลั่นร้อน คนให้ผสมเข้ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำผงถ่านกะลาขนาดไม่เกิน 35 mesh หนัก 255 g (85 %w/w) มาผสมกับผงถ่านหินแอนทราไซต์ขนาดไม่เกิน 35 mesh หนัก 15 g (5 %w/w) จากนั้นเติมสารละลายจากข้อ 1 ลงไป

3. ผสมให้เข้ากันโดยใช้ชุดใบพัดปั่นกวน ปั่นกวนจนกระทั่งผสมเข้ากันได้ดี จะได้ของผสมที่มีอัตราส่วนของแข็งต่อน้ำกลั่นเป็น 3:2 มีแป้งในอัตราส่วน 10 %w/w ของของแข็ง และผงถ่านหินแอนทราไซต์ในอัตราส่วน 5 %w/w ของของแข็ง

4. นำของผสมใส่ในแม่แบบและทำการอัดขึ้นรูป นำชิ้นงานที่ได้ออกจากแม่แบบ นำไปอบที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 10 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่

5. นำถ่านอัดแท่งที่ได้ไปทดสอบสมบัติต่างๆ ต่อไป

6. เตรียมถ่านอัดแท่งสูตรใหม่โดยเปลี่ยนปริมาณผงถ่านหินแอนทราไซต์จาก 5 %w/w เป็น 10 %w/w (30 g) ของของแข็ง เปรียบเทียบสมบัติของถ่านอัดแท่งแต่ละสูตร ปริมาณผงถ่านกะลาและแป้งที่ใช้ในส่วนผสมแสดงในตารางที่ 3.1

3.3.4 <u>การศึกษาผลของชนิดสารเติมแต่ง</u>

1. ทำการทดลองตามหัวข้อที่ 3.3.3 แต่เปลี่ยนชนิดของสารเติมแต่งจากผงถ่านหินแอนทราไซต์เป็นผงถ่านหินลิกไนต์ขนาดไม่เกิน 35 mesh

3.3.5 <u>การศึกษาผลของชนิดผงถ่าน</u>

1.) เมื่อไม่ใช้สารเติมแต่ง

ทำการทดลองตามหัวข้อที่ 3.3.2 แต่เปลี่ยนชนิดของผงถ่านจากผงถ่านกะลาเป็นผงถ่านเปลือกทุเรียนขนาดไม่เกิน 35 mesh ใช้อัตราส่วนของแข็งต่อน้ำกลั่น อัตราส่วนของสารยึด และอัตราส่วนของสารเติมแต่งคงเดิมแต่เปลี่ยนปริมาณที่ใช้ โดยปริมาณผงถ่านเปลือกทุเรียน แป้ง และผงถ่านหินที่ใช้ในส่วนผสมแสดงในตารางที่ 3.1

2.) เมื่อใช้ผงถ่านหินแอนทราไซต์เป็นสารเติมแต่ง

ทำการทดลองตามหัวข้อที่ 3.3.3 แต่เปลี่ยนชนิดของผงถ่านจากผงถ่านกะลาเป็นผงถ่านเปลือกทุเรียนขนาดไม่เกิน 35 mesh ใช้อัตราส่วนของแข็งต่อน้ำกลั่น อัตราส่วนของสารยึด และอัตราส่วนของสารเติมแต่งคงเดิมแต่เปลี่ยนปริมาณที่ใช้ โดยปริมาณผงถ่านเปลือกทุเรียน แป้ง และผงถ่านหินที่ใช้ในส่วนผสมแสดงในตารางที่ 3.1

3.) เมื่อใช้ผงถ่านหินลิกไนต์เป็นสารเติมแต่ง

ทำการทดลองตามหัวข้อที่ 3.3.3 แต่เปลี่ยนทั้งชนิดของผงถ่านจากผงถ่านกะลาเป็นผงถ่านเปลือกทุเรียน และชนิดของสารเติมแต่งจากผงถ่านหินแอนทราไซต์เป็นผงถ่านหินลิกไนต์ตามลำดับ ใช้อัตราส่วนของแข็งต่อน้ำกลั่น อัตราส่วนของสารยึด และอัตราส่วนของสารเติมแต่งคง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดิมแต่เปลี่ยนปริมาณที่ใช้ โดยปริมาณผงถ่านเปลือกทุเรียน แป้ง และผงถ่านหินที่ใช้ในส่วนผสมแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ปริมาณสารที่ใช้ในถ่านอัดแท่ง

ขั้นตอน	ปริมาณสารที่ใช้				
	ผงถ่านหิน	ผงถ่าน	แป้ง	น้ำกลั่น	รวม
3.3.2	0%= 0 g	92%= 276 g	8% = 24 g	200 g	500 g
		90%= 270 g	10%= 30 g	200 g	500 g
		88%= 264 g	12%= 36 g	200 g	500 g
3.3.3	5%= 15 g	85%= 255 g	*10%= 30 g	200 g	500 g
	10%= 30 g	80%= 240 g	*10%= 30 g	200 g	500 g
3.3.5	0%= 0 g	90%= 202.5 g	*10%= 22.5 g	150 g	375 g
	**5%= 11.25 g	85%= 191.25 g	*10%= 22.5 g	150 g	375 g

หมายเหตุ *เป็นอัตราส่วนของสารยึดที่เลือกแล้วจากขั้นตอนที่ 3.3.2

**เป็นอัตราส่วนของสารเติมแต่งที่เลือกแล้วจากขั้นตอนที่ 3.3.3 และ 3.3.4

3.3.6 การทดสอบสมบัติต่างๆ ของถ่านอัดแท่ง

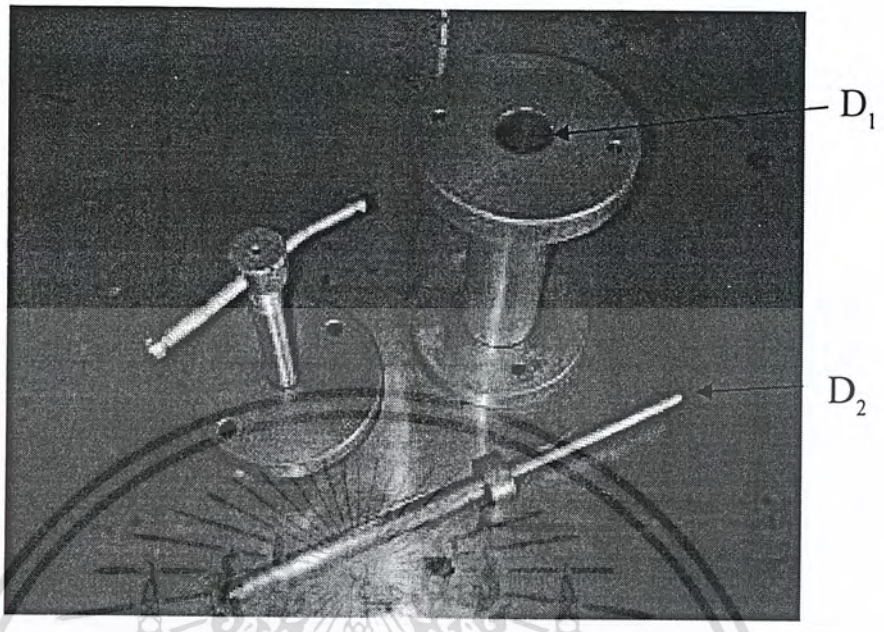
3.3.6.1 การหาความหนาแน่นรวม (Bulk Density) และขนาด (Dimension) ของถ่านอัดแท่งที่เตรียมได้

1. วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของถ่านอัดแท่ง (D_1)
2. วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของถ่านอัดแท่ง (D_2)
3. วัดความสูงของถ่านอัดแท่ง (h)
4. ชั่งน้ำหนักของถ่านอัดแท่ง (m)
5. คำนวณหาความหนาแน่นของถ่านจากสมการ

$$\rho = \frac{4m}{\pi h (D_1^2 - D_2^2)}$$

หมายเหตุ : ความหนาแน่นที่ได้เป็นความหนาแน่นโดยประมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ชิ้นส่วนเครื่องมือขึ้นรูปถ่านอัดแท่ง

3.3.6.2 การทดสอบหาปริมาณความชื้นรวม (Total Moisture) ตามมาตรฐานทดสอบ ASTM D 3173 [18]

1. นำครูซิเบิลเปล่ามาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 104-110 °C จนกระทั่งแห้ง แล้วนำมาใส่ในเดซิเคเตอร์ทิ้งไว้ให้เย็นเป็นเวลา 15-30 นาที จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก

2. นำถ่านที่ผ่านการบดแล้วร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 35 มาชั่งใส่ครูซิเบิลประมาณ 1 กรัม แล้วรีบปิดฝาอย่างรวดเร็ว

3. นำครูซิเบิลใส่ตู้อบที่อุณหภูมิ 104-110 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำออกจากตู้อบ แล้วทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิเคเตอร์ แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก

4. นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นรวม จากสมการ

$$\text{ปริมาณความชื้นรวม(\%)} = \frac{(A - B) \times 100}{A}$$

เมื่อ A = น้ำหนัก (กรัม) ของตัวอย่างก่อนให้ความร้อน

B = น้ำหนัก (กรัม) ของตัวอย่างหลังจากให้ความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.6.3 การทดสอบหาปริมาณเถ้า (Ash) ตามมาตรฐานทดสอบ ASTM 3174 [19]

1. นำผงถ่านที่ผ่านกระบวนการทดสอบหาปริมาณความชื้นรวม (Total moisture) มาชั่งน้ำหนักประมาณ 1 กรัม และชั่งน้ำหนักครูซิเบิล

2. นำผงถ่านใส่ในครูซิเบิลแล้วทำการไล่ความชื้นโดยการให้ความร้อน เพื่อไล่ความชื้นที่อาจจะเกิดขึ้นจากการเผาในเตาเผา

3. ปิดฝาครูซิเบิลแล้วนำไปใส่ในเตาเผา (Furnace) ให้ความร้อนโดยให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 450-500 °C ภายในเวลา 1 ชั่วโมง

4. ยังคงให้ความร้อนต่อไปจนอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 700-750 °C ภายในชั่วโมงที่ 2

5. ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 700-750 °C ต่อไปอีก 2 ชั่วโมง แล้วนำออกจากเตาเผาใส่ไว้ในเดซิเคเตอร์ทิ้งไว้ให้เย็น

6. นำครูซิเบิลที่เย็นแล้วไปชั่งน้ำหนัก

7. นำผลที่ได้ไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของเถ้า (%Ash) โดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$\%Ash = \frac{(A - B) \times 100}{C}$$

เมื่อ A = น้ำหนักครูซิเบิล ถ่านและเถ้าที่เหลือจากการเผา (Ash residue) (กรัม)

B = น้ำหนักครูซิเบิลเปล่า (กรัม)

C = น้ำหนักถ่าน (กรัม)

3.3.6.4 การทดสอบหาค่าปริมาณความร้อนของการเผาไหม้ (Heat of combustion) โดยใช้เครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ตามมาตรฐานทดสอบ ASTM 2015 [20]

1. ชั่งน้ำหนักถ้วยเปล่า (Ignition cup) พร้อมเส้นด้ายความยาว 12 cm ทำการบันทึกน้ำหนัก

2. ชั่งกรดเบนโซอิกประมาณ 1.2 g นำมาอัดขึ้นรูปพร้อมกับด้ายแล้วนำไปชั่งน้ำหนักอีกครั้ง ทำการบันทึกน้ำหนักของสารตัวอย่าง

3. นำกรดเบนโซอิกที่อัดเป็นเม็ดแล้วมาใส่ในถ้วยแล้วผูกปลายด้ายกับลวดความยาว 6 cm ที่ต่อขั้วอิเล็กโทรด 2 ขั้วที่อยู่ในส่วนของ Head Bomb

4. นำ Head Bomb มาประกอบ Bomb แล้วหมุนสกรูให้แน่น

5. ทำการผ่านแก๊สออกซิเจนให้ภายใน Bomb มีความดันประมาณ 25 atm แต่ไม่เกิน 30 atm

6. ทำการทดสอบการซึมผ่านของแก๊สโดยนำน้ำกลั่นมาเทบริเวณรอบๆ รอยต่อของ Bomb ถ้ามีฟองอากาศแสดงว่ามีการซึมผ่านของแก๊สเกิดขึ้น

7. นำ Bomb ใส่ไว้ใน Bucket แล้วใส่น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ปรับอุณหภูมิของน้ำรอบ Bomb และ Jacket ให้มีอุณหภูมิใกล้เคียงกันโดยไม่ควรต่างกันเกิน 1 °C

