การผลิตถ่านเชื้อเพลิงจากถ่านที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสของยางรถยนต์

Fuel charcoal production from char obtained from tire pyrolysis

จตุรพร วัชรินทร์

จิณณพัต แซ่ลิ้ม

พีรพล ยงอยู่

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fuel charcoal production from char obtained from tire pyrolysis

JATURAPRON WATCHARIN

JINNAPUT SAELIM

PEERAPOL YONGYU

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF SCIENCE (ENVIRONMENTAL CHEMISTRY)

DEPARTMENT OF CHEMISTRY FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การผลิตถ่านเชื้อเพลิงจากถ่านที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสของยางรถยนต์ Fuel charcoal production from char obtained from tire pyrolysis
ชื่อนักศึกษา	นางสาวจตุรพร วัชรินทร์ รหัสนักศึกษา 58050592 นางสาวจิณณพัต แซ่ลิ้ม รหัสนักศึกษา 58050593 นายพีรพล ยงอยู่ รหัสนักศึกษา 58050666
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	2561
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.บรรจง บุญชม

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม) ประจำปีการศึกษา 2561

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.อุสารัตน์ ถาวรชัยสิทธิ์ ประธานกรรมการ	
ผศ.ดร.ภิเษก รุ่งโรจน์ชัยพร กรรมการ	
รศ.ดร.บรรจง บุญชม กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การผลิตถ่านเชื้อเพลิงจากถ่านที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสของยางรถยนต์
ชื่อนักศึกษา	นางสาวจตุรพร วัชรินทร์ รหัสนักศึกษา 58050592
	นางสาวจิณณพัต แซ่ลิ้ม รหัสนักศึกษา 58050593
	นายพีรพล ยงอยู่ รหัสนักศึกษา 58050666
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)
ภาควิชา	เคมี
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา	2561
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.บรรจง บุญชม

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเพิ่มมูลค่าของคาร์บอนแบล็คที่เป็นของเสียจากกระบวนการไพโรไลซิสยางรถยนต์ เพื่อผลิตเป็นถ่านเชื้อเพลิงพลังงานสูง ติดไฟนาน สำหรับใช้ในการหุงต้มและหม้อต้มในโรงงานอุตสาหกรรม โดยศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจาก 4 ส่วนผสม ได้แก่ น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว แป้งมันสำปะหลัง กากน้ำตาล และโมโนแคลเซียมฟอสเฟตร่วมกับคาร์บอนแบล็ค เพื่อหาสูตรถ่านเชื้อเพลิงพลังงานสูง 4 ชนิด สมบัติทางกายภาพของตัวอย่างทั้งหมดตรวจสอบโดย ค่าความร้อน ความหนาแน่น ปริมาณเถ้า เฉดสี ขนาด และลักษณะทางสัณฐานวิทยา สมบัติทางเคมีทั้งหมดถูกตรวจสอบโดยเทคนิค XRF, XRD, FTIR และ TGA เพื่อทราบคุณสมบัติทางเคมี องค์ประกอบธาตุ โครงสร้างผลึก รูปแบบของการสั่น เอกลักษณ์การสลายตัวทางความร้อนตามลำดับ ถ่านเชื้อเพลิงพลังงานสูง 4 ชนิดที่ได้จากการทดลองได้ตรวจสอบค่าความร้อนด้วยเครื่องวัดค่าความร้อน พบว่ามีพลังงานสูงขึ้นมากกว่า 7.75% จากคาร์บอนแบล็คที่เป็นวัตถุดิบ

คำสำคัญ : คาร์บอนแบล็ค, ถ่านจากยางรถยนต์, กระบวนการไพโรไลซิส, ถ่านเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Fuel charcoal production from char obtained from tire pyrolysis
Students	Miss Jaturaporn Watcharin Student ID 58050592
	Miss Jinnaput Saelim Student ID 58050593
	Mr. Peerapol Yongyu Student ID 58050666
Degree	Bachelor of Science (Environmental Chemistry)
Department	Chemistry
Faculty	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2018
Advisor	Assoc.Prof.Dr. Banjong Boonchom

Abstract

This research has studied added-value of waste char obtained from tire pyrolysis process to produce fuel charcoal that gives high and longtime heating for cooking and boiling in industrial plants. 4 ingredients; vegetable oil residue and flour cassava, molasse and monocalcium phosphate were used to mix with char to get four fuel charcoal formulas Physical properties of as all samples had been determined by heating value , density, ash content, appeared color, and particle size and morphology. Chemical properties of as all samples had been determined by XRF, XRD, FTIR and TGA techniques to confirm chemical content, crystal structure, block unit content in crystal and thermal behavior, respectively. The five fuel charcoals obtained in this work were checked heating value by bomb calorimeter and found to be over 7.75%. from that of char.

Keywords : char, Charcoal, Pyrolysis, rubber powder synthesized from waste tires

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษเล่มนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รศ.ดร. บรรจง บุญชม อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษเป็นอย่างสูง ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา ความช่วยเหลืออย่างใกล้ชิด และช่วยชี้แนะแนวทางในการทำโครงงานพิเศษตลอดจนตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ และขอขอบพระคุณกรรมการสอบโครงงานพิเศษ รศ.ดร.อุสารัตน์ ถาวรชัยสิทธิ์ และ ผศ.ดร.ภิเษก รุ่งโรจน์ชัยพร ที่ให้คำแนะนำ และช่วยตรวจสอบแก้ไข โครงงานพิเศษให้ถูกต้องสมบูรณ์

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้คำแนะนำ และความช่วยเหลือตลอดการทำโครงงานพิเศษครั้งนี้

สุดท้ายขอขอบพระคุณบิดาและมารดาที่ให้การสนับสนุนทางด้านการศึกษา คอยอบรมสั่งสอน และคอยเป็นแรงผลักดันในการทำโครงงานพิเศษนี้ คณะผู้จัดทำหวังว่าโครงงานพิเศษฉบับนี้จะเกิดประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจ หากมีข้อผิดพลาด ข้อบกพร่องประการใด คณะผู้จัดทำโครงงานวิจัยขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

จตุรพร วัชรินทร์
จิณณพัต แซ่ลิ้ม
พีรพล ยงอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ..... ก
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญรูป ..... ช
คำย่อ/สัญลักษณ์ ..... ญ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 1
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2
2.1 กระบวนการไพโรไลซิสยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว 2
2.1.1 ประเภทของเสียที่เกิดจากกระบวนการไพโรไลซิสยางรถยนต์ 3
2.2 คาร์บอนแบล็ค (Carbon Black) 4
2.2.1 ประเภทของคาร์บอนแบล็ค 4
2.2.2 ลักษณะสมบัติเฉพาะของคาร์บอนแบล็ค (Carbon black) 5
2.2.3 การใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมคาร์บอนแบล็ค (Carbon black) 6
2.3 ตัวประสาน 7
2.3.1 แป้งมันสำปะหลัง 7
2.3.2. กากน้ำตาล 8
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 12
3.1 วัสดุอุปกรณ์ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.1.1 ผงถ่านจากยางรถยนต์ 12
3.1.2 สารเคมี 12
3.1.3 อุปกรณ์ 12
3.2 วิธีดำเนินการทดลอง 13
3.2.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี 14
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล 16
4.1 สมบัติทางกายภาพ 16
4.1.1 การวิเคราะห์ความหนาแน่น 16
4.1.2 การวิเคราะห์พลังงานความร้อน (Bomb Calorimeter) 17
4.1.3 ผลการศึกษาการผสมถ่านเชื้อเพลิงเพื่อหาสูตรที่เหมาะสม 17
4.1.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (Ash Content) 22
4.1.5 ผลการวิเคราะห์เฉดสีของถ่านเชื้อเพลิง 22
4.1.6 ผลการวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานวิทยาและขนาดอนุภาค 24
4.2 สมบัติทางเคมี 26
4.2.1 เอกลักษณ์ของการสั่นภายในโครงสร้างผลึก 26
4.2.2 วิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ 28
4.2.3 วิเคราะห์หาปริมาณธาตุองค์ประกอบ 29
4.2.4 วิเคราะห์การสลายตัวทางความร้อน 32
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 35
5.1 สรุปการวิจัย 35
5.2 ข้อเสนอแนะ 35
บรรณานุกรม 36
ภาคผนวก 38
ภาคผนวก ก แสดงรูปเฉดสีของถ่านเชื้อเพลิงแต่ละอัตราส่วน 39
ภาคผนวก ข เครื่องมือวิเคราะห์ 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ลักษณะสมบัติของคาร์บอนแบล็ค (Carbon black) 6
2.2 ชนิดของกากน้ำตาล 8
4.1 ความหนาแน่นของถ่าน MCP น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว และแป้งมันสำปะหลัง และค่ามาตรฐาน 17
4.2 ค่าความร้อนของถ่าน แป้งมันสำปะหลัง น้ำมันที่ใช้แล้ว และกากน้ำตาล 17
4.3 คำนวณปริมาณส่วนผสมระหว่างผงถ่าน แป้งมันสำปะหลัง และน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว 18
4.4 คำนวณปริมาณส่วนผสมระหว่างผงถ่าน แป้งมันสำปะหลัง น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว และ MCP 19
4.5 คำนวณปริมาณส่วนผสมระหว่างผงถ่าน แป้งมันสำปะหลัง น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว น้ำ และ MCP . 20
4.6 คำนวณปริมาณส่วนผสมระหว่างผงถ่าน น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว กากน้ำตาล และ MCP 21
4.7 แสดงค่าความร้อนที่ได้จากการคำนวณและค่าความร้อนที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อน 21
4.8 ปริมาณเถ้าของถ่านเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนต่างๆ 22
4.9 แสดงปริมาณองค์ประกอบของธาตุในถ่านเชื้อเพลิงด้วยเทคนิค XRF 30
4.10 แสดงปริมาณองค์ประกอบของธาตุในเถ้าของถ่านเชื้อเพลิงด้วยเทคนิค XRF 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ตัวอย่างแผนผังกระบวนการไพโรไลซิสยางรถยนต์เก่า 2
2.2 ลักษณะทั่วไปของคาร์บอนแบล็ค 7
2.3 แป้งมันสำปะหลัง 7
2.4 กากน้ำตาล 8
4.1 แสดงเฉดสีของถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน คือ 15 : 5 : 10 23
4.2 แสดงเฉดสีของถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 75 : 4 : 20 : 1 23
4.3 แสดงเฉดสีของถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 63 : 2 : 35 : 1 23
4.4 แสดงเฉดสีของถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 65 : 2 : 38 : 1 24
4.5 รูปสัณฐานวิทยาของถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน คือ 15 : 5 : 10 24
4.6 รูปสัณฐานวิทยาของถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 75 : 4 : 20 : 1 25
4.7 รูปสัณฐานวิทยาของถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 63 : 2 : 35 : 1 25
4.8 รูปสัณฐานวิทยาของถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 65 : 2 : 38 : 1 26
4.9 สเปกตราของการสั่นของผงถ่าน น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว แป้งมันสำปะหลัง กากน้ำตาล และโมโนแคลเซียมฟอสเฟต ด้วยเครื่องสเปกโทรสโกปีการสั่นแบบฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด 27
4.10 สเปกตราของการสั่นของถ่านเชื้อเพลิงอัตราส่วนผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน คือ 15 : 5 : 10 (a) ,อัตราส่วนผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 75 : 4 : 20 : 1 (b),อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 63 : 2 : 35 : 1 (c) และ อัตราส่วนผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 65 : 2 : 38 : 1 (d) ด้วยเครื่องสเปกโทรสโกปีการสั่นแบบฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.11 สเปกตราของการสั่นของเถ้าของถ่านเชื้อเพลิงอัตราส่วนผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน คือ 15 : 5 : 10 (a), อัตราส่วนผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 75 : 4 : 20 : 1 (b), อัตราส่วนผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 63 : 2 : 35 : 1 (c) และ อัตราส่วนผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 65 : 2 : 38 : 1 (d) ด้วยเครื่องสเปกโทรสโกปีการสั่นแบบฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด 28