9. ปิดฝาของ Bomb calorimeter แล้วทดสอบว่าขั้วจุดระเบิดตรงกับขั้วของอิเล็กโทรดหรือไม่โดยกดปุ่ม Test ถ้าไฟติดแสดงว่าตรงกัน

10. กดปุ่ม Vibration ประมาณ 2 วินาที แล้วทำการติดไฟ (Spark) ประมาณ 3 วินาที

11. ทำการบันทึกอุณหภูมิเริ่มต้นและบันทึกอุณหภูมิของน้ำรอบ Bomb ทุกๆ 10 วินาที จนกระทั่งอุณหภูมิคงที่แล้วนำไปเขียนกราฟ เพื่อหา ΔT

12. ปิดเครื่องและนำ Bomb ออกแล้วทำการปล่อยแก๊สออก นำ Head Bomb ออกจาก Bomb ดูว่ามีลวดและด้ายเหลือหรือไม่แล้วทำการจดบันทึกความยาวที่เหลือ

13. ทำการคำนวณหาค่า Energy equivalent of calorimeter (W) เมื่อค่าความร้อนสุทธิ (Gross heat of combustion) ของกรดเบนโซอิก = 26,463.72 J/g = 6320.45 cal/g

Gross heat of combustion = $[(\Delta T \times W) - e_1 - e_2 - e_3 - e_4] / g$

เมื่อ W = Energy equivalent of calorimeter

e_1 = การแก้ค่าความร้อนของการเกิด HNO_3 = 1.4 × ml ของ 0.0725 N Na_2CO_3

e_2 = การแก้ค่าความร้อนของการเกิด H_2SO_4 = 22.6 × (%S)

e_3 = การแก้ค่าความร้อนของขดลวด = (335 × 2.479 × 0.001) × ความยาวลวดที่ถูกเผาไหม้

e_4 = การแก้ค่าความร้อนของด้ายฝ้าย (cotton) = (4180 × 8.8 × 0.001) × ความยาวด้ายที่ถูกเผาไหม้

14. ทำการทดลองซ้ำข้อที่ 1-12 แต่เปลี่ยนจากกรดเบนโซอิกเป็นถ่านหินที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงร่อนเบอร์ 35

15. นำค่า W ที่คำนวณได้จากข้อที่ 13 เพื่อนำมาคำนวณค่าความร้อนของการเผาไหม้สุทธิ (Gross heat of combustion)

3.3.6.5 การทดสอบเวลาในการเผาไหม้และอุณหภูมิที่วัดได้จากการเผา

1. ตัดถ่านอัดแท่ง โดยให้ถ่านที่ตัดได้มีน้ำหนักประมาณ 12 กรัม

2. จุดตะเกียงบุนเสน

3. นำถ่านที่ตัดได้ไปจ่อที่ตะเกียงบุนเสนบริเวณพื้นที่หน้าตัดเป็นเวลา 20 วินาที จากนั้นวางลงบนถาดอะลูมิเนียม

4. วัดอุณหภูมิที่ได้ด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัส จากนั้นวัดอุณหภูมิทุกๆ 5 นาที จนกระทั่งไฟมอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.6.6 การทดสอบสมบัติเชิงกล โดยใช้เครื่อง Universal Testing Machine ตามมาตรฐาน ASTM D 1621-73 [21]

1. ตั้งสภาวะเครื่องตามมาตรฐาน ASTM D 1621-73

2. นำถ่านอัดแท่งมาตัดโดยให้มีความสูงอยู่ในช่วง 25-30 mm ตามมาตรฐาน ASTM D 1621-73

3. นำถ่านอัดแท่งที่ตัดแล้วมาขัดผิวหน้าด้วยกระดาษทรายให้เรียบและวัดความสูงที่แน่นอน

4. ใช้หัวกดแบบหน้าเรียบในการทดสอบความแข็งแรงกดอัด โดยวางให้แนบชิดกับชิ้นงานพอดี

5. ทำการกดอัด และบันทึกค่าต่างๆ เพื่อนำไปคำนวณหาค่าความแข็งแรงกดอัด (Compressive strength) และค่าเปอร์เซ็นต์ความเครียดที่จุดเสียสภาพ (%Strain at rupture)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 ปริมาณของสารยึดที่เหมาะสมในการขึ้นรูป

ในงานวิจัยนี้ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นสารยึด การศึกษาปริมาณของแป้งที่เหมาะสมในการขึ้นรูป ทำโดยการเตรียมส่วนผสมได้แก่ ผงถ่านกะลาขนาดไม่เกิน 35 mesh แป้ง และน้ำกลั่นตามสูตรดังนี้คือ ปริมาณของแข็ง (ผงถ่านกะลาและแป้ง) : ของเหลว (น้ำกลั่น) เป็น 3:2 และใช้ปริมาณแป้งในของแข็งทั้งหมดเป็น 8 %w/w, 10 %w/w และ 12 %w/w ตามลำดับ ปริมาณของสารต่างๆ ที่ใช้แสดงในตารางที่ 4.1

เมื่อปั่นกวนส่วนผสมจนเข้ากันแล้ว นำไปอัดขึ้นรูปในแม่แบบ พบว่าถ้าใช้ปริมาณแป้งเป็น 8 %w/w ผงถ่านยึดติดกันได้ไม่ดี ระหว่างการถอดออกจากแม่แบบ สามารถแตกหักง่าย และพบว่าปริมาณแป้งที่สามารถทำให้ผงถ่านยึดติดกันได้ดีคือ 10 %w/w ส่วนการใช้ปริมาณแป้ง 12 %w/w นั้นทำให้ผงถ่านจับตัวกันมากจนมีลักษณะแฉะข้น เมื่อขึ้นรูปเป็นแท่งถ่านแล้วไม่คงรูป แกะออกจากแม่พิมพ์ได้ยาก และไหลได้เล็กน้อย ดังนั้นจึงเลือกปริมาณแป้ง 10 %w/w เป็นปริมาณสารยึดที่เหมาะสมในการทดลองตอนต่อไป

ตารางที่ 4.1 ปริมาณสารที่ใช้ในถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาล้วน

ปริมาณสารที่ใช้			
ผงถ่านกะลา	แป้ง	น้ำกลั่น	รวม
92%= 276 g	8% = 24 g	200 g	500 g
90%= 270 g	10%= 30 g	200 g	500 g
88%= 264 g	12%= 36 g	200 g	500 g

4.2 ผลของปริมาณและชนิดของสารเติมแต่งต่อสมบัติของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลา

จากการทดลองเตรียมถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาโดยใช้ปริมาณแป้ง 10 %w/w นำไปอบให้แห้งและทดสอบการติดไฟ พบว่าติดไฟได้ดี สามารถติดไฟได้ทันทีที่นำไปจ่อกับเปลวไฟจากตะเกียงบุนเสน และให้ความร้อนสูง แต่จะให้ความร้อนสูงได้เพียงช่วงที่เริ่มติดไฟประมาณ 30 นาทีแรกเท่านั้น ต่อจากนั้นความร้อนจะค่อยๆ ลดลง ดังนั้นจึงทดลองทำการปรับปรุงด้วยสารเติมแต่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำพวกผงถ่านหินได้แก่ผงถ่านหินแอนทราไซต์และผงถ่านหินลิกไนต์ โดยมีสมมติฐานว่าการเติมผงถ่านหินอาจช่วยให้ถ่านอัดแท่งให้ความร้อนสูงได้นานขึ้น

ในการศึกษาผลของปริมาณ และชนิดของสารเติมแต่งที่มีต่อถ่านอัดแท่งทำได้โดยการใช้ปริมาณแป้งในของแข็งทั้งหมดเป็น 10 %w/w และใช้ผงถ่านหินแอนทราไซต์และผงถ่านหินลิกไนต์ขนาดไม่เกิน 35 mesh ในปริมาณ 5 %w/w และ 10 %w/w ในของแข็งทั้งหมดเป็นสารเติมแต่ง ปริมาณสารต่างๆ ที่ใช้นั้น แสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ปริมาณสารที่ใช้ในถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาผสมสารเติมแต่ง

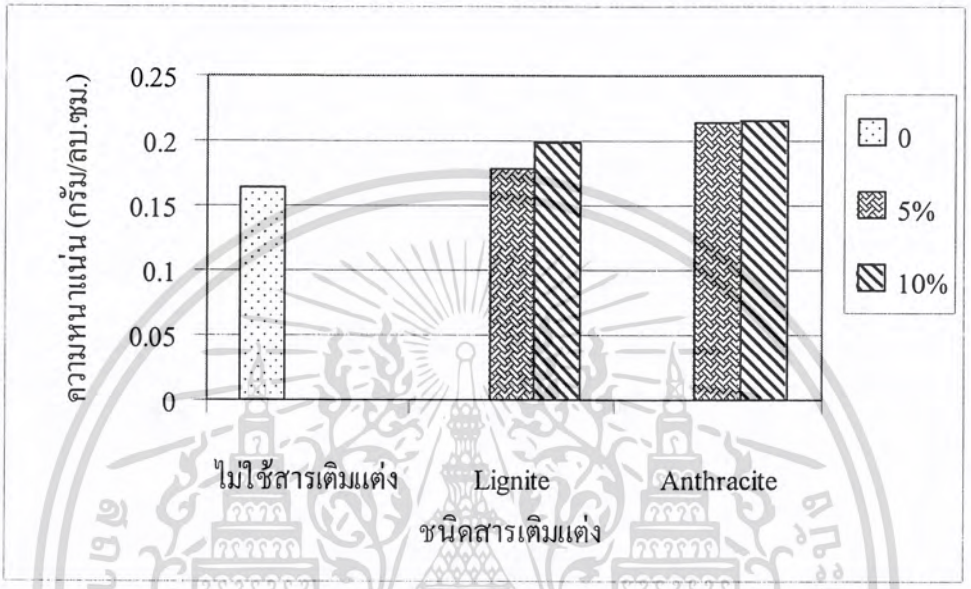
ปริมาณสารที่ใช้				
ผงถ่านหิน	ผงถ่านกะลา	แป้ง	น้ำกลั่น	รวม
5%= 15 g	85%= 255 g	10%= 30 g	200 g	500 g
10%= 30 g	80%= 240 g	10%= 30 g	200 g	500 g

เมื่อทำการผสมถ่านอัดแท่งสูตรต่างๆ เรียบร้อยแล้ว นำไปอบให้แห้งและนำไปทดสอบสมบัติต่างๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 <u>ความหนาแน่นรวมและขนาดของถ่านอัดแท่ง</u>

ในการศึกษาความหนาแน่นรวม (Bulk density) และขนาด (Dimension) ของถ่านอัดแท่งตามหัวข้อที่ 3.3.6.1 ผลแสดงในรูปที่ 4.1



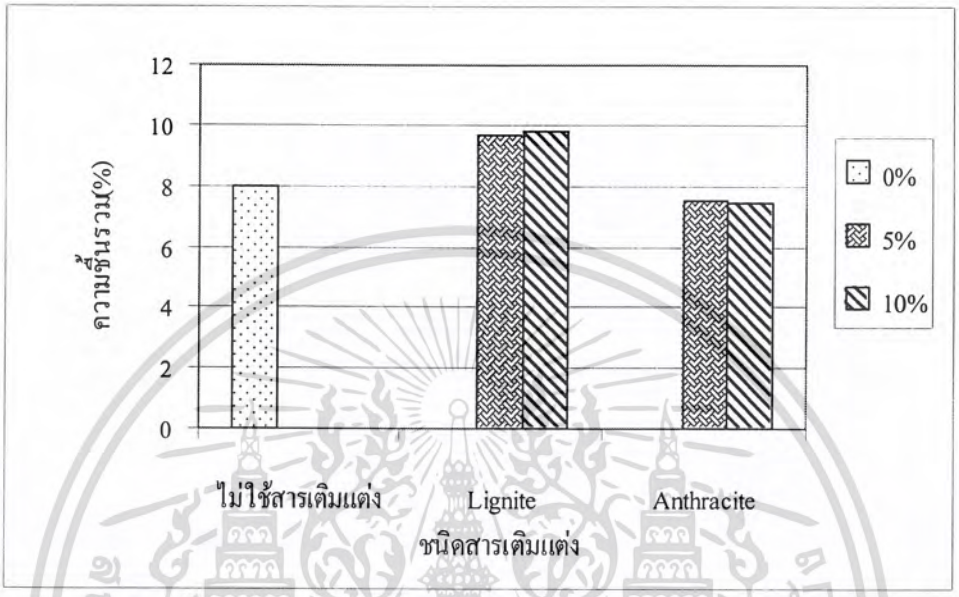
รูปที่ 4.1 ความหนาแน่นรวมของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาที่ปริมาณและชนิดของสารเติมแต่งต่างๆ

จากผลการทดลอง พบว่าเมื่อปริมาณผงถ่านหินในถ่านอัดแท่งเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งจะเพิ่มขึ้น และความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินแอนทราไซต์เป็นสารเติมแต่งจะมากกว่า ความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินลิกไนต์เป็นสารเติมแต่งในปริมาณสารเติมแต่งเท่าๆ กัน เนื่องจากความหนาแน่นของถ่านหินแอนทราไซต์มากกว่าความหนาแน่นของถ่านหินลิกไนต์ และความหนาแน่นของถ่านหินลิกไนต์มากกว่าความหนาแน่นของถ่านกะลา (ความหนาแน่นของถ่านหินแอนทราไซต์ = 0.887 กรัม/ลบ.ซม. ความหนาแน่นของถ่านหินลิกไนต์ = 0.658 กรัม/ลบ.ซม. และความหนาแน่นของถ่านกะลา = 0.364 กรัม/ลบ.ซม.) ดังนั้นเมื่อปริมาณผงถ่านหินในถ่านอัดแท่งเพิ่มขึ้นทำให้ความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งเพิ่มขึ้น และความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินแอนทราไซต์เป็นสารเติมแต่งจะมากกว่า ความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินลิกไนต์เป็นสารเติมแต่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ปริมาณความชื้นรวม (Total Moisture)

ในการศึกษาปริมาณความชื้นรวมของถ่านอัดแท่งตามหัวข้อที่ 3.3.6.2 ผลแสดงในรูปที่ 4.2



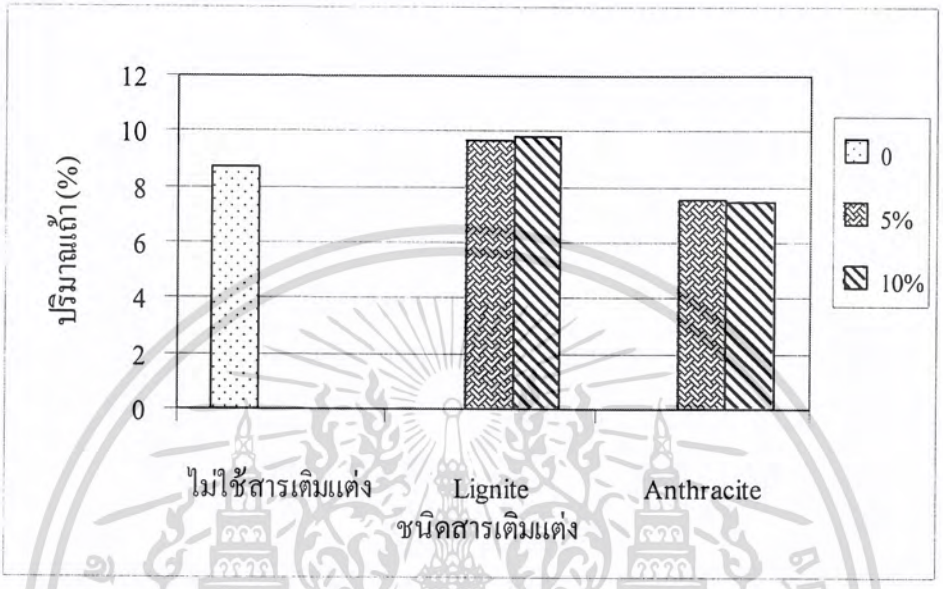
รูปที่ 4.2 ปริมาณความชื้นรวมของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาที่ปริมาณและชนิดของสารเติมแต่งต่างๆ

จากรูปที่ 4.2 พบว่าความชื้นรวมของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินแอนทราไซต์เป็นสารเติมแต่งจะน้อยกว่าความชื้นรวมของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาล้วน และความชื้นรวมของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาล้วน จะน้อยกว่าความชื้นรวมของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินลิกไนต์เป็นสารเติมแต่งในปริมาณสารเติมแต่งเท่าๆ กัน เมื่อปริมาณผงถ่านหินแอนทราไซต์ในถ่านอัดแท่งเพิ่มขึ้น ความชื้นรวมของถ่านอัดแท่งจะลดลง แต่เมื่อปริมาณผงถ่านหินลิกไนต์ในถ่านอัดแท่งเพิ่มขึ้น ความชื้นรวมของถ่านอัดแท่งจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากเปอร์เซ็นต์ความชื้นของถ่านหินแอนทราไซต์น้อยกว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของถ่านกะลา และเปอร์เซ็นต์ความชื้นของถ่านกะลาน้อยกว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของถ่านหินลิกไนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ปริมาณเถ้า (Ash)

ในการศึกษาปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งตามหัวข้อที่ 3.3.6.3 ผลแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาที่ปริมาณและชนิดของสารเติมแต่งต่างๆ

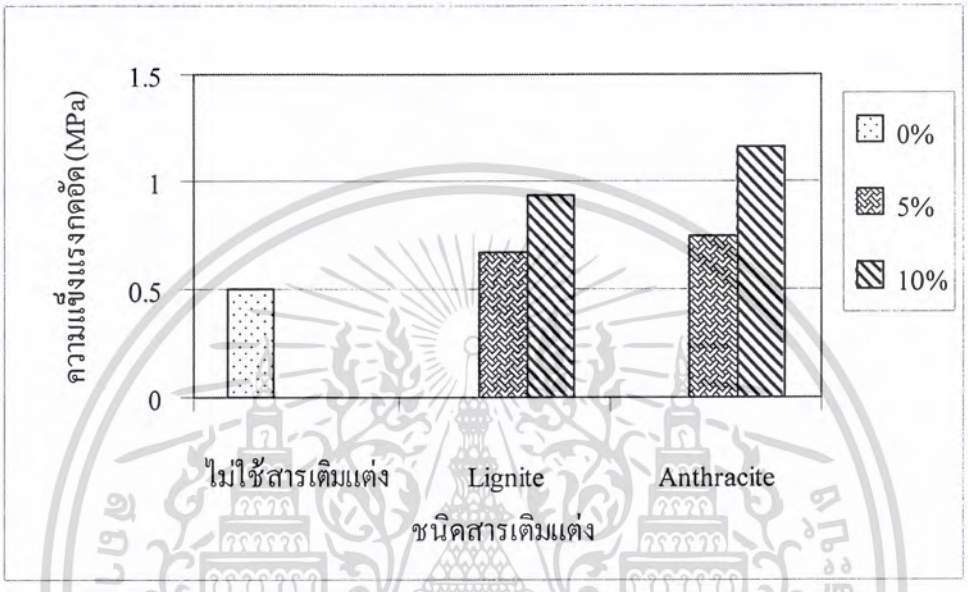
จากรูปที่ 4.3 พบว่าปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินแอนทราไซต์เป็นสารเติมแต่งจะน้อยกว่าปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาล้วน และปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาล้วน จะน้อยกว่าปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินลิกไนต์เป็นสารเติมแต่งในปริมาณสารเติมแต่งเท่าๆ กัน เมื่อปริมาณผงถ่านหินแอนทราไซต์ในถ่านอัดแท่งเพิ่มขึ้น ปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งจะลดลง แต่เมื่อปริมาณผงถ่านหินลิกไนต์ในถ่านอัดแท่งเพิ่มขึ้น ปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากเปอร์เซ็นต์เถ้าของถ่านหินแอนทราไซต์น้อยกว่าเปอร์เซ็นต์เถ้าของถ่านกะลา และเปอร์เซ็นต์เถ้าของถ่านกะลาน้อยกว่าเปอร์เซ็นต์เถ้าของถ่านหินลิกไนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 สมบัติเชิงกล

1.) ความแข็งแรงกดอัด (Compressive strength)

ในการศึกษาความแข็งแรงกดอัดของถ่านอัดแท่งตามหัวข้อที่ 3.3.6.6 ผลแสดงในรูปที่ 4.4



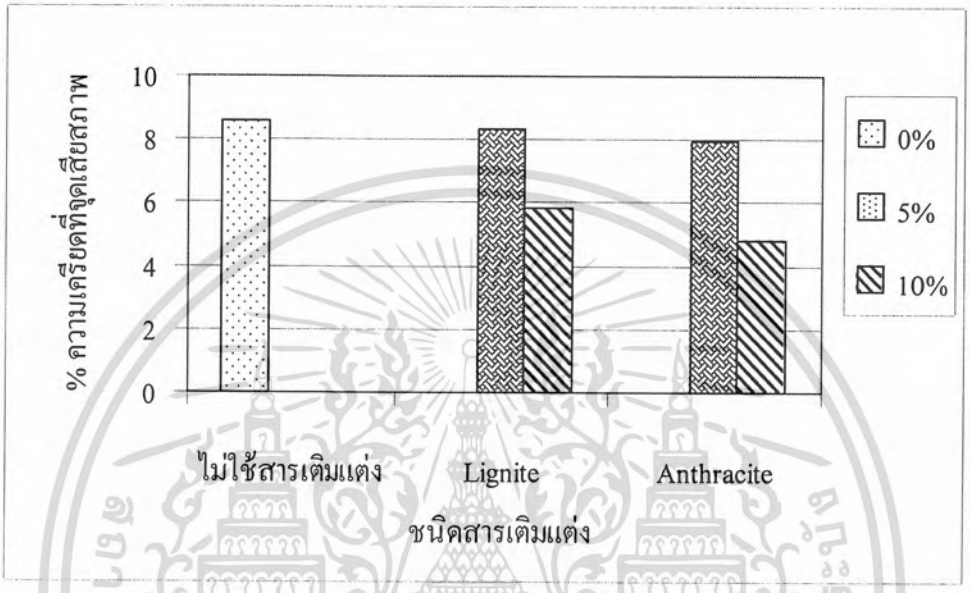
รูปที่ 4.4 ความแข็งแรงกดอัดของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาที่ปริมาณและชนิดของสารเติมแต่งต่างๆ

จากรูปที่ 4.4 พบว่าเมื่อปริมาณผงถ่านหินในถ่านอัดแท่งเพิ่มขึ้น ความแข็งแรงกดอัดของถ่านอัดแท่งจะเพิ่มขึ้น และความแข็งแรงกดอัดของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินแอนทราไซต์เป็นสารเติมแต่งจะมากกว่า ความแข็งแรงกดอัดของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินลิกไนต์เป็นสารเติมแต่งในปริมาณสารเติมแต่งเท่าๆ กัน เนื่องจากความแข็งของถ่านหินแอนทราไซต์มากกว่าความแข็งของถ่านหินลิกไนต์ และความแข็งของถ่านหินลิกไนต์มากกว่าความแข็งของถ่านกะลา ดังนั้นเมื่อปริมาณผงถ่านหินในถ่านอัดแท่งเพิ่มขึ้นทำให้ความแข็งแรงกดอัดของถ่านอัดแท่งเพิ่มขึ้น และความแข็งแรงกดอัดของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินแอนทราไซต์เป็นสารเติมแต่งจะมากกว่า ความแข็งแรงกดอัดของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินลิกไนต์เป็นสารเติมแต่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) เปอร์เซ็นต์ความเครียดที่จุดเสียสภาพ (% Strain at rupture)

ในการศึกษาเปอร์เซ็นต์ความเครียดที่จุดเสียสภาพของถ่านอัดแท่งตามหัวข้อที่ 3.3.6.6 ผลแสดงในรูปที่ 4.5