4.12 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ของถ่านเชื้อเพลิงอัตราส่วนผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมันคือ 15 : 5 : 10 (a), อัตราส่วนผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 75 : 4 : 20 : 1 (b),อัตราส่วนผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 63 : 2 : 35 : 1 (c) และ อัตราส่วนผง ถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 65 : 2 : 38 : 1 (d) 29

4.13 เทอร์โมแกรมการสลายตัวทางความร้อนของถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน คือ 15 : 5 : 10 33

4.14 เทอร์โมแกรมการสลายตัวทางความร้อนของถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 75 : 4 : 20 : 1 33

4.15 เทอร์โมแกรมการสลายตัวทางความร้อนของถ่านเชื้อเพลิงใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 63 : 2 : 35 : 1 34

4.16 เทอร์โมแกรมการสลายตัวทางความร้อนของถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 65: 2 : 38 : 1 34

ก.1 ถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน คือ 15 : 5 : 10 39

ก.2 ถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน คือ 20 : 10 : 20 39

ก.3 ถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน คือ 10 : 10 : 10 40

ก.4 ถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : น้ำ คือ 65 : 5 : 15 : 15 40

ก.5 ถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : น้ำ : MCP คือ 65 : 4 : 15 : 15 : 1 40

ก.6 ถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน คือ 15 : 5 : 10 41

ก.7 ถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน คือ 75 : 5 : 20 41

ก.8 ถ่านเชื้อเพลิง ที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : น้ำ : MCP คือ 80 : 4 : 10 : 10 : 1 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

ก.9 ถ่านเชื้อเพลิง ที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : น้ำ : MCP
คือ 65 : 3 : 15 : 15 : 2 42

ก.10 ถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : น้ำ
คือ 75 : 5 : 10 : 10 42

ก.11 ถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : น้ำ
คือ 80 : 5 : 10 : 10 42

ก.12 ถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : น้ำ : MCP
คือ 80 : 4 : 10 : 10 : 1 43

ก.13 ถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : น้ำมัน : กากน้ำตาล : MCP
คือ 90 : 5 : 5 : 1 43

ก.14 ถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : น้ำมัน : กากน้ำตาล : MCP
คือ 90 : 7 : 3 : 1 43

ก.15 ถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP
คือ 63 : 2 : 35 : 1 44

ก.16 ถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP
คือ 65 : 2 : 38 : 1....44

ข.1.1 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) 45

ข.1.2 หลักการทำงานของเครื่อง SEM 46

ข.2.1 เครื่องมือวิเคราะห์สารด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (XRD) 46

ข.2.2 การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ในผลึก 47

ข.3.1 เครื่องวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสารโดยอาศัยคุณสมบัติทางความร้อน (TGA) ...48

ข.4.1. เครื่องมือวิเคราะห์สารด้วยอินฟราเรด (FT-IR) 48

ข.5.1 เครื่องวิเคราะห์พลังงานความร้อน (Bomb Calorimeter) 49

ข.6.1 เครื่องวิเคราะห์หาปริมาณธาตุองค์ประกอบ (XRF) 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ย่อ/สัญลักษณ์

คำย่อ/สัญลักษณ์	คำอธิบาย
MCP	Monocalcium Phosphate
°C	องศาเซลเซียส
min	นาที
g	กรัม
J/g	จูลต่อกรัม
kJ	กิโลจูล
kcal/kg	กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม
mL	มิลลิลิตร
cm^3	ลูกบาศก์เซนติเมตร
g/cm^3	กรัมต่อลูกบาศก์ซนติเมตร
hr	ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบัน รถยนต์กลายเป็นสิ่งที่จำเป็นและสำคัญต่อการดำรงชีวิต มีปริมาณการใช้งานเป็นจำนวนมาก ของเสียประเภทหนึ่งที่เกิดจากรถยนต์ที่ คือ ยางรถยนต์เก่า ซึ่งเป็นของเสียที่มีประโยชน์ เนื่องจาก องค์ประกอบหลัก คือ ไฮโดรคาร์บอน สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตเชื้อเพลิงได้ ใช้เป็นแหล่งพลังงานได้อย่างดี โดยกระบวนการที่เรียกว่า กระบวนการไพโรไลซิส ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นที่สามารถนำมาเป็นเชื้อเพลิงได้มีทั้งที่อยู่ใน รูปก๊าซ ของแข็ง (ชาร์) และของเหลว (น้ำมัน)

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

บริษัทประกอบกิจการผลิตและจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงที่ผลิตจากยางรถยนต์ด้วยกระบวนไพโรไลซิส โดยมีของเสียจากกระบวนการไพโรไลซิส คือ ถ่าน ที่เกิดจากกระบวนการเผายางรถยนต์ ซึ่งมีปริมาณถ่าน 1000 ตัน/เดือน ปัจจุบันได้ขายถ่านในราคา 2,000 บาท/ตัน ซึ่งทางบริษัทอยากที่จะแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าของถ่าน

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อแปรรูปถ่านจากยางรถยนต์ ให้เป็นถ่านเชื้อเพลิงพลังงานสูง

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1) คิดค้นสูตรถ่านเชื้อเพลิงพลังงานสูง

2) ตรวจวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมี ของวัตถุดิบและถ่านที่คิดค้นได้ ด้วยเครื่องวิเคราะห์พลังงานความร้อน (Bomb Calorimeter) ลักษณะสัณฐานวิทยาและขนาดอนุภาค (SEM) เอกลักษณ์ของการสั่นภายในโครงสร้างผลึก (FT-IR) การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (XRD) องค์ประกอบธาตุ (XRF) การสลายตัวทางความร้อน (TGA)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ผลิตภัณฑ์ถ่านเชื้อเพลิงพลังงานสูง

2) ได้ทราบสมบัติทางกายภาพและเคมีของวัตถุดิบและถ่านที่คิดค้นได้

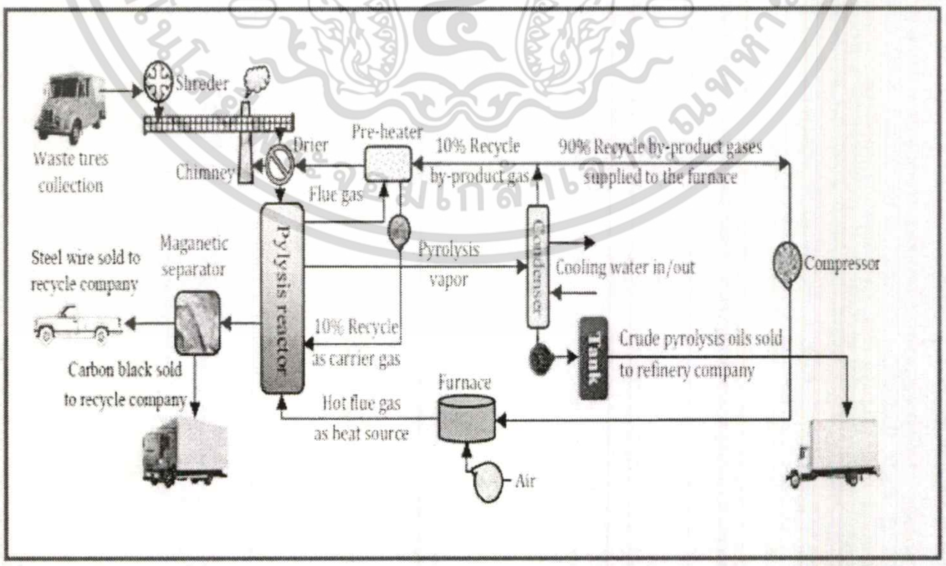
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงงานวิจัย เรื่อง การผลิตถ่านเชื้อเพลิงจากถ่านที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสของยางรถยนต์ จะถูกอธิบายตามหัวข้อต่อไปนี้

2.1 กระบวนการไพโรไลซิสยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว

ตัวอย่างแผนผังกระบวนการไพโรไลซิสยางรถยนต์เก่าแสดงได้ดังรูปที่ 2.1 โดยมีการใช้รถบรรทุกใน การนำยางรถยนต์เข้ามาสู่โรงงาน ซึ่งในขั้นตอนเบื้องต้น ยางรถยนต์ดังกล่าวจะถูกนำไปทำความสะอาด ด้วยระบบอัดอากาศ (Compressed air) จากนั้นนำไปลดขนาดให้เป็นชิ้นที่มีขนาด 4 เซนติเมตร ขั้นตอนต่อมายางรถยนต์ที่ถูกลดขนาดแล้วจะถูกส่งเข้าสู่เครื่องมือลดความชื้น (Drier) แล้วจึงทำการป้อนเข้าสู่ถังปฏิกรณ์ไพโรไลซิสที่เดินระบบ ณ อุณหภูมิประมาณ 475 °C สำหรับผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่ได้จากกระบวนการ ไพโรไลซิสจะถูกนำไปใช้ประโยชน์ต่างๆ คือ ไอระเหยที่เกิดขึ้นจะถูกนำเข้าสู่กระบวนการควบแน่นและมีการแยกส่วนของน้ำมันและก๊าซออกจากกัน โดยก๊าซที่ได้ส่วนใหญ่จะถูกนำไปเผาไหม้เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อนของกระบวนการไพโรไลซิส ส่วนน้ำมันจะถูกปั๊มไปเก็บไว้ที่ถังเก็บ หรือบางกรณีอาจ จำหน่ายไปเป็นวัตถุดิบของกระบวนการกลั่นน้ำมัน ส่วน



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างแผนผังกระบวนการไพโรไลซิสยางรถยนต์เก่า

เหล็กและคาร์บอนแบล็คถูกจำหน่ายต่อให้กับบริษัทที่นำไปรีไซเคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ประเภทของเสียที่เกิดจากกระบวนการไพโรไลซิสยางรถยนต์

ของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการไพโรไลซิสยางรถยนต์สามารถแบ่งออกได้เป็น ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ซึ่งต้องได้รับการจัดการอย่างถูกวิธี โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ของแข็ง

ของเสียประเภทของแข็งที่เกิดขึ้นมักเป็นพวกสารประกอบอนินทรีย์ เช่น เถ้า โดยในกระบวนการไพโรไลซิสยางรถยนต์มักเกิดเถ้าประมาณร้อยละ 3-5 ที่ไม่สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานได้อีก และเถ้าก็มักมีโลหะกลุ่มเหล็กเป็นองค์ประกอบ ซึ่งอาจนำเถ้าดังกล่าวไปผ่านกระบวนการคัดแยกโลหะกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้ ส่วนชาร์ที่เกิดขึ้นจากการไพโรไลซิสสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง จึงมักไม่ค่อยถูกพิจารณาให้เป็นของเสีย นอกจากนั้นของเสียประเภทของแข็งอาจมาจากขั้นตอนของการบำบัดมลพิษทางอากาศ เช่น แผ่นเมมเบรนที่เสื่อมสภาพ ซึ่งอาจกำจัดโดยวิธีฝังกลบหรือเผาทิ้ง ฝุ่นที่ถูกดักจับได้ อาจใช้วิธีฝังกลบ หากมีสารปนเปื้อนที่เป็นอันตรายก็จะต้องนำไปทำการปรับเสถียรและกำจัดในหลุมฝังกลบขยะอันตราย

2. ของเหลว

ของเหลวที่เกิดจากกระบวนการไพโรไลซิสยางรถยนต์ เช่น น้ำมัน สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ แต่อาจจะต้องไปผ่านกระบวนการกำจัดสารปนเปื้อนและปรับปรุงคุณภาพ เพื่อช่วยลดมลภาวะที่เกิดจากการนำน้ำมันดังกล่าวไปใช้เป็นแหล่งพลังงานและช่วยให้น้ำมันมีคุณภาพดีขึ้น เช่น การกำจัดกำมะถันในน้ำมัน ด้วยกระบวนการไฮโดรทรีตติ้ง (สำหรับน้ำมันเบา) หรือกระบวนการดีไฮโดรซัลฟลูไรเซชัน (สำหรับ น้ำมันหนัก) การกำจัดความเป็นกรดของน้ำมันโดยใช้สารละลายด่าง นอกจากนั้นของเสียประเภทของเหลวอาจมาจากขั้นตอนของการบำบัดมลพิษทางอากาศ ซึ่งให้ใช้วิธีบำบัดที่เหมาะสมกับลักษณะน้ำเสียที่เกิดขึ้น ส่วนน้ำเสียที่มาจากขั้นตอน Condenser ที่มีการใช้น้ำเป็น Cooling water ก็สามารถหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้

3. ก๊าซ

ก๊าซที่เกิดขึ้นจากกระบวนการไพโรไลซิสยางรถยนต์โดยหลักๆ มักประกอบด้วยออกไซด์ของไนโตรเจนออกไซด์ของซัลเฟอร์ ก๊าซไฮโดรคาร์บอน คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ ฝุ่น ไดออกซินและฟูราน ซึ่งการกำจัดออกไซด์ของไนโตรเจนอาจใช้ Selective non-catalytic reduction (SNCR) หรือ Selective catalytic reduction (SCR) การกำจัดออกไซด์ของซัลเฟอร์ ก๊าซไฮโดรคาร์บอน คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์อาจใช้ Wet scrubber หรือการดูดซับ การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำจัดฝุ่นอาจใช้ห้องดัก ฝุ่น ถุงกรอง หรือ Scrubber ส่วนการกำจัดไดออกซินและฟูรานอาจใช้ Activated carbon ในการดูดซับ โดยการพ่นผงถ่านเข้าไปในกระแสก๊าซ

4. กลิ่น

โดยปกติถ้ากระบวนการผลิตถูกออกแบบมาอย่างดี ไม่มีการรั่วไหลจะไม่ก่อให้เกิดกลิ่น แต่ด้วยผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากกระบวนการ ได้แก่ ก๊าซและน้ำมัน ก็มักมีกลิ่นเฉพาะตัวอยู่แล้ว ซึ่งอาจเป็นกลิ่นเหม็นฉุนของน้ำมัน กลิ่นจากสารประกอบซัลเฟอร์และสารอะโรมาติกส์ กลิ่นจากก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ โดยปกติการบำบัดก๊าซเสียที่เกิดไม่ว่าจะด้วยวิธีการดูดซับ หรือวิธีการเผาทิ้ง ก็สามารถกำจัดกลิ่นของก๊าซไปในตัว แต่บางครั้งกลิ่นที่เกิดขึ้นอาจต้องได้รับการบำบัดด้วยวิธีที่เฉพาะเจาะจง เช่น การออกซิเดชันด้วยโอโซน เนื่องจากโอโซนเป็นสารออกซิไดซ์อย่างแรงจึงทำให้กลิ่นเจือจางลงหรือหมดไปได้ ในบางครั้งอาจใช้ ตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมในการออกซิเดชันได้ หรือกำจัดกลิ่นโดยวิธีทางชีวภาพ เช่น การใช้เครื่องกรองชีวภาพ เป็นต้น (ศิริรัตน์, 2551)

2.2 คาร์บอนแบล็ค (Carbon Black)

คาร์บอนแบล็ค คือ ผลผลิตจากน้ำมันชนิดหนัก จากการเผาน้ำมัน หรือ แก๊ส ให้ได้เขม่าสีดำมีขนาดของเม็ดเท่ากันอย่างสม่ำเสมอ ปลอดการปนเปื้อน เมื่อนำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตยาง จะให้ผลผลิตที่มีคุณภาพสูงตรงตามความต้องการ และเพื่อใช้เป็นสีดำ ในกระบวนการต่างๆ ซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษหลายประการ นอกจากการเป็นสี

2.2.1 ประเภทของคาร์บอนแบล็ค

1. Lamp Black เป็นกระบวนการผลิตโดยการเผาน้ำมันหนักในยุคแรกๆ ซึ่งจะให้ particle size ของ Carbon Black ใหญ่ที่สุด

2. Furnace Black คือการเผาน้ำมัน มีผลิตเยอะมากและนิยมใช้มากที่สุดในปัจจุบัน จะให้ Particle ที่ละเอียดขึ้น

3. Gas Black ผลิตจากการเผาก๊าซธรรมชาติ ได้ขนาด particle ที่เล็กที่สุดและมีน้ำหนักเบาที่สุด

แบ่งตามกระบวนการผลิต

1. Bead คือแบบอัดเป็นเม็ดขนาดเล็กทรงกลม เพื่อลดฝุ่นละอองในกระบวนการนำไปใช้เนื่องจากสีดำจะทำให้สถานที่ทำงานเปื้อนได้มากที่สุด ข้อดีคือ ลดฝุ่น ส่วนข้อเสียคือ กระจายตัวยาก

2. Powder แบบฝุ่นผงปกติ ไม่ได้ผ่านกระบวนการทำเป็น Bead มีข้อเสียคือฟุ้งกระจายได้ง่าย ข้อดีคือกระจายตัวได้ง่ายกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ลักษณะสมบัติเฉพาะของคาร์บอนแบล็ค (Carbon black)

คาร์บอนแบล็คเป็นคาร์บอนที่อยู่ในรูปของอนุภาคคอลลอยด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ หรือจากการแยกส่วนประกอบด้วยความร้อนของไฮโดรคาร์บอนที่เป็นก๊าซ หรือของเหลวภายใต้สภาวะควบคุม ลักษณะทางกายภาพจะมีสีดำ เป็นผงละเอียด และนำไปใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมต่างๆ คาร์บอนแบล็คจะอยู่ในรูปของ amorphous carbon ซึ่งมีสัดส่วนของพื้นที่ต่อปริมาตรสูง คาร์บอนแบล็คจัดเป็นสารอันตรายชนิดหนึ่งตามฐานข้อมูลของ Hazardous Substances Data Base เนื่องจากมีคาร์บอนที่ขนาดเล็กมากซึ่งมาจากกระบวนการออกซิเดชันบางส่วน หรือมาจากกระบวนการให้ ความร้อนที่เป็นการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ หรือการแยกส่วนประกอบด้วยความร้อนของก๊าซธรรมชาติ หรือน้ำมันปิโตรเลียม คาร์บอนแบล็คประกอบด้วย channel black, impingement black, furnace black และ thermal black โดยจากชนิดของคาร์บอนแบล็คทั้งหมดนั้น thermal black เป็นอนุภาคที่มีขนาดค่อนข้างหยาบมากที่สุด ในขณะที่ channel black มีขนาดของอนุภาคเล็กที่สุด โดยขนาดของอนุภาคคาร์บอนแบล็คโดยเฉลี่ยมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10-400 นาโนเมตร

คาร์บอนแบล็คจะแตกต่างไปจากเขม่าที่เรียกว่า black carbon โดยเขม่ามักหมายถึงคาร์บอนต่างๆ ที่ เราไม่ต้องการซึ่งมาจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของวัสดุที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เช่น น้ำมัน แก๊สโซลีน ถ่านหิน กระดาษ พลาสติก หรือขยะ ซึ่งเขม่าเหล่านี้จะมีปริมาณของสารไดคลอโรมีเทนและโทลูอีนจำนวนมาก และอยู่ในเถ้ามากกว่าร้อยละ 50 ลักษณะทางกายภาพเคมีของคาร์บอนแบล็คที่แตกต่างไปจากเขม่า คือ คาร์บอนแบล็คส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 97 จะประกอบด้วยคาร์บอนที่เรียงตัวในลักษณะของ aciniform หรือฝุ่นที่มีโครงสร้างรวมกันเหมือนองุ่น (grape-like cluster particulate)ในขณะที่เขม่าจะมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบน้อยกว่าร้อยละ 60 ซึ่งคาร์บอนที่มีจะแตกต่างกันไปตามที่มีและลักษณะสมบัติของคาร์บอน

คาร์บอนแบล็คมักมีส่วนผสมของสาร polycyclic aromatic hydrocarbon หรือ PAHsซึ่งสามารถสกัดได้ด้วยวิธีการเฉพาะในห้องปฏิบัติการเท่านั้น แต่จะสามารถสกัด PAHs ออกมาได้ในปริมาณน้อยมาก ๆ ส่วนคาร์บอนชนิดอื่นๆ ที่อาจมีการสับสนกับคาร์บอนแบล็ค คือ คาร์บอนกัมมันต์ (activated carbon) และ bone black ซึ่งได้มาจากกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันจากคาร์บอนแบล็คทำให้ลักษณะทางกายภาพเคมีแตกต่างกันโดยสิ้นเชิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 การใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมคาร์บอนแบล็ค (Carbon black)

1. อุตสาหกรรมยาง คาร์บอนแบล็คได้มีการนำไปใช้งานกันมากในอุตสาหกรรมยาง โดยจะถูกเติมไปในยางเพื่อให้เป็นวัสดุ filler และ เป็นสารเพิ่มความแข็งแรงให้กับยาง คาร์บอนแบล็คได้นำไปใช้ในชิ้นส่วนต่างๆ ของยาง ได้แก่ ยางใน ตัวเนื้อยาง และผนังของยาง นอกจากนี้ยังได้นำมาใช้ในการขึ้นรูปแบบหล่อ และผลิตภัณฑ์อื่นๆ อีกมากจากอุตสาหกรรมยาง เช่น เข็มขัด หัวฉีดน้ำ ลูกสูบ อุปกรณ์การสั่นสะเทือน อุปกรณ์ กันกระแทก สายพาน เป็นต้น

2. อุตสาหกรรมหมึกพิมพ์และเคลือบ คาร์บอนแบล็คได้ถูกนำมาใช้มากในการเป็นผงสี pigment ของหมึกพิมพ์และหมึกเคลือบ โดยเมื่อเทียบสัดส่วนการใช้งานแล้วจะเป็นรองเฉพาะการนำคาร์บอนแบล็ค ไปใช้ในอุตสาหกรรมยางเท่านั้น คาร์บอนแบล็คที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมนี้ต้องเป็นชนิดที่ออกซิไดซ์ด้วยกรด หรือ ชนิด acid oxidized carbon black โดยกรดจะถูกนำมาพ่นที่อุณหภูมิสูงในกระบวนการผลิตคาร์บอนแบล็ค ซึ่งจะทำให้คาร์บอนแบล็คที่ได้มีลักษณะพื้นผิวที่ต่างออกไป โดยจะมีจำนวนของพันธะออกซิเจนบนพื้นผิวของคาร์บอนแบล็คเพิ่มขึ้นซึ่งจะเหมาะสมกับการนำคาร์บอนแบล็คไปใช้งานในการเป็นหมึกสีและหมึกเคลือบมากกว่าชนิดอื่นๆ (Nano safety database, ม.ป.ป)

ตารางที่ 2.1 ลักษณะสมบัติของคาร์บอนแบล็ค (Carbor black)

ชื่อ	carbon black
CAS number	1333-86-4
สูตรโมเลกุล	C
น้ำหนักโมเลกุล	12.011 กรัมต่อโมล
ความหนาแน่น	1.75 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
จุดหลอมเหลว	-
จุดเดือด	3500 °C
ลักษณะทั่วไป	มีสีดำเป็นผงอนุภาคขนาดเล็ก เบา และแขวนลอยได้ในอากาศไม่มีกลิ่น และไม่ละลายน้ำเป็นสารที่ความคงตัวสูง แต่อาจลุกติดไฟได้ง่าย