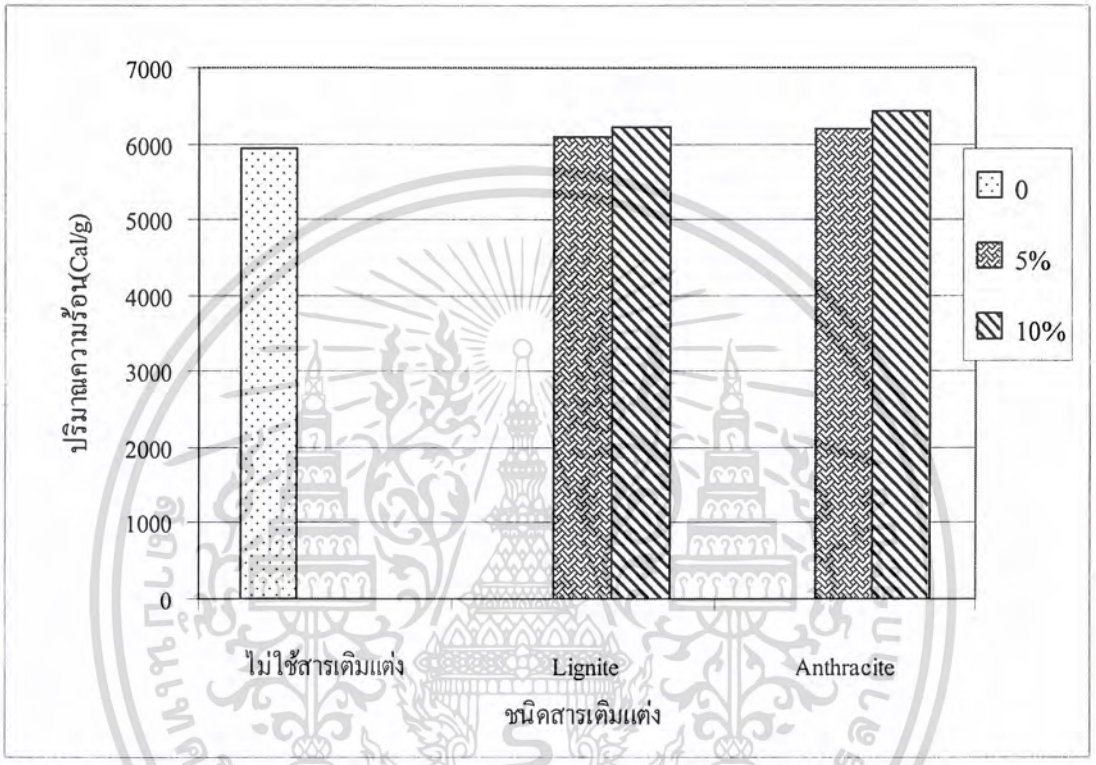
รูปที่ 4.5 %ความเครียดที่จุดเสียสภาพของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาที่ปริมาณและชนิดของสารเติมแต่งต่างๆ

จากรูปที่ 4.5 พบว่าเมื่อปริมาณผงถ่านหินในถ่านอัดแท่งเพิ่มขึ้น %ความเครียดที่จุดเสียสภาพของถ่านอัดแท่งจะลดลง และ%ความเครียดที่จุดเสียสภาพของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินแอนทราไซต์เป็นสารเติมแต่งจะน้อยกว่า %ความเครียดที่จุดเสียสภาพของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินลิกไนต์เป็นสารเติมแต่งในปริมาณสารเติมแต่งเท่าๆ กัน เนื่องจากถ่านหินแอนทราไซต์มีความแข็งมากกว่าถ่านหินลิกไนต์ และถ่านหินลิกไนต์มีความแข็งมากกว่าถ่านกะลา เมื่อความแข็งมากแสดงว่าอนุภาคอยู่ชิดกัน มีการยึดเหนี่ยวกันมาก ทำให้อนุภาคเคลื่อนที่ได้ยาก เกิดการกระจายแรงน้อย มีความเปราะมากและเกิดการยุบตัวได้น้อย ดังนั้นเมื่อปริมาณผงถ่านหินในถ่านอัดแท่งเพิ่มขึ้นทำให้%ความเครียดที่จุดเสียสภาพของถ่านอัดแท่งลดลง และ%ความเครียดที่จุดเสียสภาพของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินแอนทราไซต์เป็นสารเติมแต่ง จะน้อยกว่า%ความเครียดที่จุดเสียสภาพของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินลิกไนต์เป็นสารเติมแต่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 ค่าปริมาณความร้อนของการเผาไหม้ (Heat of combustion)

ในการศึกษาปริมาณความร้อนของการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งตามหัวข้อที่ 3.3.6.4 ผลแสดงในรูปที่ 4.6



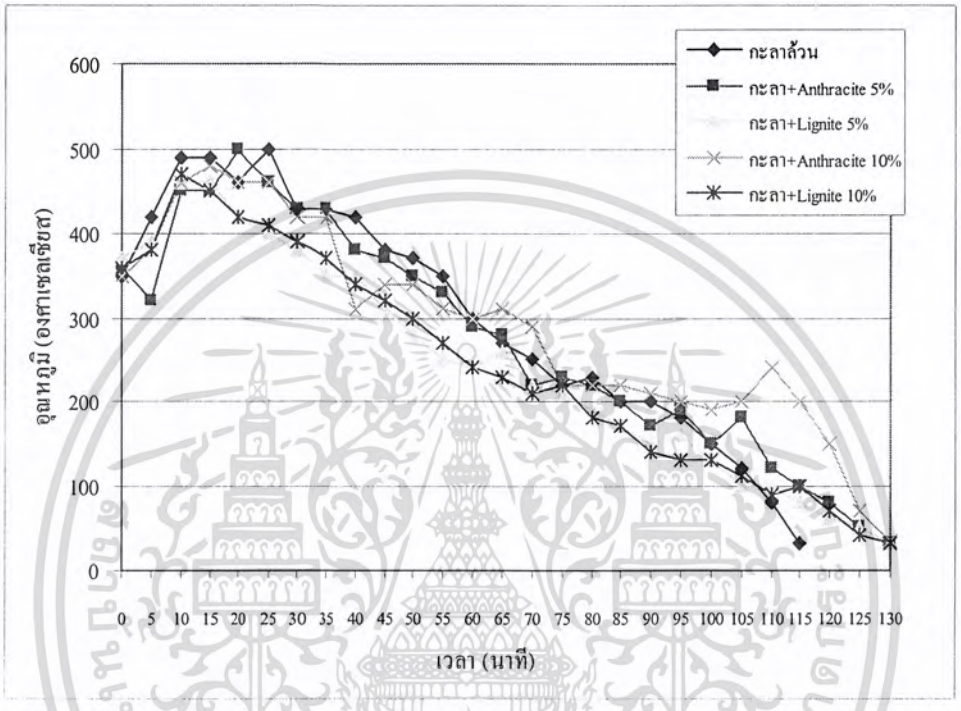
รูปที่ 4.6 ค่าปริมาณความร้อนของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาที่ปริมาณและชนิดของสารเติมแต่งต่างๆ

จากรูปที่ 4.6 พบว่าเมื่อมีการเติมผงถ่านหินในถ่านอัดแท่งปริมาณความร้อนที่ได้จะมากกว่าถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาล้วน ปริมาณความร้อนจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณผงถ่านหินในถ่านอัดแท่ง และปริมาณความร้อนของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินแอนทราไซต์เป็นสารเติมแต่งจะมากกว่าปริมาณความร้อนของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินลิกไนต์เป็นสารเติมแต่ง ในปริมาณสารเติมแต่งเท่าๆ กัน เนื่องจากถ่านหินแอนทราไซต์มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนมากกว่าถ่านหินลิกไนต์ [5] และถ่านหินลิกไนต์มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนมากกว่าถ่านกะลา ซึ่งการเผาไหม้คาร์บอนจะได้ความร้อน ดังนั้นปริมาณความร้อนของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินแอนทราไซต์เป็นสารเติมแต่งจะมากกว่า ปริมาณความร้อนของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินลิกไนต์เป็นสารเติมแต่ง และปริมาณความร้อนของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินลิกไนต์เป็นสารเติมแต่งจะมากกว่าปริมาณความร้อนของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาล้วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6 เวลาในการเผาไหม้และอุณหภูมิที่วัดได้จากการเผา

ในการศึกษาเวลาในการเผาไหม้และอุณหภูมิที่วัดได้จากการเผาของถ่านอัดแท่งตามหัวข้อที่ 3.3.6.5 ผลแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 เวลาในการเผาไหม้และอุณหภูมิที่วัดได้จากการเผาของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาที่ปริมาณและชนิดของสารเติมแต่งต่างๆ

จากรูปที่ 4.7 พบว่าถ่านอัดแท่งทุกสูตรสามารถลุกติดไฟได้ทันทีเมื่อสัมผัสกับเปลวไฟและมีอุณหภูมิเริ่มติดไฟประมาณ 350 °C การเผาไหม้จะให้อุณหภูมิสูงสุดประมาณ 500 °C เมื่อเผาไหม้ได้ประมาณ 10-25 นาที ต่อจากนั้นอุณหภูมิจะค่อย ๆ ลดลง จนกระทั่งดับเมื่อเผาไหม้ไปได้ประมาณ 2 ชั่วโมง พบว่าถ่านอัดแท่งที่มีการเติมผงถ่านหินในถ่านอัดแท่ง จะเผาไหม้ได้ยาวนานกว่าถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาล้วน เนื่องจากถ่านหินแอนทราไซต์และถ่านหินลิกไนต์มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนมากกว่าถ่านกะลาทำให้เกิดการเผาไหม้ได้นานกว่า แต่เวลาที่ใช้ในการเผาไหม้จะไม่เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณผงถ่านหินในถ่านอัดแท่งเพิ่มขึ้น และเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้จะไม่เพิ่มขึ้นเมื่อเปลี่ยนชนิดของสารเติมแต่งจากผงถ่านหินแอนทราไซต์เป็นผงถ่านหินลิกไนต์

ดังนั้นจะเลือกใช้ปริมาณสารเติมแต่งเพียง 5 %w/w เป็นปริมาณสารเติมแต่งที่เหมาะสมในการทดลองตอนต่อไป เนื่องจากสารเติมแต่งมีราคาแพง การใช้สารเติมแต่งปริมาณน้อยจะทำให้ต้นทุนในการผลิตถ่านอัดแท่งต่ำลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลของชนิดผงถ่านต่อสมบัติของถ่านอัดแท่ง

การทดลองแรกจะเตรียมถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียนล้วน ทำโดยการเตรียมส่วนผสม ได้แก่ผงถ่านเปลือกทุเรียนขนาดไม่เกิน 35 mesh แป้ง และน้ำกลั่นตามสูตรดังนี้คือ ปริมาณของแข็ง (ผงถ่านเปลือกทุเรียนและแป้ง) : ของเหลว (น้ำกลั่น) เป็น 3:2 และใช้ปริมาณแป้งในของแข็งเป็น 10 %w/w ปริมาณสารต่างๆ ที่ใช้แสดงในตารางที่ 4.3

การทดลองต่อมาจะเตรียมถ่านอัดแท่งที่มีการใส่สารเติมแต่งด้วย ทำโดยการเตรียมส่วนผสม ได้แก่ผงถ่านเปลือกทุเรียนขนาดไม่เกิน 35 mesh แป้ง ผงถ่านหินแอนทราไซต์ขนาดไม่เกิน 35 mesh และน้ำกลั่นตามสูตรดังนี้คือ ปริมาณของแข็ง (ผงถ่านเปลือกทุเรียน, ผงถ่านหินแอนทราไซต์และแป้ง) : ของเหลว (น้ำกลั่น) เป็น 3:2 ใช้ปริมาณแป้งในของแข็งเป็น 10 %w/w ตามเดิม และใช้ปริมาณผงถ่านหินแอนทราไซต์ในของแข็งเป็น 5%w/w จากนั้นเปลี่ยนชนิดสารเติมแต่งจากผงถ่านหินแอนทราไซต์เป็นผงถ่านหินลิกไนต์ขนาดไม่เกิน 35 mesh แทน ปริมาณสารต่างๆ ที่ใช้แสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ปริมาณสารที่ใช้ในถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียน

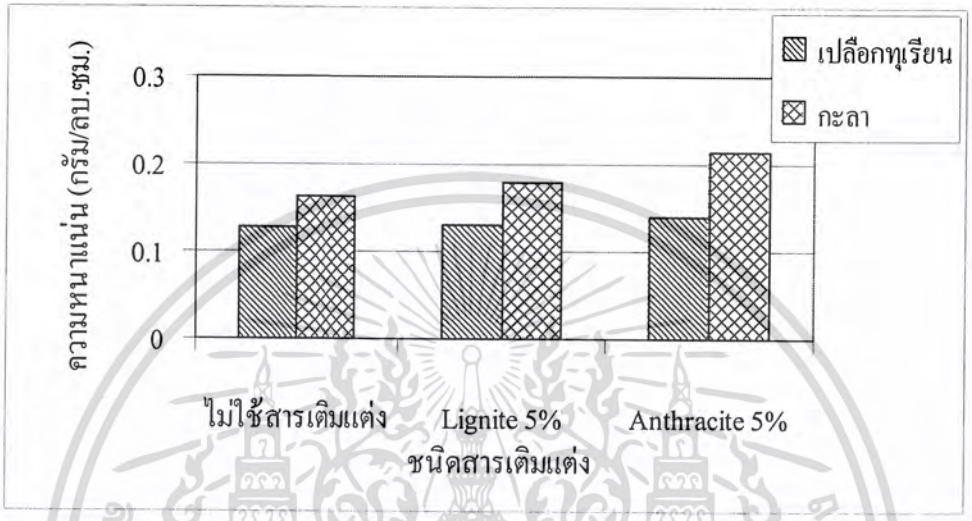
ปริมาณสารที่ใช้				
ผงถ่านหิน	ผงถ่าน	แป้ง	น้ำกลั่น	รวม
0%= 0 g	90%= 202.5 g	10%= 22.5 g	150 g	375 g
5%= 11.25 g	85%= 191.25 g	10%= 22.5 g	150 g	375 g