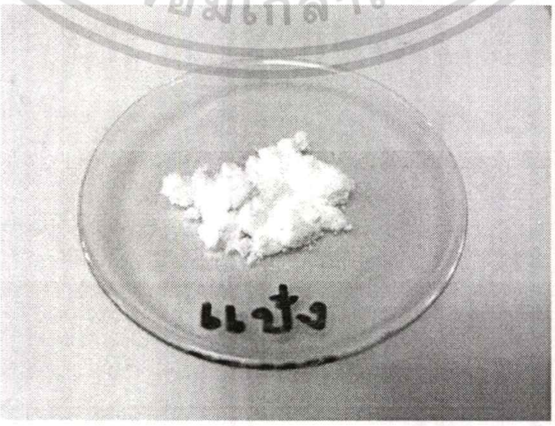
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.2 ลักษณะทั่วไปของคาร์บอนแบล็ค

2.3 ตัวประสาน

2.3.1 แป้งมันสำปะหลัง

เป็นแป้งที่ได้จากมันสำปะหลัง ลักษณะของแป้งมีสีขาว เนื้อเนียน ลื่นเป็นมันเมื่อทำให้สุกด้วยการกวนกับน้ำไฟอ่อนปานกลาง แป้งจะละลายง่าย สุกง่าย แป้งเหนียวติดภาชนะ หนืดข้นขึ้นเรื่อยๆ ไม่มีการรวมตัวเป็นก้อน เหนียวเป็นใย ติดกันหมด เนื้อแป้งใสเป็นเงา ถูกใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆเช่น อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมกาว เป็นต้น แป้งมันสำปะหลัง มีคุณสมบัติพิเศษ เมื่อถูกความร้อนหรือถูกสารเคมีจะมีความเหนียว และสามารถรักษาความเหนียวได้เหมือนเดิม ไม่มีการคืนตัว แป้งมันสำปะหลังต้องมีความบริสุทธิ์

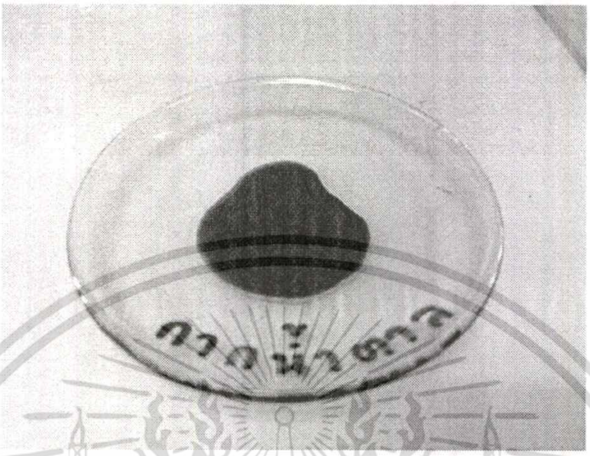


รูปที่ 2.3 แป้งมันสำปะหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2. กากน้ำตาล

เป็นของเหลวสีน้ำตาลเข้มและมีความเหนียวมาก สามารถหาซื้อได้จากท้องตลาดทั่วไปโดยนำไปผสมกับถ่านจากยางรถยนต์เพื่อขึ้นรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งได้ทันที



รูปที่ 2.4 กากน้ำตาล

ตารางที่ 2.2 ชนิดของกากน้ำตาล

กากน้ำตาลจากอ้อย	เกิดจากกรรมวิธีการผลิตน้ำตาลทรายจากอ้อยโดยเริ่มจากการนำอ้อยเข้าหีบได้น้ำอ้อย กรองเอากากออกจากน้ำอ้อยแล้วเคี่ยวน้ำอ้อยจนได้ผลึกของน้ำตาลทรายตกตะกอนออกมา แยกผลึกน้ำตาลทรายด้วยหม้อปั่นผลพลอยได้จะมี ขี้ตะกอน กากอ้อย และ กากน้ำตาล
กากน้ำตาลจากหัวบีท	เป็นผลพลอยได้จากการผลิตน้ำตาลจากหัวบีท
กากน้ำตาลจากส้ม	น้ำตาลที่ได้จากส้มมีกลิ่นและรสต่างจากกากน้ำตาลอ้อย
กากน้ำตาลจากข้าวโพด	กากน้ำตาลจากข้าวโพด มีน้ำตาลมากกว่า 48 เปอร์เซ็นต์ หวานและหอมกว่าน้ำตาลอ้อย
กากน้ำตาลจากไม้	เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมกระดาษ

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การทดลองนำเศษเหลือใช้และเศษกิ่งขนาดเล็กของไม้ไผ่ 4 ชนิด คือ ไผ่บงใหญ่ (*Dendrocalamus brandisii*) ไผ่หม่าจู (*Dendrocalamus latiflorus*) ไผ่เลี้ยงยงหวาน (*Bambusa*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

sp.) และไผ่ซางหม่น (*Dendrocalamus sericeus*) มาใช้ประโยชน์ทางด้านพลังงานด้วยการนำมาทำถ่านอัดแท่งพบว่าการทำถ่านอัดแท่งจากเศษไม้ไผ่ทั้ง 4 ชนิด สามารถทำได้โดยใช้ถ่านเศษไม้ไผ่บด 2,000 กรัม ผสมกับแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 50, 100, 150 และ 200 กรัม ส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษไม้ไผ่ทั้ง 4 ชนิด คือส่วนผสมที่มีถ่านเศษไม้ไผ่บด 2,000 กรัม กับแป้งมันสำปะหลัง 150 กรัม ถ่านอัดแท่งจากเศษไม้ไผ่ทั้ง 4 ชนิดที่ได้ มีลักษณะของถ่านอัดแท่งที่ดี ถ่านอัดแท่งจากเศษไม้ไผ่หม่าจู มีคุณลักษณะของถ่านอัดแท่งที่ดีกว่าถ่านอัดแท่งจากเศษไม้ไผ่อีก 3 ชนิด โดยมีค่างานที่ได้เฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 1.97 มีประสิทธิภาพการใช้งานเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 30.46 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 6,107.46 แคลอรีต่อกรัม และ ถ่านอัดแท่งจากเศษไม้ไผ่ซางหม่นมีลักษณะของถ่านอัดแท่งที่ด้อยกว่าถ่านอัดแท่งจากเศษไม้ไผ่ชนิดอื่น โดยมีค่างานที่ได้เฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 1.05 มีประสิทธิภาพการใช้งานเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 23.57 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 5,629.71 แคลอรีต่อกรัม (ลักษมี, ม.ป.ป.)

2. การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์ โดยศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง โดยทำการทดสอบสมรรถนะทางความร้อนตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มลภาวะ ต้นทุนต่อหน่วยและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์จากการผลิตถ่านอัดแท่ง

ผลทางด้านสมรรถนะทางความร้อน สรุปได้ว่า ถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังในอัตราส่วน 9 : 1 เป็นอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนสูงสุดเท่ากับ 6,580.10 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม และอัตราส่วน 1 : 9 เป็นอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนต่ำสุดเท่ากับ 4,514.13 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม ผลการทดสอบมลภาวะจากการเผาไหม้ถ่านอัดแท่ง พบว่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีปริมาณเท่ากับ 195 ppm ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ เท่ากับ 26 ppm คาร์บอนไดออกไซด์ 9.11 ppm และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ มีปริมาณมากกว่า 4,000 ppm มีการเปลี่ยนแปลงโดยมีค่าลดลง สัมพันธ์กับปริมาณคงเหลือของวัสดุหลังการเผาไหม้ ซึ่งในด้านสมรรถนะเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชุน (รุ่งโรจน์, 2553)

3. น้ำมันพืชที่ใช้แล้วสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลได้ งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาค่าพลังงานความร้อนและสัมประสิทธิ์ความหนืดของน้ำมันพืชที่ใช้แล้วผสมกับน้ำมันดีเซลที่อัตราส่วนผสมเท่ากับ 02:98, 05:95, 10:90, 15:85, 18:82, 20:80 และ 50:50 % โดยปริมาตร จากการทดลองพบว่าน้ำมันผสมที่อัตราส่วนเท่ากับ 18:82 % โดยปริมาตร มีค่าพลังงานความร้อนสูงสุดเท่ากับ 5.14×104 kJ/kg โดยค่าพลังงานความร้อนจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนผสมเพิ่มขึ้นจนถึงที่อัตราส่วนผสมเท่ากับ 18:82% โดยปริมาตร จากนั้นค่าพลังงานความร้อนของน้ำมันผสมจะมีค่าลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่ออัตราส่วนผสมเพิ่มขึ้นในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์ความหนืดของน้ำมันผสมที่อัตราส่วนผสมเท่ากับ 18:82 % โดยปริมาตรจะมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 2.39×10^{-1} $N.s/m^2$ โดยค่าสัมประสิทธิ์ความหนืดจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนผสมเพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานความร้อนกับค่าสัมประสิทธิ์ความหนืดของน้ำมันผสมพบว่า ค่าพลังงานความร้อนมีความสัมพันธ์แบบโพลิโนเมียลกับค่าสัมประสิทธิ์ความหนืดโดยเมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความหนืดของน้ำมันผสมเพิ่มขึ้นค่าพลังงานความร้อนจะมีค่าลดลง (อีลีหยํะและคณะ, 2551)

4. ในปัจจุบันประเทศไทยมีวัตถุดิบหลายชนิดที่สามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานชีวมวลโดยทั่วไปสามารถหาได้จากพืชและสัตว์ ตัวอย่างเช่น ไม้-ฟืน แกลบ ต้นอ้อย ซังข้าวโพด ต้นข้าวโพด และมูลสัตว์ ต่างๆ รวมไปถึงของเสียจากโรงงานแปรรูปทางการเกษตรและขยะ เช่น ขยะในชุมชน ขี้เลื่อย เป็นต้น การนำขยะเหล่านี้มาทำการแปรรูปเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนทั้งในครัวเรือนและอุตสาหกรรม โดยกระบวนการแปรรูปชีวมวลหรือของเหลือใช้ ต้องผ่านกระบวนทางกายภาพ ได้แก่ การสับย่อย อัด และทำให้แห้ง ส่วนกระบวนการทางความร้อนและเคมี เช่น การเพิ่มคาร์บอน (Carbonization) การทำให้เป็นของเหลว (Liquefaction) การแปรสภาพเป็นแก๊ส (gasification) และการแยกสลายด้วยความ ร้อน (Pyrolysis) และกระบวนการทางชีวภาพ ได้แก่ การหมัก แต่กรรมวิธีในการจะนำของเหลือใช้ทาง การเกษตร และทางครัวเรือน มาผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิง จะต้องมีการประเมินคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงอันได้แก่ ค่าความร้อน ปริมาณสารระเหย เถ้า ความชื้น คาร์บอนคงตัว และต้องมีการประเมินการคัดเลือกรูปแบบ ขั้นตอนและเครื่องมือที่ต้องใช้ในการผลิตแท่งเชื้อเพลิง และการนำไปใช้ประโยชน์ โดยพบว่า ในประเทศไทยมีปริมาณของที่เหลือใช้จากภาคครัวเรือน และภาคเกษตรกรรมในปริมาณที่แตกต่างกัน ตามลักษณะชนิดของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ดังนั้นขั้นตอนการผลิตแท่งเชื้อเพลิงในแต่ละพื้นที่ จึงแตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นกับความหนาแน่นและความชื้นของการจับตัวกันของเนื้อวัสดุเหลือใช้ นอกจากนี้ มีงานวิจัยเกี่ยวกับการผลิตแท่งเชื้อเพลิงที่นำของเหลือใช้จากภาคอุตสาหกรรมเกษตรและครัวเรือน เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงให้ได้คุณภาพตามมาตรฐาน ซึ่งแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จาก ของเหลือจากอุตสาหกรรมเกษตรและครัวเรือนก่อให้เกิดผลดีในด้านการใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้เกิด ประโยชน์สูงสุดและเป็นทางเลือกของพลังงานทดแทนที่ดีทางหนึ่งของประเทศไทยได้อีกด้วย (นฤภัทร, 2557)