เมื่อทำการผสมถ่านอัดแท่งสูตรต่างๆ เรียบร้อยแล้ว นำไปอบให้แห้งและนำไปทดสอบสมบัติต่างๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 <u>ความหนาแน่นรวมและขนาดของถ่านอัดแท่ง</u>

ในการศึกษาความหนาแน่นรวม (Bulk density) และขนาด (Dimension) ของถ่านอัดแท่งตามหัวข้อที่ 3.3.6.1 ผลแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ความหนาแน่นรวมของถ่านอัดแท่งที่ชนิดของผงถ่านและสารเติมแต่งต่างๆ

จากรูปที่ 4.8 พบว่าเมื่อมีการเติมผงถ่านหินในถ่านอัดแท่ง ความหนาแน่นจะมากกว่าถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียนล้วน และความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินแอนทราไซต์เป็นสารเติมแต่งจะมากกว่า ความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินลิกไนต์เป็นสารเติมแต่งในปริมาณสารเติมแต่งเท่าๆ กัน เนื่องจากความหนาแน่นของถ่านหินแอนทราไซต์มากกว่าความหนาแน่นของถ่านหินลิกไนต์ และความหนาแน่นของถ่านหินลิกไนต์มากกว่าความหนาแน่นของถ่านเปลือกทุเรียน (ความหนาแน่นของถ่านหินแอนทราไซต์ = 0.887 กรัม/ลบ.ซม. ความหนาแน่นของถ่านหินลิกไนต์ = 0.658 กรัม/ลบ.ซม. และความหนาแน่นของถ่านเปลือกทุเรียน = 0.239 กรัม/ลบ.ซม.) ดังนั้นเมื่อมีการเติมผงถ่านหินลงในถ่านอัดแท่งทำให้ความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งเพิ่มขึ้น และความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินแอนทราไซต์เป็นสารเติมแต่งจะมากกว่าความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินลิกไนต์เป็นสารเติมแต่ง

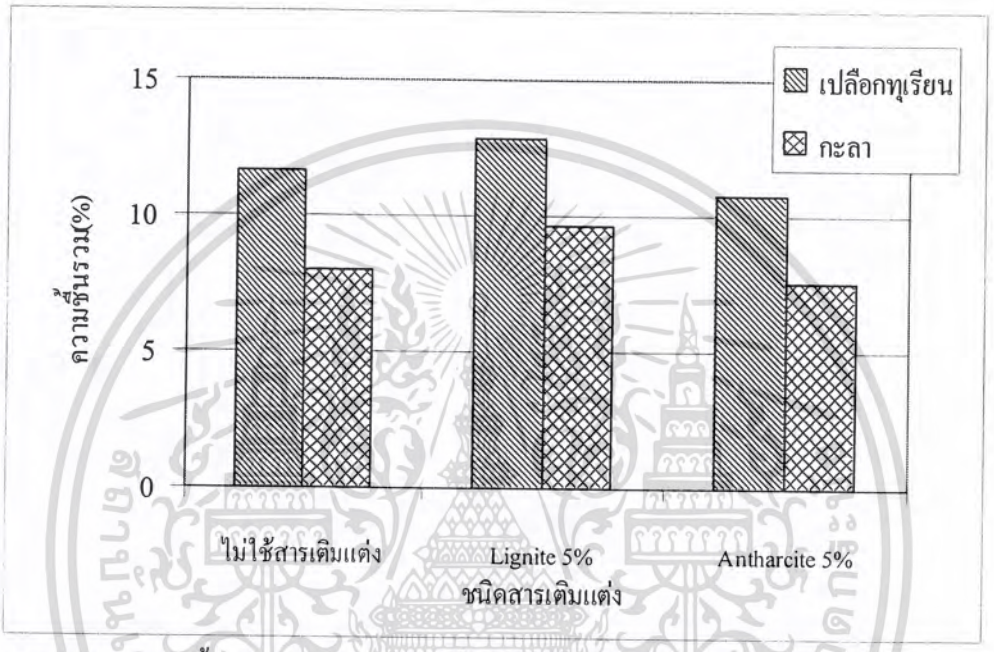
เมื่อเปรียบเทียบความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลา กับถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียนในปริมาณสารเติมแต่งเท่าๆ กัน พบว่าความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาจะมากกว่าความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียน เนื่องจากความหนาแน่นของถ่านกะลามากกว่าถ่านเปลือกทุเรียนที่เตรียมได้ (ความหนาแน่นของถ่านกะลา = 0.364 กรัม/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลบ.ซม.) ดังนั้นความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาจึงมากกว่าถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียน

4.3.2 ปริมาณความชื้นรวม (Total Moisture)

ในการศึกษาปริมาณความชื้นรวมของถ่านอัดแท่งตามหัวข้อที่ 3.3.6.2 ผลแสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ปริมาณความชื้นรวมของถ่านอัดแท่งที่ชนิดของผงถ่านและสารเติมแต่งต่างๆ

จากรูปที่ 4.9 พบว่าความชื้นรวมของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินแอนทราไซต์เป็นสารเติมแต่งจะน้อยกว่าความชื้นรวมของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียนล้วน และความชื้นรวมของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียนล้วน จะน้อยกว่าความชื้นรวมของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินลิกไนต์เป็นสารเติมแต่งในปริมาณสารเติมแต่งเท่าๆ กัน เนื่องจากเปอร์เซ็นต์ความชื้นของถ่านหินแอนทราไซต์น้อยกว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของถ่านเปลือกทุเรียน และเปอร์เซ็นต์ความชื้นของถ่านเปลือกทุเรียนน้อยกว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของถ่านหินลิกไนต์

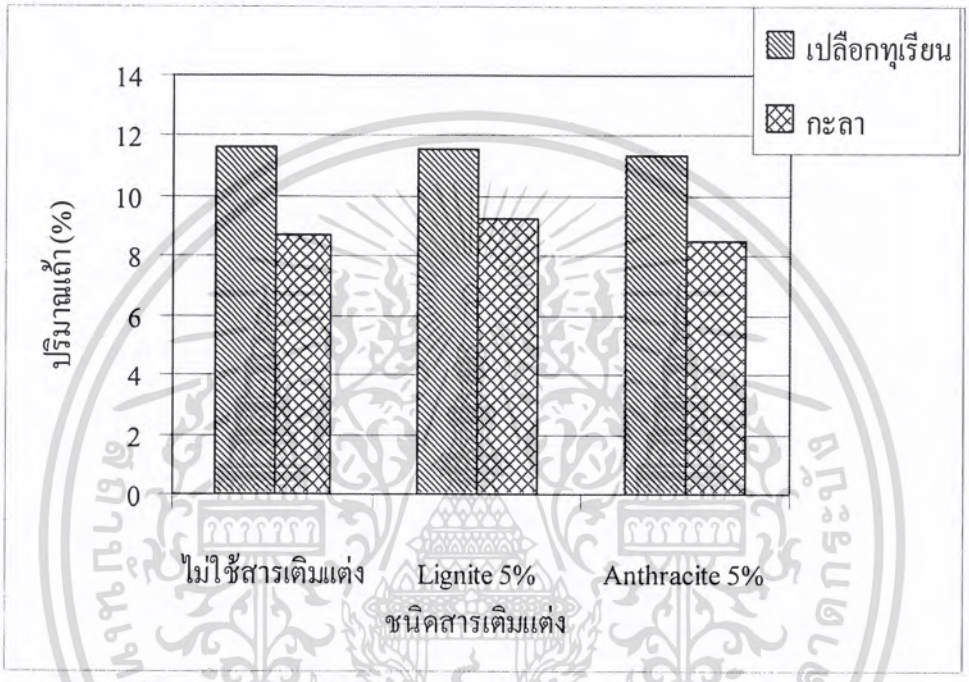
เมื่อเปรียบเทียบความชื้นรวมของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลา กับถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียนในปริมาณสารเติมแต่งเท่าๆ กัน พบว่าความชื้นรวมของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาจะน้อยกว่าความชื้นรวมของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียน เนื่องจากถ่านเปลือกทุเรียนที่เตรียมได้อาจจะมีบางส่วนที่ไม่เผาไหม้กลายเป็นถ่าน ซึ่งส่วนที่ไม่เผาไหม้และยังมีโครงสร้างเป็นเซลลูโลสอยู่ซึ่งเซลลูโลสจะดูดความชื้นได้ดี ทำให้ถ่านเปลือกทุเรียนมีความชื้นสูง ดังนั้นความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวมของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลา จึงน้อยกว่าความชื้นรวมของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียน

4.3.3 ปริมาณเถ้า (Ash)

ในการศึกษาปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งตามหัวข้อที่ 3.3.6.3 ผลแสดงในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 ปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งที่ชนิดของผงถ่านและสารเติมแต่งต่างๆ

จากรูปที่ 4.10 พบว่าปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินแอนทราไซต์เป็นสารเติมแต่งจะน้อยกว่าปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียนล้วน และปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียนล้วน จะใกล้เคียงกับปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินลิกไนต์เป็นสารเติมแต่งในปริมาณสารเติมแต่งเท่าๆ กัน เนื่องจากเปอร์เซ็นต์เถ้าของถ่านหินแอนทราไซต์น้อยกว่าเปอร์เซ็นต์เถ้าของถ่านเปลือกทุเรียน และเปอร์เซ็นต์เถ้าของถ่านเปลือกทุเรียนใกล้เคียงกับเปอร์เซ็นต์เถ้าของถ่านหินลิกไนต์

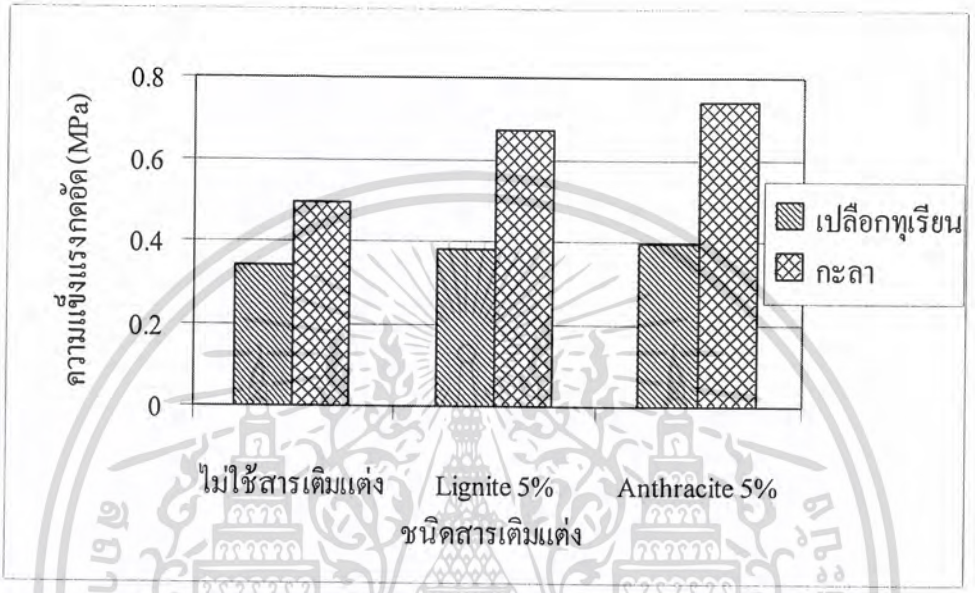
เมื่อเปรียบเทียบปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลา กับถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียนในปริมาณสารเติมแต่งเท่าๆ กัน พบว่าปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาจะน้อยกว่าปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียน เนื่องจากถ่านกะลามีเปอร์เซ็นต์เถ้าน้อยกว่าถ่านเปลือกทุเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 สมบัติเชิงกล

1.) ความแข็งแรงกดอัด (Compressive strength)

ในการศึกษาความแข็งแรงกดอัดของถ่านอัดแท่งตามหัวข้อที่ 3.3.6.6 ผลแสดงในรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 ความแข็งแรงกดอัดของถ่านอัดแท่งที่ชนิดของผงถ่านและสารเติมแต่งต่างๆ