5. ถ่านไม้บดด้วยเครื่องบดในส่วนผสมถ่านบด 2,000 กรัม: แป้งมัน 500 กรัม (อัตราส่วน 4:1) และน้ำถูกนำมาอัดด้วยเครื่องอัดแท่งแบบใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3.5 แรงม้า และจักรยานในการอัดแท่งทำการบันทึกเวลาที่ใช้ในการอัดแล้วนำถ่านอัดแท่งไปผึ่งแดดเพื่อกาจัดความชื้น และทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาค่าความร้อน และค่าความหนาแน่นของถ่านอัดแท่ง นอกจากนี้ ยังหาระยะเวลาในการติดไฟและหาระยะเวลา ในการเผาไหม้

ผลการวิจัย พบว่ามอเตอร์ไฟฟ้าใช้ระยะเวลาในการอัดเฉลี่ย 4.29 นาที และจักรยานใช้ระยะเวลาในการอัดเฉลี่ย 4.50 นาที ค่าความร้อนมีค่า 22.68 MJ/kg และ 23.34 MJ/kg ตามลำดับ ค่าความหนาแน่นมีค่า 907.43 kg/m3 และ 838.57 kg/m^3 ตามลำดับ ระยะเวลาในการติดไฟเฉลี่ย 6 นาที และ 4.33 นาที และระยะเวลาในการเผาไหม้เฉลี่ย 5.17 ชั่วโมง และ 4.24 ชั่วโมง ตามลำดับ (ดวงกมล และคณะ, 2559)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มค่าพลังงานความร้อนของถ่านที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสยางรถยนต์ โดยเลือกเทคนิคการวิเคราะห์ที่ตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของถ่านตัวอย่าง ส่วนผสม และถ่านเชื้อเพลิงที่คิดค้นขึ้น ทางกายภาพด้วยเทคนิคการวิเคราะห์พลังงานความร้อน (Bomb Calorimeter) ความหนาแน่น ปริมาณเถ้า เฉดสี ตรวจสอบลักษณะสัณฐานวิทยาและขนาดอนุภาค ด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) ส่วนทางเคมี ตรวจสอบเอกลักษณ์ของการสั่นภายในโครงสร้างผลึก ด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared (FT-IR) ตรวจสอบเอกลักษณ์ทางโครงสร้างผลึก ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-ray Diffractometer,XRD) วิเคราะห์องค์ประกอบธาตุ ด้วยเทคนิคเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนต์ (XRF) และวิเคราะห์การสลายตัวทางความร้อน (TGA)

3.1 วัสดุอุปกรณ์

3.1.1 ผงถ่านจากยางรถยนต์

ผงถ่านที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสยางรถยนต์ ของ บริษัท ไพโร เอนเนอร์ยี่ จำกัด

3.1.2 สารเคมี

1) โมโนแคลเซียมฟอสเฟต (Monocalcium phosphate) $Ca(H_2PO_4)_2$
2) กากน้ำตาล (Molasses)
3) แป้งมันสำปะหลัง (Tapioca Starch) ตรา บัวลอย

3.1.3 อุปกรณ์

1) เครื่องวิเคราะห์พลังงานความร้อน (Bomb Calorimeter) รุ่น C2000 ยี่ห้อ IKA
2) เครื่อง Fourier Transform Infrared (FT-IR) รุ่น Spectrum GX
3) เครื่อง X-ray Diffractometer (XRD) รุ่น D8 Advance ยี่ห้อ Bruker AXS
4) เครื่อง X-ray Fluorescence (XRF) รุ่น SRS 3400 ยี่ห้อ Bruker AXS
5) เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) รุ่น QUANTA 250 ยี่ห้อ FEI
6) เครื่อง Thermogravimetric Analysis (TGA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้... อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) เตาเผา

8) เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง รุ่น ML204/01

9) กระบอกตวงขนาด 10,25,50 มิลลิลิตร

10) บีกเกอร์ขนาด 25,600 มิลลิลิตร

11) กระจกนาฬิกา

12) ช้อนตักสาร

13) แท่งคนสาร

14) ครูซิเบิล (Crucible)

3.2 วิธีดำเนินการทดลอง

3.2.1 การหาคุณสมบัติทางกายภาพ

1. ความหนาแน่นของของแข็ง

1) ปริมาตรของบีกเกอร์ โดยการใส่น้ำให้เต็มบีกเกอร์ เทน้ำใส่กระบอกตวง แล้วจดปริมาตร

2) ชั่งน้ำหนักบีกเกอร์ จากนั้นใส่ผงถ่านในบีกเกอร์พร้อมชั่งน้ำหนัก

3) น้ำหนักบีกเกอร์ที่ใส่ผงถ่านลบด้วยน้ำหนักบีกเกอร์เปล่า จะได้น้ำหนักของถ่าน

4) จากสูตร D = m/v แทนค่าน้ำหนักที่ชั่งได้หารด้วยปริมาตรของภาชนะ

5) ทำ 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย

6) จากนั้นเปลี่ยนจากผงถ่านเป็นแป้งและโมโนแคลเซียมฟอสเฟต แล้วหาเหมือนเดิม

2. ความหนาแน่นของของเหลว

1) เทน้ำมันพืชที่ใช้แล้วลงกระบวกตวง 10 มิลลิลิตร

2) ชั่งบีกเกอร์ จากนั้นกด Tare

3) เทน้ำมันพืชที่ตวงไว้ลงบีกเกอร์ อ่านน้ำหนักพร้อมจดค่า

4) จากสูตร D = m/v แทนค่าน้ำหนักที่ชั่งได้หารด้วยปริมาตรที่ตวง

5) ทำ 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย

6) จากนั้นเปลี่ยนจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วเป็นกากน้ำตาล จากนั้นหาเหมือนเดิม

2. เครื่องวิเคราะห์พลังงานความร้อน (Bomb Calorimeter) รุ่น C2000 ยี่ห้อ IKA

การทำงานของเครื่องวิเคราะห์พลังงานความร้อนในตัวอย่างที่เป็นของแข็งและของเหลว โดยใช้หลักการวัดปริมาณความร้อนที่ปลดปล่อยออกมาเมื่อการเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ตัวอย่างจะถูกบรรจุในตัวรองรับและกระตุ้นด้วยออกซิเจนภายใต้ ความดันสูง

3. การผสมถ่านเพื่อหาสูตรที่เหมาะสม

1) คิดสูตรของถ่านเชื้อเพลิงจาก โปรแกรม Microsoft Excel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) นำผงถ่านจากยางรถยนต์ แป้งและโมโนแคลเซียมฟอสเฟต ชั่งน้ำหนักตามสูตรที่เราเลือก
3) ตวงน้ำมันพืชที่ใช้แล้วตามปริมาตรตามสูตรที่เราเลือก
4) เทน้ำมันพืชลงในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร จากนั้นเทโมโนแคลเซียมฟอสเฟตลงไป ใช้แท่งแก้วคนจนกว่าจะละลายเป็นเนื้อเดียวกัน
5) เติมแป้งลงไป คนต่อให้เป็นเนื้อเดียวกัน
6) เทผงถ่านลงไป แล้วคนต่อจนเป็นเนื้อเดียวกัน

4. การหาปริมาณเถ้า (Ash) ASTM D 3174

วิธีการทดลอง

(1) นำถ้วย (Crucible) ที่สะอาดไปอบ 30 min ที่อุณหภูมิ 105 °C แล้วนำไปทำให้เย็นโดยใส่ในโถดูดความชื้น (Desiccators) 15 min จึงนำไปชั่งน้ำหนัก ใส่ตัวอย่างประมาณ 1 g จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก (A)

(2) นำไปเผาในเตาอบที่อุณหภูมิ 950 °C นาน 2 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccators) 20 min จึงนำไปชั่งน้ำหนัก (B)

สูตรการคำนวณ

$$M = (B/A) \times 100$$

M = ร้อยละของปริมาณเถ้า

A = น้ำหนักของเชื้อเพลิงก่อนอบ (g)

B = น้ำหนักของเชื้อเพลิงหลังอบ (g)

5. เฉดสีของถ่านเชื้อเพลิง

ในทางวิทยาศาสตร์ให้จำกัดความของสีว่า เป็นคลื่นแสงหรือความเข้มของแสงที่สายตาสามารถมองเห็น ช่วยสร้างบรรยากาศ มีความสมจริง เด่นชัดและน่าสนใจมากขึ้น เมื่อพูดถึงสีของถ่านเชื้อเพลิงนั้น ต้องมีลักษณะเป็นสีดำสม่ำเสมอ

6. เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) รุ่น QUANTA 250 ยี่ห้อ FEI

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่มีกำลังขยาย 6 -1,000,000 เท่า ทำให้สามารถศึกษาโครงสร้างขนาดเล็กระดับนาโนเมตรถึงไมโครเมตร สามารถถ่ายภาพตัวอย่างได้หลากหลายโดยไม่มีความจำเป็นต้องเคลือบผิวด้วยสารตัวนำไฟฟ้าก่อนการถ่ายภาพ

3.2.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

1. เครื่อง Fourier Transform Infrared (FT-IR) รุ่น Spectrum GX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชั่นของสารประกอบอินทรีย์ โดยอาศัยหลักการของการดูดกลืนคลื่นรังสีช่วงกลางอินฟราเรด (Middle infrared region) ประมาณ 400-4000 cm^{-1} ซึ่งในแต่ละพันธะของหมู่ฟังก์ชั่นจะแสดงค่าความยาวคลื่นเฉพาะต่างกัน

2. เครื่อง X-ray Diffractometer (XRD) รุ่น D8 Advance ยี่ห้อ Bruker AXS

เทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน หรือ เทคนิควิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (XRD) เป็นเทคนิคที่นำรังสีเอ็กซ์ (X-ray) มาใช้วิเคราะห์และระบุชนิดสารประกอบ โครงสร้างผลึกของสารประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่าง ทั้งในเชิงคุณภาพ (Qualitative) และเชิงปริมาณ (Quantitative)

3. เครื่อง X-ray fluorescence (XRF) รุ่น SRS 3400 ยี่ห้อ Bruker AXS

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุองค์ประกอบในสารตัวอย่าง โดยใช้การวัดปริมาณรังสีเอ็กซ์ฟูออเรสเซนต์ (X-ray fluorescence) ที่ปลดปล่อยออกมาจากธาตุองค์ประกอบแต่ละชนิดในสารตัวอย่าง

4. เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) รุ่น QUANTA 250 ยี่ห้อ FEI

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่มีกำลังขยาย 6 -1,000,000 เท่า ทำให้สามารถศึกษาโครงสร้างขนาดเล็กระดับนาโนเมตรถึงไมโครเมตร สามารถถ่ายภาพตัวอย่างได้หลากหลายโดยไม่มีความจำเป็นต้องเคลือบผิวด้วยสารตัวนำไฟฟ้าก่อนการถ่ายภาพ

5. เครื่อง Thermogravimetric Analysis (TGA)

เป็นเทคนิคที่ใช้วิเคราะห์ความเสถียรของวัสดุโดยเฉพาะพอลิเมอร์เมื่อได้รับความร้อนโดยการวัดน้ำหนักของวัสดุที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงอุณหภูมิด้วยเครื่องชั่งที่มีความไวสูง เทคนิคนี้เหมาะสำหรับการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพของวัสดุที่เกี่ยวข้องกับการดูดซับแก๊สหรือระเหยของน้ำ การตกผลึก (crystallization) อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนเฟส การแตกตัวของวัสดุ (decomposition) ศึกษาการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชัน หรือ ปริมาณสารสัมพันธ์ (stoichiometry)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้คิดค้นการผลิตถ่านเชื้อเพลิงพลังงานสูงจาก 5 วัตถุดิบ คือ แป้งมันสำปะหลัง น้ำมัน กากน้ำตาล โมโนแคลเซียมฟอสเฟต และถ่านที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสยางรถยนต์ โดยในรายละเอียดบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองที่ประกอบด้วย ผลการศึกษาต้นทุนการผลิตเบื้องต้น ผลการตรวจวิเคราะห์ เพื่อยืนยันสมบัติกายภาพและเคมีของวัตถุดิบ สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ การหาความหนาแน่น การวิเคราะห์พลังงานความร้อน ด้วยเครื่องBomb Calorimeter การหาปริมาณเถ้า (Ash Content) เฉดสีของถ่านเชื้อเพลิง และตรวจสอบสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope,SEM) สมบัติทางเคมี ได้แก่ วิเคราะห์รูปแบบการสั่นพันธะของหน่วยย่อยต่างๆ ด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปีการสั่นแบบฟูเรียร์แทรนสฟอร์มอินฟราเรด (Vibrational spectroscopy; Fourier transform infrared, FTIR) ตรวจสอบเอกลักษณ์ทางโครงสร้างและขนาดผลึก ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กส์ (X-ray diffractometer, XRD) ตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ด้วยเทคนิคเอ็กซเรย์ฟูออเรสเซนต์ (XRF) และตรวจสอบปริมาณน้ำในโครงผลึก ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์เชิงความร้อน (TGA)