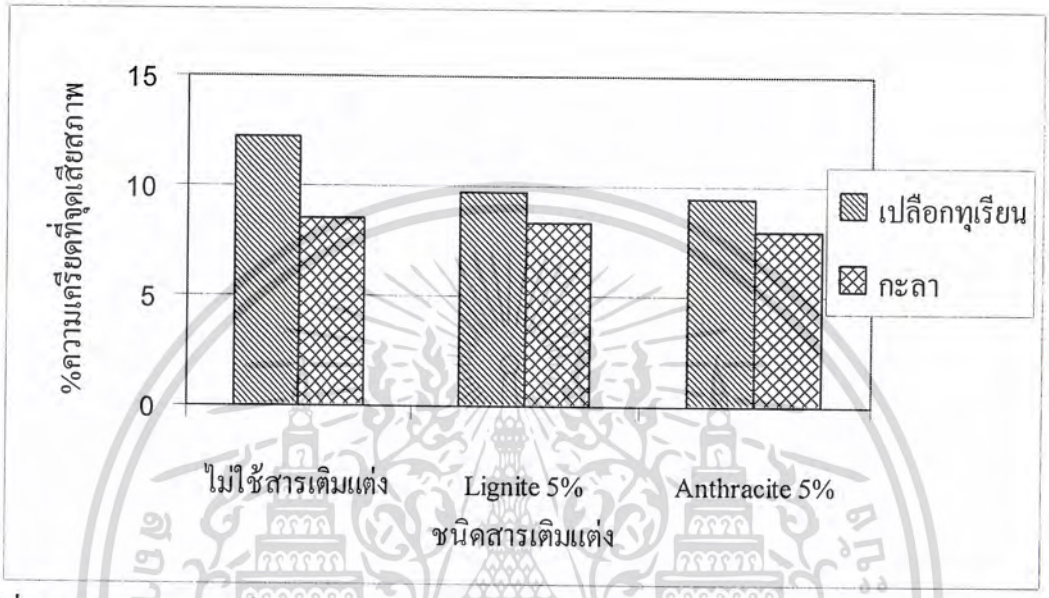
จากรูปที่ 4.11 พบว่าเมื่อมีการเติมผงถ่านหินในถ่านอัดแท่ง ความแข็งแรงกดอัดจะมากกว่าถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียนล้วน และความแข็งแรงกดอัดของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินแอนทราไซต์เป็นสารเติมแต่งจะมากกว่าความแข็งแรงกดอัดของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินลิกไนต์เป็นสารเติมแต่งในปริมาณสารเติมแต่งเท่าๆ กัน เนื่องจากความแข็งของถ่านหินแอนทราไซต์มากกว่าความแข็งของถ่านหินลิกไนต์ และความแข็งของถ่านหินลิกไนต์มากกว่าความแข็งของถ่านเปลือกทุเรียน ดังนั้นเมื่อมีการเติมผงถ่านหินลงในถ่านอัดแท่งจึงทำให้ความแข็งแรงกดอัดของถ่านอัดแท่งเพิ่มขึ้น และความแข็งแรงกดอัดของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินแอนทราไซต์เป็นสารเติมแต่ง จะมากกว่าความแข็งแรงกดอัดของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินลิกไนต์เป็นสารเติมแต่ง

เมื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงกดอัดของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลา กับถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียนในปริมาณสารเติมแต่งเท่าๆ กัน พบว่าความแข็งแรงกดอัดของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาจะมากกว่าความแข็งแรงกดอัดของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียน เนื่องจากความแข็งของถ่านกะลามากกว่าความแข็งของถ่านเปลือกทุเรียน ดังนั้น ความแข็งแรงกดอัดของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาจะมากกว่าความแข็งแรงกดอัดของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) เปอร์เซ็นต์ความเครียดที่จุดเสียสภาพ (% Strain at rupture)

ในการศึกษาเปอร์เซ็นต์ความเครียดที่จุดเสียสภาพของถ่านอัดแท่งตามหัวข้อที่ 3.3.6.6 ผลแสดงในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 %ความเครียดที่จุดเสียสภาพของถ่านอัดแท่งที่ชนิดของผงถ่านและสารเติมแต่งต่างๆ

จากรูปที่ 4.12 พบว่าเมื่อมีการเติมผงถ่านหินในถ่านอัดแท่ง %ความเครียดที่จุดเสียสภาพที่ได้จะน้อยกว่าถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียนล้วน และ%ความเครียดที่จุดเสียสภาพของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินแอนทราไซต์เป็นสารเติมแต่งจะน้อยกว่า %ความเครียดที่จุดเสียสภาพของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินลิกไนต์เป็นสารเติมแต่งในปริมาณสารเติมแต่งเท่าๆ กัน เนื่องจากถ่านหินแอนทราไซต์มีความแข็งมากกว่าถ่านหินลิกไนต์ และถ่านหินลิกไนต์มีความแข็งมากกว่าถ่านเปลือกทุเรียน เมื่อความแข็งมากแสดงว่าอนุภาคอยู่ชิดกัน มีการยึดเหนี่ยวกันมาก ทำให้อนุภาคเคลื่อนที่ได้ยาก เกิดการกระจายแรงน้อย มีความเปราะมากและเกิดการยุบตัวได้น้อย ดังนั้น % ความเครียดที่จุดเสียสภาพของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินแอนทราไซต์เป็นสารเติมแต่งจะน้อยกว่า %ความเครียดที่จุดเสียสภาพของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินลิกไนต์เป็นสารเติมแต่ง และ% ความเครียดที่จุดเสียสภาพของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินลิกไนต์เป็นสารเติมแต่งจะน้อยกว่า % ความเครียดที่จุดเสียสภาพของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียนล้วน

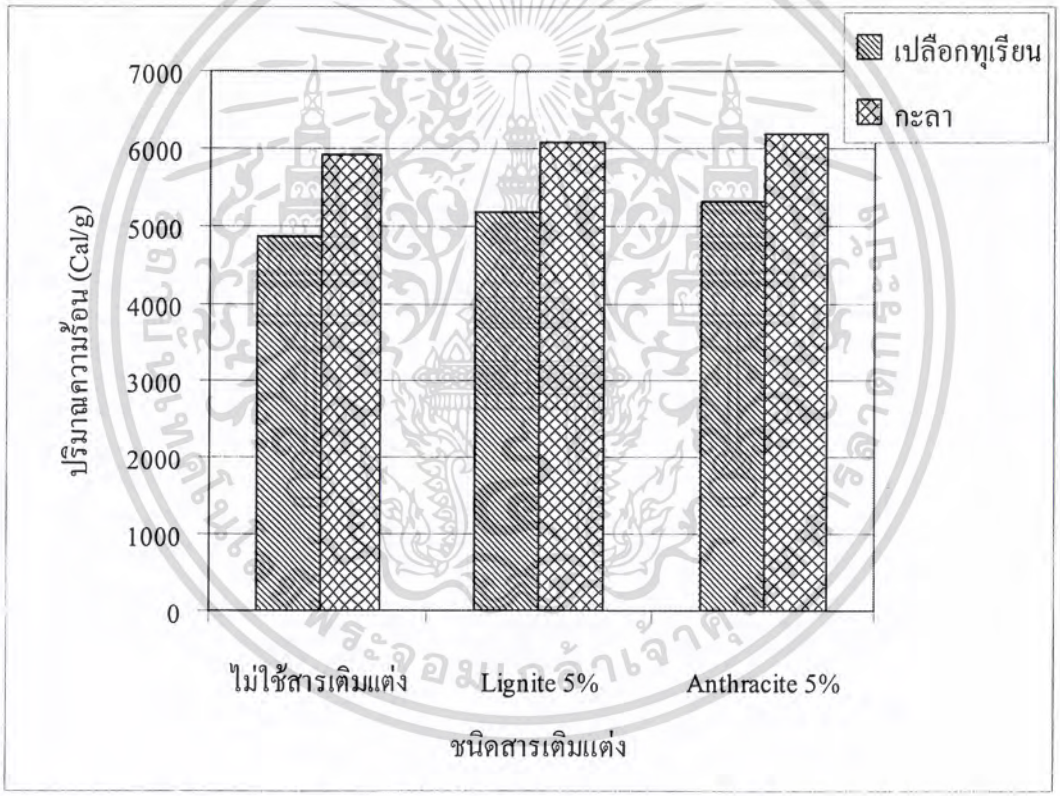
เมื่อเปรียบเทียบ%ความเครียดที่จุดเสียสภาพของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลา กับถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียนในปริมาณสารเติมแต่งเท่าๆ กัน พบว่า %ความเครียดที่จุดเสียสภาพของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาจะน้อยกว่า%ความเครียดที่จุดเสียสภาพของถ่านอัดแท่งจากผงถ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลือกทุเรียน เนื่องจากความแข็งของถ่านกะลามากกว่าความแข็งของถ่านเปลือกทุเรียน เมื่อความแข็งมากแสดงว่าอนุภาคอยู่ชิดกัน มีการยึดเหนี่ยวกันมาก ทำให้อนุภาคเคลื่อนที่ได้ยาก เกิดการกระจายแรงน้อย มีความเปราะมากและเกิดการยุบตัวได้น้อย ดังนั้น%ความเครียดที่จุดเสียสภาพของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาจะน้อยกว่า%ความเครียดที่จุดเสียสภาพของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียน

4.3.5 ค่าปริมาณความร้อนของการเผาไหม้ (Heat of combustion)

ในการศึกษาปริมาณความร้อนของการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งตามหัวข้อที่ 3.3.6.4 ผลแสดงในรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 ค่าปริมาณความร้อนของถ่านอัดแท่งที่ชนิดของผงถ่านและสารเติมแต่งต่างๆ

จากรูปที่ 4.13 พบว่าเมื่อมีการเติมผงถ่านหินในถ่านอัดแท่ง ปริมาณความร้อนที่ได้จะมากกว่าถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียนล้วน และปริมาณความร้อนของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินแอนทราไซต์เป็นสารเติมแต่งจะมากกว่า ปริมาณความร้อนของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินลิกไนต์เป็นสารเติมแต่งในปริมาณสารเติมแต่งเท่าๆ กัน เนื่องจากถ่านหินแอนทราไซต์มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนมากกว่าถ่านหินลิกไนต์ [5] และถ่านหินลิกไนต์มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนมากกว่าถ่านเปลือก

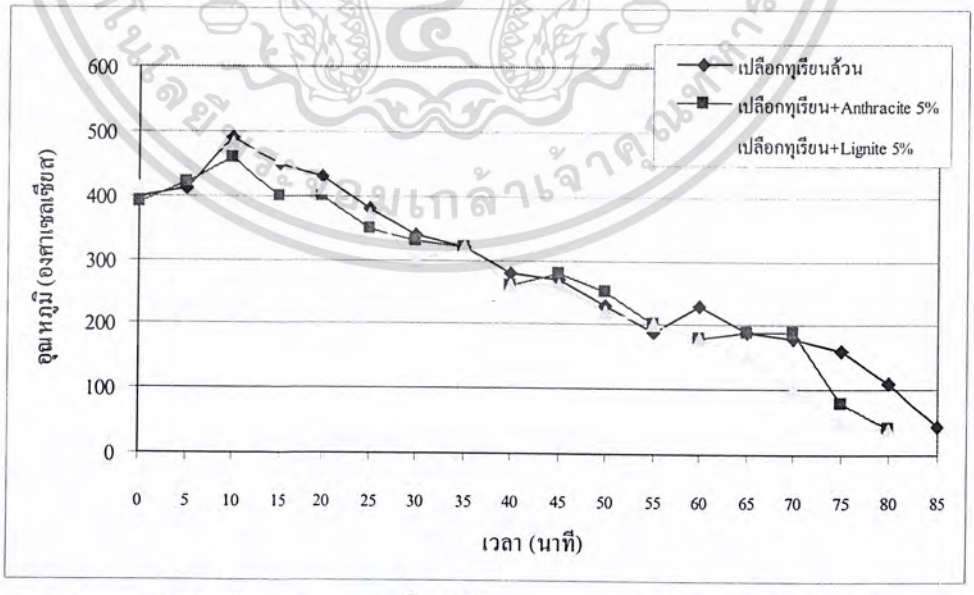
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทุเรียน ซึ่งการเผาไหม้คาร์บอนจะได้ความร้อน ดังนั้นปริมาณความร้อนของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินแอนทราไซต์เป็นสารเติมแต่งจะมากกว่า ปริมาณความร้อนของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินลิกไนต์เป็นสารเติมแต่ง และปริมาณความร้อนของถ่านอัดแท่งที่ใช้ผงถ่านหินลิกไนต์เป็นสารเติมแต่งจะมากกว่าปริมาณความร้อนของถ่านเปลือกทุเรียนล้วน