4.1 สมบัติทางกายภาพ

4.1.1 การวิเคราะห์ความหนาแน่น

เป็นการวัดมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ยิ่งวัตถุมีความหนาแน่นมากขึ้น มวลต่อหน่วยปริมาตรก็ยิ่งมากขึ้น กล่าวอีกนัยหนึ่ง คือวัตถุที่มีความหนาแน่นสูง (เช่น เหล็ก) จะมีปริมาตรน้อยกว่าวัตถุความหนาแน่นต่ำ (เช่น น้ำ) ที่มีมวลเท่ากัน ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ความหนาแน่นของถ่าน MCP น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว และแป้งมันสำปะหลัง และค่ามาตรฐาน

สาร	ความหนาแน่น (g/cm^3)	ความหนาแน่น (g/cm^3)
ถ่าน	0.6	0.2-0.75 (มาตรฐานอุตสาหกรรม 2547)
MCP	1.1	2.2 (บริษัท Henan Brilliant Biotech จำกัด)
น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว	0.9	-
แป้งมันสำปะหลัง	0.6	-

4.1.2 การวิเคราะห์พลังงานความร้อน (Bomb Calorimeter)

วิเคราะห์พลังงานความร้อนในตัวอย่างที่เป็นของแข็งและของเหลว โดยใช้หลักการวัดปริมาณความร้อนที่ปลดปล่อยออกมาเมื่อการเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ แสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าความร้อนของถ่าน แป้งมันสำปะหลัง น้ำมันที่ใช้แล้ว และกากน้ำตาล

สาร	ค่าความร้อน (J/g)
ถ่าน	28349
แป้งมันสำปะหลัง	15040
น้ำมันที่ใช้แล้ว	39374
กากน้ำตาล	16736

4.1.3 ผลการศึกษาการผสมถ่านเชื้อเพลิงเพื่อหาสูตรที่เหมาะสม

1). หาเปอร์เซ็นต์ของส่วนผสมต่างๆ จากสูตร

$$\%X_i = \frac{g_i}{g_{total}} \times 100$$

X_i = น้ำหนักของส่วนผสม

g_i =น้ำหนักของส่วนผสม (g)

g_{total} = น้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมด (g)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2). จากนั้น นำ % X_i ที่ได้ มาคูณกับค่าความร้อนของแต่ละส่วนผสม

$$q = \sum X_i \times q_i$$

q= ค่าความร้อนแต่ละอัตราส่วน

q_i = ค่าความร้อนของแต่ละส่วนผสม (J)

แสดงผลที่ได้ในตารางที่ 4.2 – 4.7

ตารางที่ 4.3 คำนวณปริมาณส่วนผสมระหว่างผงถ่าน แป้งมันสำปะหลัง และน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว

	ผงถ่าน	แป้งมัน	น้ำมัน	total	แปลผล
น้ำหนัก (g)	15	5	10	30	ค่าความร้อนมากกว่าถ่านที่เป็นวัตถุดิบ
%	50	17	33	100	
ความร้อน (J/g)	14175	2507	13125	29806	
ราคา (Bath)	0.30	1.15	0.40	1.85	
น้ำหนัก (g)	20	10	20	50	ค่าความร้อนน้อยกว่าถ่านที่เป็นวัตถุดิบและมีลักษณะเป็นของเหลว
%	40	20	40	100	
ความร้อน (J/g)	11340	3008	15750	30097	
ราคา (Bath)	0.04	0.23	0.08	0.35	
น้ำหนัก (g)	10	10	10	30	ค่าความร้อนน้อยกว่าถ่านที่เป็นวัตถุดิบ
%	33	33	33	100	
ความร้อน (J/g)	9450	5013	13125	27588	
ราคา (Bath)	0.02	0.23	0.04	0.29	
น้ำหนัก (g)	75	5	20	100	ค่าความร้อนน้อยกว่าถ่านที่เป็นวัตถุดิบ
%	75	5	20	100	
ความร้อน (J/g)	21262	752	7875	29889	
ราคา (Bath)	0.15	0.12	0.08	0.35	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 คำนวณปริมาณส่วนผสมระหว่างผงถ่าน แป้งมันสำปะหลัง น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว และ MCP

	ผงถ่าน	แป้งมัน	น้ำมัน	MCP	total	แปลผล
น้ำหนัก (g)	75	4	20	1	99	
%	76	4	20	1	100	ค่าความร้อนมากกว่าถ่านที่เป็นวัตถุดิบ
ความร้อน (J/g)	21477	608	7954	0	30039	
ราคา (Bath)	0.15	0.09	0.08	0.20	0.52	
น้ำหนัก (g)	63	2	35	1	100	
%	63	2	35	1	100	ค่าความร้อนมากกว่าถ่านที่เป็นวัตถุดิบ
ความร้อน (J/g)	17860	301	13781	0	31942	
ราคา (Bath)	0.13	0.05	0.14	0.20	0.51	
น้ำหนัก (g)	65	2	38	1	105	
%	62	2	36	1	100	ค่าความร้อนมากกว่าถ่านที่เป็นวัตถุดิบ
ความร้อน (J/g)	17549	286	14250	0	32085	
ราคา (Bath)	0.13	0.05	0.15	0.20	0.53	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 คำนวณปริมาณส่วนผสมระหว่างผงถ่าน แป้งมันสำปะหลัง น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว น้ำ และ MCP

	ผงถ่าน	แป้งมัน	น้ำมัน	น้ำ	MCP	total	แปลผล
น้ำหนัก (g)	65	5	15	15	0	100	ค่าความร้อนน้อยกว่าถ่านที่เป็นวัตถุดิบ
%	65	5	15	15	0	100	
ความร้อน (J/g)	18427	752	5906	63	0	25148	
ราคา (Bath)	0.13	0.12	0.06	0.00	0.00	0.31	
น้ำหนัก (g)	65	4	15	15	1	100	ค่าความร้อนน้อยกว่าถ่านที่เป็นวัตถุดิบ
%	65	4	15	15	1	100	
ความร้อน (J/g)	18427	602	5906	63	0	24997	
ราคา (Bath)	0.13	0.09	0.06	0.00	0.20	0.48	
น้ำหนัก (g)	80	4	10	10	1	105	ค่าความร้อนน้อยกว่าถ่านที่เป็นวัตถุดิบ
%	76	4	10	10	1	100	
ความร้อน (J/g)	21599	573	3750	40	0	25962	
ราคา (Bath)	0.16	0.09	0.04	0.00	0.20	0.49	
น้ำหนัก (g)	65	3	15	15	2	100	ค่าความร้อนน้อยกว่าถ่านที่เป็นวัตถุดิบ
%	65	3	15	15	2	100	
ความร้อน (J/g)	18427	451	5906	63	0	24847	
ราคา (Bath)	0.13	0.07	0.06	0.00	0.40	0.66	
น้ำหนัก (g)	75	5	10	10	0	100	ค่าความร้อนน้อยกว่าถ่านที่เป็นวัตถุดิบ
%	75	5	10	10	0	100	
ความร้อน (J/g)	21262	752	3937	42	0	25993	
ราคา (Bath)	0.15	0.12	0.04	0.00	0.00	0.31	
น้ำหนัก (g)	80	5	10	10	0	105	ค่าความร้อนน้อยกว่าถ่านที่เป็นวัตถุดิบ
%	76	5	10	10	0	100	
ความร้อน (J/g)	21599	716	3750	40	0	26105	
ราคา (Bath)	0.16	0.12	0.04	0.00	0.00	0.32	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) คำนวณปริมาณส่วนผสมระหว่างผงถ่าน แป้งมันสำปะหลัง น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว น้ำ และ MCP

	ผงถ่าน	แป้งมัน	น้ำมัน	น้ำ	MCP	total	แปลผล
น้ำหนัก (g)	80	4	10	10	1	105	ค่าความร้อนน้อยกว่าถ่านที่เป็นวัตถุดิบ
%	76	4	10	10	1	100	
ความร้อน (J/g)	21599	573	3750	40	0	[redacted]	
ราคา (Bath)	0.16	0.09	0.04	0.00	0.20	0.49	

ตารางที่ 4.7 คำนวณปริมาณส่วนผสมระหว่างผงถ่าน น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว กากน้ำตาล และ MCP

	ผงถ่าน	น้ำมัน	กากน้ำตาล	MCP	total	แปลผล
น้ำหนัก (g)	90	5	5	1	100	ค่าความร้อนน้อยกว่าถ่านที่เป็นวัตถุดิบ
%	90	5	5	1	100	
ความร้อน (J/g)	25514	1969	837	0	[redacted]	
ราคา (Bath)	0.18	0.02	0.01	0.20	0.41	
น้ำหนัก (g)	90	7	3	1	100	ค่าความร้อนน้อยกว่าถ่านที่เป็นวัตถุดิบ
%	90	7	3	1	100	
ความร้อน (J/g)	25514	2756	502	0	[redacted]	
ราคา (Bath)	0.18	0.03	0.01	0.20	0.41	

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าความร้อนที่ได้จากการคำนวณและค่าความร้อนที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อน

อัตราส่วน	ค่าความร้อนจากการประมาณ ด้วยการคำนวณ (J/g)	ค่าความร้อนจาก Bomb Calorimeter (J/g)	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง (%)
ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน คือ 15 : 5 : 10	29806	30498	2.30
ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 75 : 4 : 20 : 1	30039	29214	2.78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วน	ค่าความร้อนจากการประมาณ ด้วยการคำนวณ (J/g)	ค่าความร้อนจาก Bomb Calorimeter (J/g)	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง (%)
ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 65 : 2 : 38 : 1	32085	30535	4.95

4.1.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (Ash Content)

เผาตัวอย่างของถ่านเชื้อเพลิงด้วยความร้อนสูง (ประมาณ 550-600 องศาเซลเซียส) สารอินทรีย์จะสลายตัวกลายเป็นน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนที่เหลือคือ เถ้า ซึ่งเป็นสารอนินทรีย์ ประกอบด้วยแร่ธาตุหลายชนิด แสดงในตารางที่ 4.8

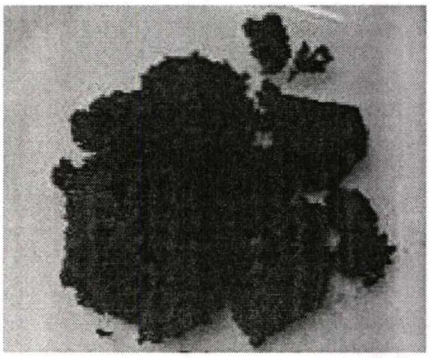
ตารางที่ 4.8 ปริมาณเถ้าของถ่านเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	% เถ้าจากการเผา	% เถ้า จากเครื่อง TGA	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง (%)
ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน คือ 15 : 5 : 10	5.90	7.29	21.077
ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 75 : 4 : 20 : 1	12.23	12.07	1.317
ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 63 : 2 : 35 : 1	10.11	10.43	3.116
ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 65 : 2 : 38 : 1	14.02	10.57	28.060

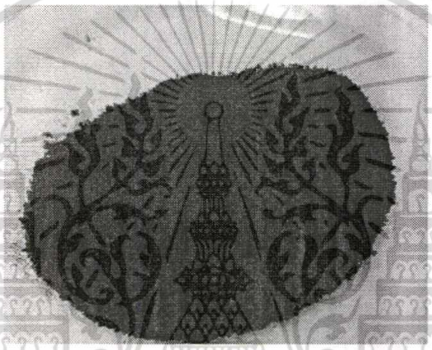
4.1.5 ผลการวิเคราะห์เฉดสีของถ่านเชื้อเพลิง

เฉดสีของถ่านเชื้อเพลิงทั้ง 5 สูตร มีลักษณะเป็นสีดำ แสดงในรูปที่ 4.1 – 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



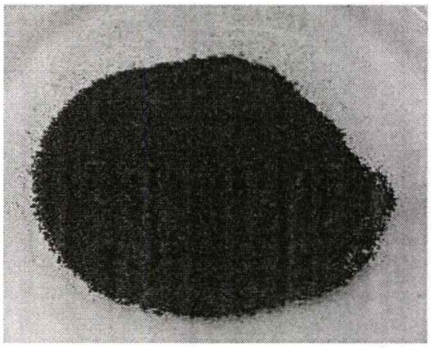
รูปที่ 4.1 แสดงเฉดสีของถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน คือ 15 : 5 : 10



รูปที่ 4.2 แสดงเฉดสีของถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 75 : 4 : 20 : 1

รูปที่ 4.3 แสดงเฉดสีของถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 63 : 2 : 35 : 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

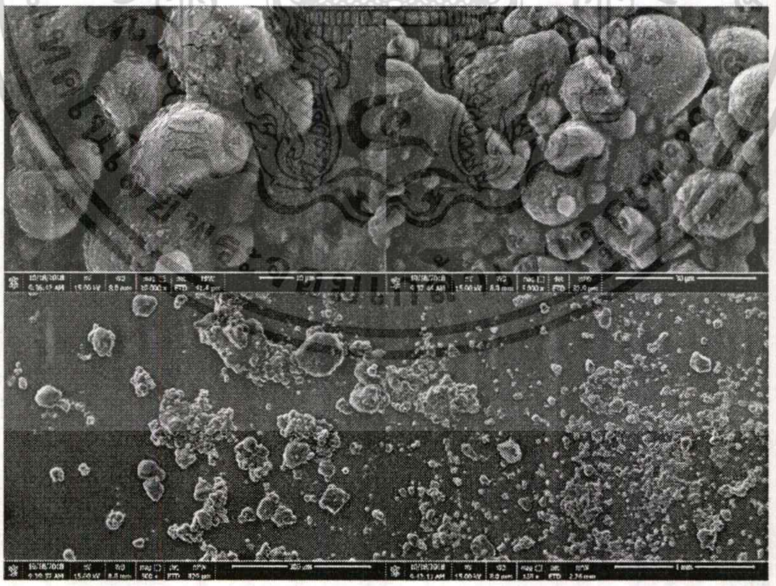


รูปที่ 4.4 แสดงเฉดสีของถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 65 : 2 : 38 : 1

4.1.6 ผลการวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานวิทยาและขนาดอนุภาค

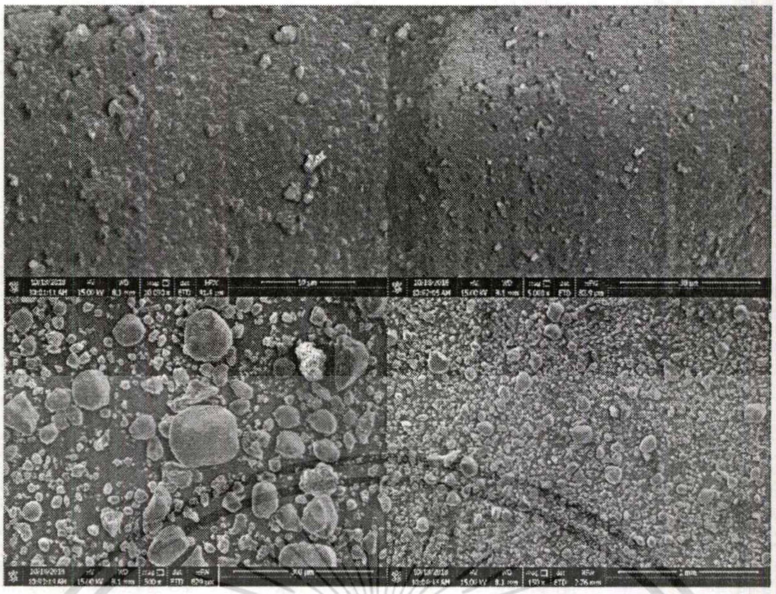
สามารถศึกษาโครงสร้างขนาดเล็กระดับนาโนเมตรถึงไมโครเมตรด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) สามารถถ่ายภาพตัวอย่างได้หลากหลายโดยไม่มีความจำเป็นต้องเคลือบผิวด้วยสารตัวนำไฟฟ้าก่อนการถ่ายภาพ

ผลการวิเคราะห์ พบว่า ถ่านเชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนสูงกว่าถ่านที่เป็นวัตถุดิบนั้น มีลักษณะที่คล้ายๆกัน ยกเว้นถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน มีลักษณะจับตัวกันเป็นกลุ่มก้อน เนื่องจากมีความชื้นอยู่ แสดงในรูปที่ 4.5 – 4.8

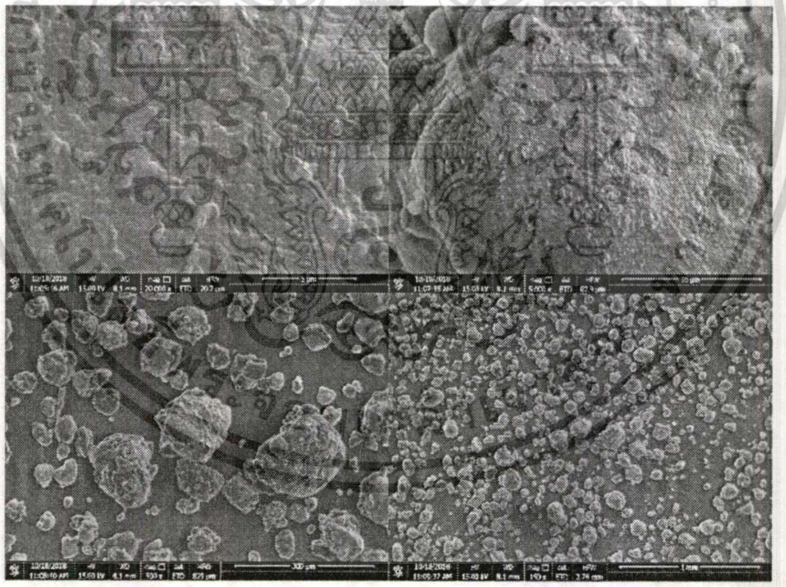


รูปที่ 4.5 รูปสัณฐานวิทยาของถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน คือ 15 : 5 : 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

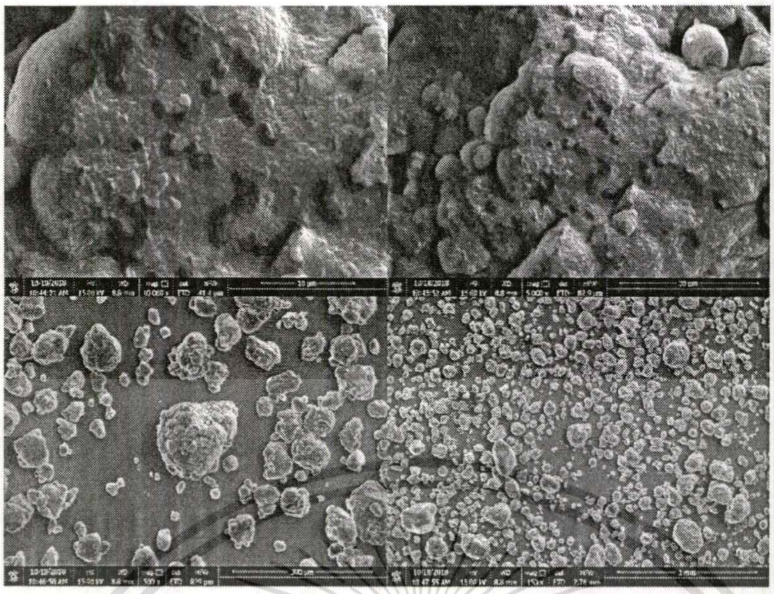


รูปที่ 4.6 รูปสัณฐานวิทยาของถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 75 : 4 : 20 : 1



รูปที่ 4.7 รูปสัณฐานวิทยาของถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 63 : 2 : 35 : 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 รูปสัณฐานวิทยาของถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 65 : 2 : 38 : 1

4.2 สมบัติทางเคมี

4.2.1 เอกลักษณ์ของการสั่นภายในโครงสร้างผลึก

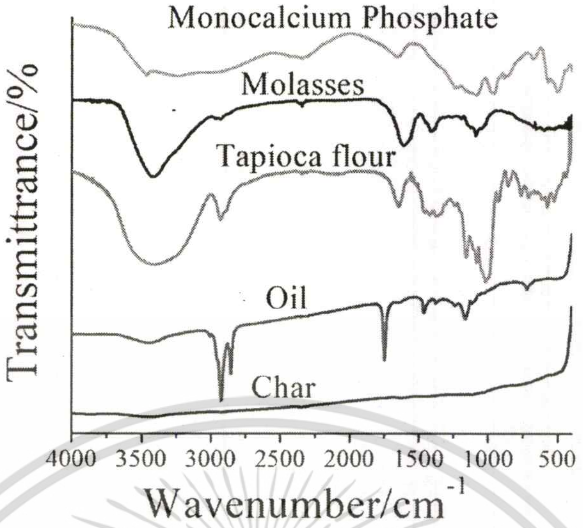
วิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชั่นของสารประกอบอินทรีย์ ด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared (FT-IR) โดยอาศัยหลักการของการดูดกลืนคลื่นรังสีช่วงกลางอินฟราเรด (Middle infrared region) ประมาณ 400-4000 cm^{-1} ซึ่งในแต่ละพันธะของหมู่ฟังก์ชั่นจะแสดงค่าความยาวคลื่นเฉพาะต่างกัน

จากการวิเคราะห์เอกลักษณ์ของการสั่นภายในโครงสร้างผลึก ด้วยเครื่องสเปกโทรสโกปีการสั่นแบบฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด จากรูปที่ 4.9 เป็นสเปกตราของวัตถุดิบและส่วนผสมต่างๆ จะเห็นได้ว่าแต่ละตัวจะมีเอกลักษณ์ที่เด่นแตกต่างกันไป เส้นสีแดงเป็นสเปกตรัมของน้ำมันพืชที่ใช้แล้วจะมีการสั่นในช่วง 2950 และ 1700 cm^{-1} เส้นสีเขียวเป็นสเปกตรัมของแป้งมันสำปะหลัง จะมีการสั่นในช่วง 3300 และ 1000 cm^{-1} เส้นสีน้ำเงินเป็นสเปกตรัมของกากน้ำตาล จะมีการสั่นในช่วง 3300 cm^{-1} เส้นสีฟ้าเป็นสเปกตรัมของโมแคลเซียมฟอสเฟต จะมีการสั่นในช่วง 1100 cm^{-1}