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณความร้อนของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลา กับถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียนในปริมาณสารเติมแต่งเท่าๆ กัน พบว่าปริมาณความร้อนของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาจะมากกว่าปริมาณความร้อนของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียน แม้ว่าถ่านกะลามีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนใกล้เคียงกับถ่านเปลือกทุเรียน [6] แต่เนื่องจากถ่านเปลือกทุเรียนที่เตรียมได้อาจจะมีบางส่วนที่ไม่เผาไหม้กลายเป็นถ่าน ซึ่งส่วนที่ไม่เผาไหม้และยังมีโครงสร้างเป็นเซลลูโลสอยู่ซึ่งเซลลูโลสจะดูดความชื้นได้ดี ทำให้ถ่านเปลือกทุเรียนมีความชื้นสูง เมื่อนำถ่านเปลือกทุเรียนไปหาปริมาณความร้อน ความร้อนส่วนหนึ่งจะสูญเสียไปกับความร้อนแฝงในการกลายเป็นไอ ดังนั้นปริมาณความร้อนของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาจะมากกว่าปริมาณความร้อนของถ่านอัด-แท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียน

4.3.6 <u>เวลาในการเผาไหม้และอุณหภูมิที่วัดได้จากการเผา</u>

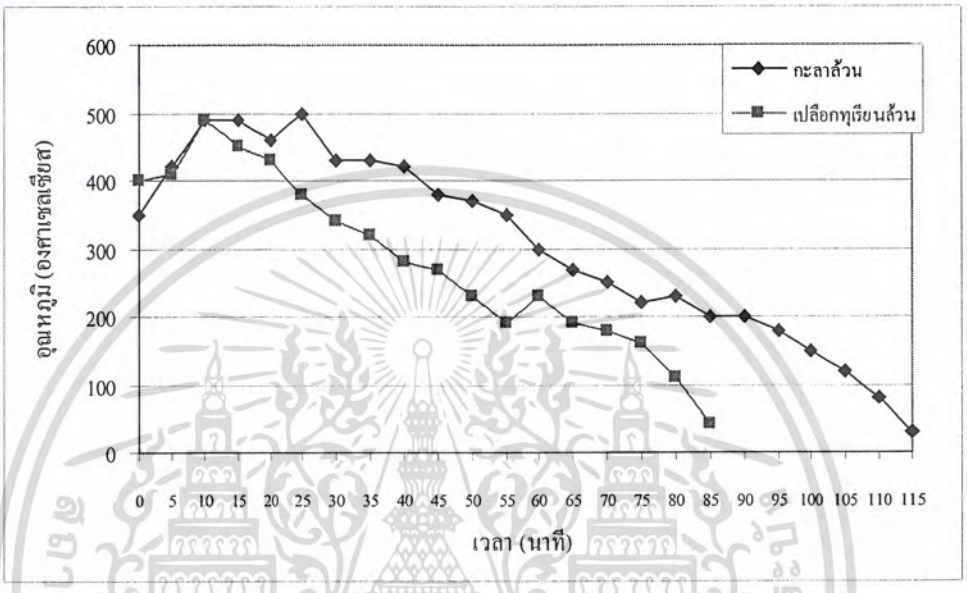
ในการศึกษาเวลาในการเผาไหม้ และอุณหภูมิที่วัดได้จากการเผาของถ่านอัดแท่งตามหัวข้อที่ 3.3.6.5 ผลแสดงในรูปที่ 4.14



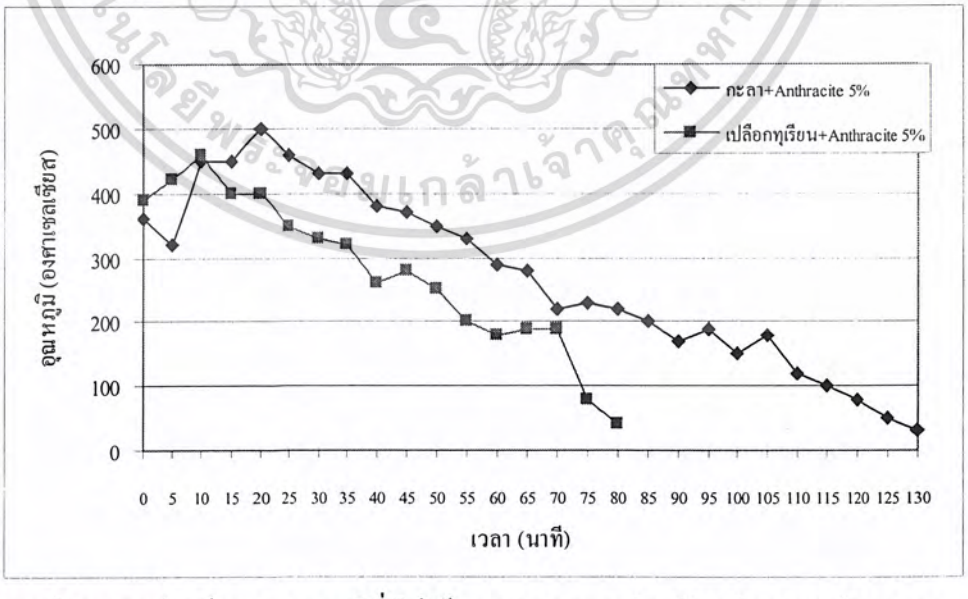
รูปที่ 4.14 เวลาในการเผาไหม้ และอุณหภูมิที่วัดได้จากการเผาของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียนที่ชนิดของสารเติมแต่งต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำเวลาในการเผาไหม้ และอุณหภูมิที่วัดได้จากการเผาของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียนไปเปรียบเทียบกับถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาที่ปริมาณสารเติมแต่งเท่าๆ กัน ผลแสดงในรูปที่ 4.15, 4.16 และ4.17

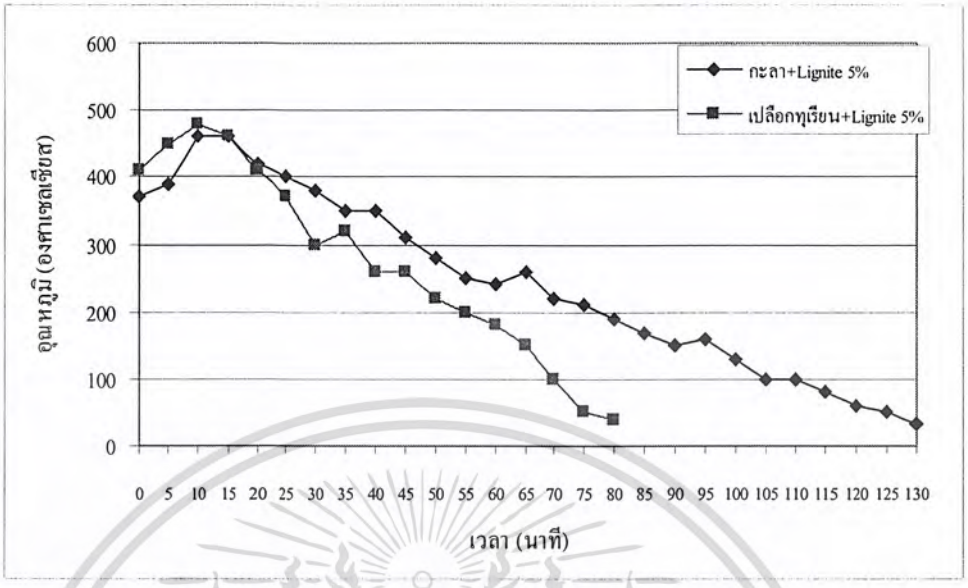


รูปที่ 4.15 เวลาในการเผาไหม้ และอุณหภูมิที่วัดได้จากการเผาของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาและผงถ่านเปลือกทุเรียนที่ไม่มีสารเติมแต่ง



รูปที่ 4.16 เวลาในการเผาไหม้ และอุณหภูมิที่วัดได้จากการเผาของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาและผงถ่านเปลือกทุเรียนที่ใช้ผงถ่านหินแอนทราไซต์เป็นสารเติมแต่งในอัตราส่วน 5 %w/w

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 เวลาในการเผาไหม้และอุณหภูมิที่วัดได้จากการเผาของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาและผงถ่านเปลือกทุเรียนที่ใช้ผงถ่านหินลิกไนต์เป็นสารเติมแต่งในอัตราส่วน 5 %w/w

จากรูปที่ 4.14, 4.15, 4.16 และ4.17 พบว่าถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียนทุกสูตรมีอุณหภูมิเริ่มติดไฟสูงกว่าถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาคือมีอุณหภูมิเริ่มติดไฟประมาณ 420 °C การเผาไหม้ให้อุณหภูมิสูงสุดประมาณ 480 °C เมื่อเผาไปได้นานประมาณ 10 นาที ต่อจากนั้นอุณหภูมิจะลดลงอย่างรวดเร็วกว่าถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลา จนกระทั่งดับเมื่อเผาไหม้ไปได้นานประมาณ 80-90 นาที ซึ่งใช้เวลาในการเผาไหม้น้อยกว่าถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลา แม้ว่าถ่านกะลามีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนใกล้เคียงกับถ่านเปลือกทุเรียน [6] แต่เนื่องจากถ่านเปลือกทุเรียนที่เตรียมได้อาจจะมีบางส่วนที่ไม่เผาไหม้กลายเป็นถ่าน ทำให้คาร์บอนของถ่านเปลือกทุเรียนอยู่ในรูปอื่นๆ ดังนั้นเวลาในการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียน จึงน้อยกว่าถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลา นอกจากนี้พบว่า การเติมผงถ่านหินในถ่านอัดแท่งจะไม่ช่วยให้เวลาในการเผาไหม้นานกว่าถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียนล้วน และเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้จะไม่เพิ่มขึ้นเมื่อเปลี่ยนชนิดของสารเติมแต่งจากผงถ่านหินแอนทราไซต์เป็นผงถ่านหินลิกไนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 การศึกษาปริมาณสารยึดที่เหมาะสมในการขึ้นรูป

ปริมาณแป้งที่เหมาะสมคือ 10 %w/w เพราะเป็นปริมาณที่ทำให้ผงถ่านยึดติดกันได้ดี ไม่แตกหักจากการสัมผัสและยก และปริมาณแป้งไม่มากจนทำให้ผงถ่านมีลักษณะแฉะข้น ซึ่งทำให้ไม่คงรูปเมื่อขึ้นรูปเป็นแท่งถ่าน

5.1.2 การศึกษาปริมาณสารเติมแต่งที่เหมาะสม

พบว่าปริมาณสารเติมแต่งที่เหมาะสมคือ 5 %w/w เนื่องจากปริมาณความร้อนของถ่านอัดแท่งที่มีปริมาณสารเติมแต่ง 5 %w/w จะมากกว่าถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาล้วนเล็กน้อย และมีปริมาณความร้อนใกล้เคียงกับถ่านอัดแท่งที่มีปริมาณสารเติมแต่ง 10 %w/w นอกจากนี้ยังพบว่าพบถ่านอัดแท่งที่มีปริมาณสารเติมแต่ง 5 %w/w จะเผาไหม้ได้ยาวนานกว่าถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาล้วน และมีเวลาในการเผาไหม้เท่ากับถ่านอัดแท่งที่มีปริมาณสารเติมแต่ง 10 %w/w ดังนั้นจะเลือกใช้ปริมาณสารเติมแต่งเพียง 5 %w/w เนื่องจากจะช่วยทำให้ต้นทุนในการผลิตถ่านอัดแท่งต่ำลง

5.1.3 การศึกษาชนิดผงถ่านที่เหมาะสม

พบว่าถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียนมีปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้าและ % ความเครียดที่จุดเสียสภาพสูงกว่าถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาที่ปริมาณสารเติมแต่งเท่ากัน มีความหนาแน่น ความแข็งแรงกดอัด และปริมาณความร้อนต่ำกว่าถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลา นอกจากนี้ถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียน มีเวลาในการเผาไหม้น้อยกว่าถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาด้วย ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าผงถ่านกะลามีความเหมาะสมที่จะนำมาทำเป็นถ่านอัดแท่งมากกว่าผงถ่านเปลือกทุเรียน

อย่างไรก็ดี เนื่องจากเปลือกทุเรียนเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่นำมาใช้ประโยชน์ในทางอื่นน้อยกว่ากะลา และถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียนมีสมบัติปานกลาง การผลิตถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียน จึงควรจะมีการผลิตต่อไปเพื่อใช้วัสดุเหลือทิ้งให้เกิดประโยชน์สูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 ชนิด สัดส่วนปริมาณสารที่ใช้ในถ่านอัดแท่งและสมบัติโดยรวมของถ่านอัดแท่ง

ผงถ่าน		ผงถ่านหิน		แป้ง	น้ำกลั่น	รวม	สมบัติเฉลี่ย					
ชนิด	ปริมาณ	ชนิด	ปริมาณ				ความหนาแน่น (g/cm^3)	ความชื้นรวม (%)	ปริมาณเถ้า (%)	ความแข็งแรงกด (MPa)	%การยุบตัวที่จุดเสียสภาพ	ปริมาณความร้อน (cal/g)
กะลา	92%= 276 g	-	0%= 0 g	8% = 24 g	200 g	500 g	-	-	-	-	-	-
	90%= 270 g			10%= 30 g	200 g	500 g	0.163	7.95	8.73	0.50	8.56	5932.5
	88%= 264 g			12%= 36 g	200 g	500 g	-	-	-	-	-	-
	85%= 255 g	แอนทราไซต์	5%= 15 g	10%= 30 g	200 g	500 g	0.214	7.53	8.48	0.74	7.92	6196.4
	80%= 240 g		10%= 30 g	10%= 30 g	200 g	500 g	0.216	7.46	8.29	1.16	4.84	6438.6
	85%= 255 g	ลิกไนต์	5%= 15 g	10%= 30 g	200 g	500 g	0.178	9.64	9.25	0.67	8.32	6085.0
	80%= 240 g		10%= 30 g	10%= 30 g	200 g	500 g	0.198	9.81	10.14	0.94	5.82	6234.7
เปลือกทุเรียน	90%= 202.5 g	-	0%= 0 g	10%= 22.5 g	150 g	375 g	0.128	11.62	11.60	0.34	12.25	4856.2
	85%= 191.25 g	แอนทราไซต์	5%= 11.25 g	10%= 22.5 g	150 g	375 g	0.139	10.78	11.33	0.39	9.45	5325.3
	85%= 191.25 g	ลิกไนต์	5%= 11.25 g	10%= 22.5 g	150 g	375 g	0.130	12.87	11.55	0.38	9.76	5177.8

5.2 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการขึ้นรูปถ่านอัดแท่ง จากผงถ่านของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เพื่อใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยมีการนำผงถ่านมาผสมกับสารยึดและสารเติมแต่งเพื่อช่วยในการยึดติดกันของผงถ่านและปรับปรุงสมบัติต่างๆ

จากที่ได้กล่าวมาแล้วอาจทำการศึกษางานวิจัยอื่นๆ เพื่อพัฒนาปรับปรุงสมบัติต่างๆ ของถ่านอัดแท่ง ดังต่อไปนี้

- ศึกษาการขึ้นรูปถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรชนิดอื่นๆ เช่น ชานอ้อย ซังข้าวโพด เป็นต้น
- ศึกษาสารเติมแต่งชนิดอื่นๆ ที่ช่วยปรับปรุงสมบัติของถ่านอัดแท่ง เช่น สมบัติด้านปริมาณความร้อน และเวลาในการเผาไหม้
- พัฒนาและปรับปรุงกระบวนการผลิตให้เป็นกระบวนการต่อเนื่อง (Continuous Process) โดยใช้เทคนิคการอัดรีด (Extrusion) เพื่อเพิ่มอัตราการผลิต ทำให้มีความเป็นไปได้ในการผลิตเชิงพาณิชย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. http://www.doae.go.th/plant/coconut.htm
2. http://www.dedp.go.th/renew/bio_p.htm
3. http://www.deadflower.blogger.com.br/coconut.jpg
4. http://www.doae.go.th/plant/du_n/durian.htm
5. ประเสริฐ เทียนนิมิตร, ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์ และปานเพชร ชินินทร "เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น" บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด(มหาชน), 2540, 18-19.
6. Khedari, J., Nankongnab, N., Hirunlabh, J. and Teekasap, S. 2004. New low-cost insulation particleboards from mixture of durian peel and coconut coir. **Building And Environment.** 39: 59-65.
7. Raki, E. A. 1978. Process for preparing coal briquettes for coke and apparatus for the process. **United States Patent.** 4,093,425.
8. http://www.eaglequest.com/~bbq/charcoal/
9. ไพโรจน์ อนุพันธนันธ์. 2544. การใช้ประโยชน์จากถ่านหินอัดแท่งของเหมืองแม่เมาะ. **ในเอกสารประกอบการประชุมวิชาการ เรื่อง เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด,** หน้า 1-7. กรุงเทพฯ: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.
10. http://www.kcpc.usyd.edu.au/discovery/9.5.1/9.5.1_starchl.html
11. กาญจนากร เกศางาม และวิมลมาศ เมืองแก่น "การศึกษาเทคนิคกระบวนการขึ้นรูปของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลัง (I)" ภาควิชา เคมี คณะ วิทยาศาสตร์ สจล., 2541, หน้า 4-6.
12. Taylor, J.W. and Hannah, L. 1991. The effect of binder displacements during briquetting on the strength of formed coke. **Fuel.** 70(4) :873-876.
13. http://www.forest.go.th/Research/Res/energy.html
14. http://www.forest.go.th/Research/Knowledge/green_fuel.htm
15. http://www.forest.go.th/Research/Res/energy.html#ไม้ยูคา2
16. Friedrich, F. 1976. Process for the manufacture of brown coal briquettes. **United States Patent**. 3,980,447.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17. Yildrim, M. and Ozbayoglu, G. 1997. Production of ammonium nitrohumate from Elbistan lignite and its use as a coal binder. **Fuel**. 76(5): 385 – 389.

18. Annual Book of ASTM. 05.05 (1992): 316-317.

19. Annual Book of ASTM. 05.05 (1992): 318-321.

20. Annual Book of ASTM. 05.05 (1992): 256-263.

21. ASTM D 1621-73 . 1979. **Standard Test Method for Compressive Properties Of Rigid Cellular Plastics.** Philadelphia: American Society for Testing and Materials.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

1. วิธีการหาความหนาแน่นของผงถ่านและผงถ่านหินโดยประมาณ

1. นำบีกเกอร์ที่แห้งและสะอาดมาชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

2. ตักผงถ่านหรือผงถ่านหินใส่ลงในบีกเกอร์ให้เต็มบีกเกอร์ และปาดผิวหน้าให้เรียบ

3. นำบีกเกอร์ที่เติมสารแล้วไปชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

4. เทสารออก ล้างบีกเกอร์ให้สะอาด เช็ดภายนอกบีกเกอร์ให้แห้ง นำบีกเกอร์มาเติมน้ำให้เต็ม จากนั้นเทน้ำจากบีกเกอร์ใส่กระบอกตวงเพื่อวัดปริมาตรของบีกเกอร์ที่แน่นอน

5. ทำการคำนวณความหนาแน่นโดยประมาณ

น้ำหนัก ปริมาตร และความหนาแน่นโดยประมาณของผงถ่านและผงถ่านหินแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 น้ำหนัก ปริมาตร และความหนาแน่นโดยประมาณของผงถ่านและผงถ่านหิน

ชนิดของสาร	น้ำหนัก (กรัม)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	ความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม.)
ผงถ่านกะลา	25.1	69	0.364
ผงถ่านเปลือกทุเรียน	16.5	69	0.239
ผงถ่านหินแอนทราไซต์	61.2	69	0.887
ผงถ่านหินลิกไนต์	45.4	69	0.658

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สมบัติบางประการของถ่านอัดแท่ง

ตารางที่ 2 น้ำหนัก ปริมาตร และความหนาแน่นรวมของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาที่ปริมาณและชนิดของสารเติมแต่งต่างๆ

ชนิดของสารเติมแต่ง	ปริมาณสารเติมแต่ง (%)	น้ำหนัก (กรัม)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	ความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม.)
-	-	12.63	77.33	0.163
ผงถ่านหินแอนทราไซต์	5	13.90	64.85	0.214
	10	13.50	62.60	0.216
ผงถ่านหินลิกไนต์	5	13.94	78.14	0.178
	10	13.93	70.37	0.198

ตารางที่ 3 น้ำหนัก ปริมาตร และความหนาแน่นรวมของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกทุเรียนที่ชนิดของสารเติมแต่งต่างๆ

ชนิดของสารเติมแต่ง	ปริมาณสารเติมแต่ง (%)	น้ำหนัก (กรัม)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	ความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม.)
-	-	13.79	108.01	0.128
ผงถ่านหินแอนทราไซต์	5	13.62	98.19	0.139
ผงถ่านหินลิกไนต์	5	13.34	102.28	0.130

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ผลของปริมาณความชื้นรวมของถ่านอัดแท่งที่ชนิดของผงถ่านและสารเติมแต่งต่างๆ และปริมาณสารเติมแต่งต่างๆ

ชนิดของสารเติมแต่ง	ปริมาณสารเติมแต่ง(%)	ชนิดของผงถ่าน					
		ผงถ่านกะลา			ผงถ่านเปลือกทุเรียน		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
-	-	7.72	8.18	7.95	11.44	11.80	11.62
ผงถ่านหินแอนทราไซต์	5	7.48	7.58	7.53	10.65	10.91	10.78
	10	7.37	7.55	7.46	-	-	-
ผงถ่านหินลิกไนต์	5	9.46	9.82	9.64	12.78	12.96	12.87
	10	9.60	10.02	9.81	-	-	-

ตารางที่ 5 ผลของปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งที่ชนิดของผงถ่านและสารเติมแต่งต่างๆ และปริมาณสารเติมแต่งต่างๆ

ชนิดของสารเติมแต่ง	ปริมาณสารเติมแต่ง(%)	ชนิดของผงถ่าน					
		ผงถ่านกะลา			ผงถ่านเปลือกทุเรียน		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
-	-	8.48	8.98	8.73	11.43	11.77	11.60
ผงถ่านหินแอนทราไซต์	5	8.24	8.72	8.48	11.25	11.41	11.33
	10	8.27	8.31	8.29	-	-	-
ผงถ่านหินลิกไนต์	5	8.99	9.51	9.25	11.47	11.63	11.55
	10	10.03	10.25	10.14	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 ผลของค่าความแข็งแรงกดอัดของถ่านอัดแท่งที่ชนิดของผงถ่านและสารเติมแต่งต่างๆ และปริมาณสารเติมแต่งต่างๆ

ชนิดของสารเติมแต่ง	ปริมาณสารเติมแต่ง (%)	ชนิดของผงถ่าน							
		ผงถ่านกะลา				ผงถ่านเปลือกทุเรียน			
		ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย
-	-	0.66	0.58	0.25	0.50	0.44	0.38	0.20	0.34
ผงถ่านหินแอนทราไซต์	5	0.91	0.70	0.61	0.74	0.50	0.41	0.27	0.39
	10	1.29	1.18	1.01	1.16	-	-	-	-
ผงถ่านหินลิกไนต์	5	0.47	0.67	0.87	0.67	0.61	0.23	0.29	0.38
	10	0.92	1.02	0.87	0.94	-	-	-	-

ตารางที่ 7 ผลของเปอร์เซ็นต์ความเครียดที่จุดเสียสภาพของถ่านอัดแท่งที่ชนิดของผงถ่านและสารเติมแต่งต่างๆ และปริมาณสารเติมแต่งต่างๆ

ชนิดของสารเติมแต่ง	ปริมาณสารเติมแต่ง (%)	ชนิดของผงถ่าน							
		ผงถ่านกะลา				ผงถ่านเปลือกทุเรียน			
		ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย
-	-	9.67	7.61	8.40	8.56	14.58	13.19	9.00	12.25
ผงถ่านหินแอนทราไซต์	5	9.27	8.57	5.90	7.92	10.05	9.72	8.57	9.45
	10	5.37	4.91	4.23	4.84	-	-	-	-
ผงถ่านหินลิกไนต์	5	10.93	7.58	6.45	8.32	11.25	9.10	8.94	9.76
	10	6.55	7.71	3.19	5.82	-	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 ผลของค่าปริมาณความร้อนของถ่านอัดแท่งที่ชนิดของผงถ่านและสารเติมแต่งต่างๆ และปริมาณสารเติมแต่งต่างๆ

ชนิดของสารเติมแต่ง	ปริมาณสารเติมแต่ง(%)	ชนิดของผงถ่าน					
		ผงถ่านกะลา			ผงถ่านเปลือกทุเรียน		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
-	-	5886.2	5978.8	5932.5	4915.4	4797.0	4856.2
ผงถ่านหินแอนทราไซต์	5	6158.4	6234.4	6196.4	5421.7	5228.9	5325.3
	10	6502.5	6374.7	6438.6	-	-	-
ผงถ่านหินลิกไนต์	5	6096.7	6073.3	6085.0	5280.4	5075.2	5177.8
	10	6157.3	6312.1	6234.7	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้