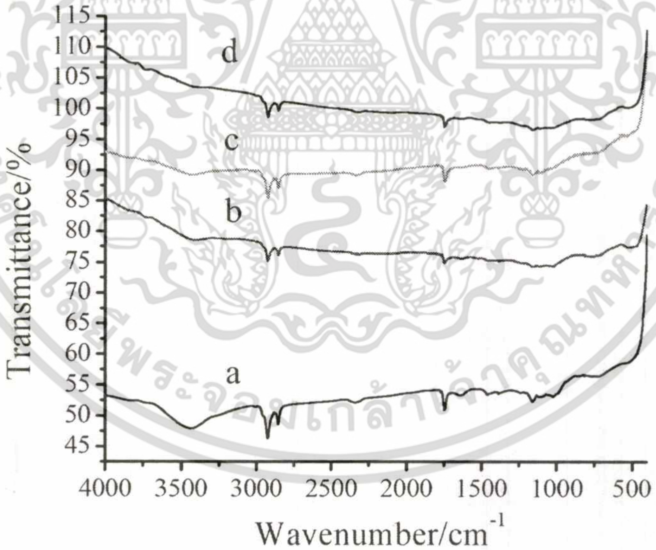
จากรูปที่ 4.10 เป็นสเปกตราของถ่านเชื้อเพลิงทั้ง 4 สูตรที่มีค่าความร้อนสูง จะเห็นได้ว่าสเปกตรัมของถ่านเชื้อเพลิงแต่ละสูตร มีลักษณะคล้ายกันทั้ง 4 สูตร คือ มีการสั่นในช่วง 2950 และ 1700 cm^{-1} ซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว

จากรูปที่ 4.11 เป็นสเปกตราของเถ้าถ่านเชื้อเพลิงทั้ง 4 สูตร จะเห็นได้ว่าสเปกตรัมของเถ้าถ่านเชื้อเพลิงแต่ละสูตร มีลักษณะคล้ายกันทั้ง 4 สูตร คือ มีการสั่นในช่วง 3300 และ 1200 – 900 cm^{-1} เป็นเอกลักษณ์ของแคลเซียมโพลีฟอสเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

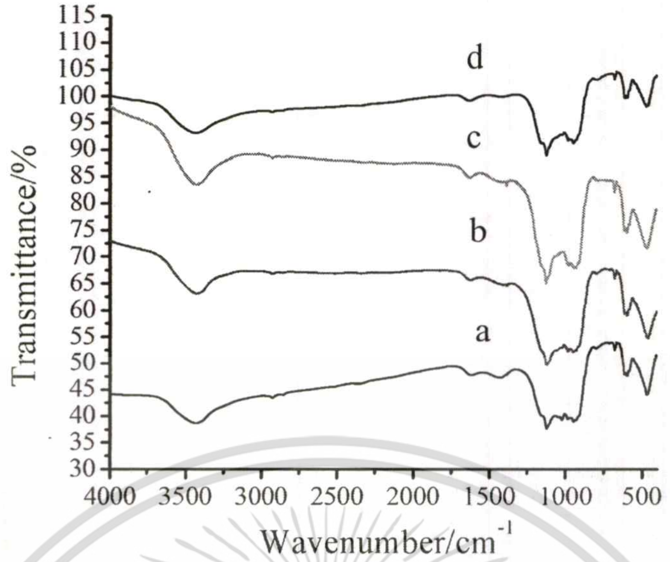


รูปที่ 4.9 สเปกตราของการสั่นของผงถ่าน น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว แป้งมันสำปะหลัง กากน้ำตาล และโมโนแคลเซียมฟอสเฟต ด้วยเครื่องสเปกโทรสโกปีการสั่นแบบฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด



รูปที่ 4.10 สเปกตราของการสั่นของถ่านเชื้อเพลิงอัตราส่วนผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน คือ 15 : 5 : 10 (a), อัตราส่วนผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 75 : 4 : 20 : 1 (b),อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 63 : 2 : 35 : 1 (c) และ อัตราส่วนผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 65 : 2 : 38 : 1 (d) ด้วยเครื่องสเปกโทรสโกปีการสั่น แบบฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



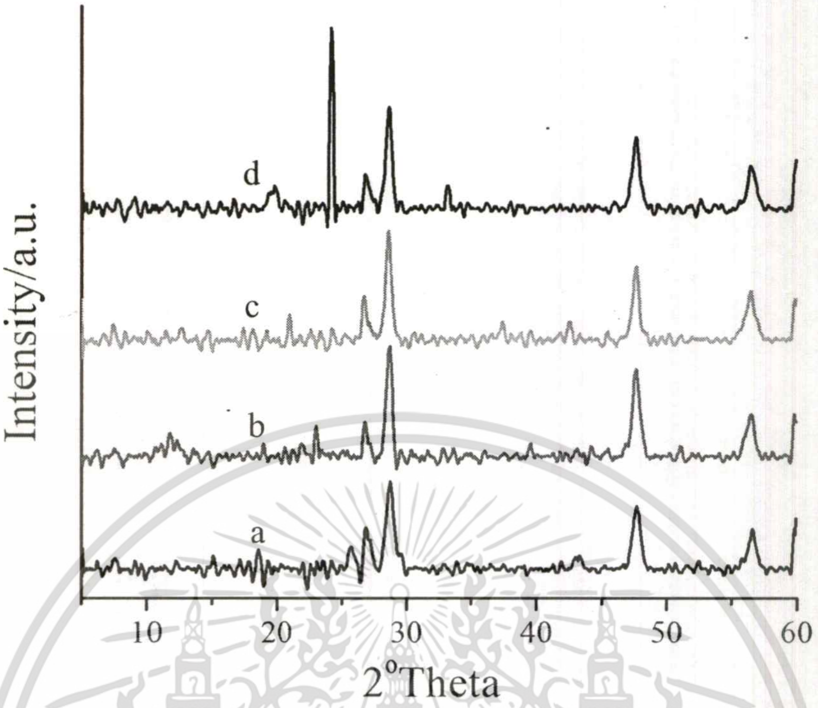
รูปที่ 4.11 สเปกตราของการสั่นของเถ้าของถ่านเชื้อเพลิงอัตราส่วนผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน คือ 15 : 5 : 10 (a), อัตราส่วนผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 75 : 4 : 20 : 1 (b), อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 63 : 2 : 35 : 1 (c) และ อัตราส่วนผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 65 : 2 : 38 : 1 (d) ด้วยเครื่องสเปกโทรสโกปีการสั่นแบบฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด

4.2.2 วิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์

วิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ ด้วยเครื่อง X-ray Diffractometer (XRD) เป็นเทคนิคที่นำรังสีเอ็กซ์ (X-ray) มาใช้วิเคราะห์และระบุชนิดสารประกอบ โครงสร้างผลึกของสารประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่าง ทั้งในเชิงคุณภาพ (Qualitative) และเชิงปริมาณ (Quantitative)

จากการวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ ด้วยเครื่อง X-ray Diffractometer (XRD) จากรูปที่ 4.12 เป็นรูปการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ของถ่านเชื้อเพลิงทั้ง 4 สูตร จะเห็นได้ว่าพีคที่แสดงเด่นชัดคือ ช่วง 25 – 30 ซึ่งเมื่อนำไปเทียบในฐานข้อมูล JCPDS จะเป็นพีคของ K_2O

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ของถ่านเชื้อเพลิงอัตราส่วนผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน คือ 15 : 5 : 10 (a), อัตราส่วนผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 75 : 4 : 20 : 1 (b), อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 63 : 2 : 35 : 1 (c) และ อัตราส่วนผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 65 : 2 : 38 : 1 (d)

4.2.3 วิเคราะห์หาปริมาณธาตุองค์ประกอบ

วิเคราะห์หาปริมาณธาตุองค์ประกอบในสารตัวอย่าง ด้วยเครื่อง X-ray fluorescence (XRF) โดยใช้การวัดปริมาณรังสีเอ็กซ์ฟูออเรสเซนต์ (X-ray fluorescence) ที่ปลดปล่อยออกมาจากธาตุองค์ประกอบแต่ละชนิดในสารตัวอย่างผลการวิเคราะห์

จากการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุองค์ประกอบในถ่านเชื้อเพลิง พบว่า ธาตุที่มีอยู่ในถ่านเชื้อเพลิงแต่ละสูตรนั้น มีธาตุองค์ประกอบตามตารางที่ 4.9 โดยมีธาตุที่พบมากที่สุด คือ SO_3 ZnO และ SiO_2 ตามลำดับ

จากตารางที่ 4.10 เป็นตารางแสดงปริมาณธาตุองค์ประกอบในเถ้าถ่านเชื้อเพลิง พบว่า ธาตุองค์ประกอบที่พบมากที่สุก คือ ZnO และ SiO_2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 แสดงปริมาณองค์ประกอบของธาตุในถ่านเชื้อเพลิงด้วยเทคนิค XRF

อัตราส่วน	$\%Al_2O_3$	$\%SiO_2$	$\%P_2O_5$	$\%SO_3$	$\%K_2O$	$\%CaO$
ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน คือ 15 : 5 : 10	1.28	14.4	0	44.4	0.77	3.89
ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 75 : 4 : 20 : 1	1.77	29.3	2.55	36.8	0.539	3.71
ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 63 : 2 : 35 : 1	1.45	12.2	2.32	45.1	0.697	4.38
ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 65 : 2 : 38 : 1	1.72	15.6	2.65	43	0.653	4.16

อัตราส่วน	$\%Fe_2O_3$	%CoO	%CuO	%ZnO	%Br	%Pd
ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน คือ 15 : 5 : 10	1.69	0.221	1.01	29.6	0.644	0
ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 75 : 4 : 20 : 1	1.76	0.162	0.582	21.6	0.434	0
ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 63 : 2 : 35 : 1	1.58	0.19	0.78	29.7	674	0
ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 65 : 2 : 38 : 1	2.43	0.207	0.72	27.2	0.575	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 แสดงปริมาณองค์ประกอบของธาตุในเถ้าของถ่านเชื้อเพลิงด้วยเทคนิค XRF

อัตราส่วน	%MgO	%Al_2O_3	%SiO_2	%P_2O_5	%SO_3	%K_2O	%CaO	%Fe_2O_3
ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน คือ 15 : 5 : 10	1.01	3	25.6	1.35	7.53	1.57	7.69	4.11
ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 75 : 4 : 20 : 1	1.24	2.51	23.5	4.01	8.87	1.89	9.23	2.33
ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 63 : 2 : 35 : 1	1.18	2.97	23.6	2.07	7.37	1.92	7.83	3.76
ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 65 : 2 : 38 : 1	0.854	3.47	27.3	1.82	8.49	1.32	7.46	2.63

อัตราส่วน	%CoO	%CuO	%ZnO	%Br	%Cl	TiO_2	MnO
ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน คือ 15 : 5 : 10	0.356	0.431	47	0.11	0	0	0
ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 75 : 4 : 20 : 1	0.346	0.423	45.1	0.167	0.268	0	0
ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 63 : 2 : 35 : 1	0.358	0.438	48.2	0	0	0.138	0
ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 65 : 2 : 38 : 1	0.353	0.405	45.3	0.139	0	0.16	0.135

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 วิเคราะห์การสลายตัวทางความร้อน

การสลายตัวทางความร้อน ด้วยเครื่อง Thermogravimetric Analysis (TGA) เป็นเทคนิคที่ใช้วิเคราะห์ความเสถียรของวัสดุโดยเฉพาะพอลิเมอร์เมื่อได้รับความร้อนโดยการวัดน้ำหนักของวัสดุที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงอุณหภูมิด้วยเครื่องชั่งที่มีความไวสูง เทคนิคนี้เหมาะสำหรับการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพของวัสดุที่เกี่ยวข้องกับการดูดซับแก๊สหรือระเหยของน้ำ การตกผลึก (crystallization) อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนเฟส การแตกตัวของวัสดุ (decomposition) ศึกษาการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชัน หรือ ปริมาณสารสัมพันธ์ (stoichiometry)

จากการวิเคราะห์การสลายตัวทางความร้อน ด้วยเครื่อง Thermogravimetric Analysis (TGA) ของถ่านเชื้อเพลิงทั้ง 4 สูตร เส้น TG (สีดำ) บอกปริมาณของสารที่สลายตัวไปด้วยความร้อนในแต่ละอุณหภูมิ และบอกถึงปริมาณสารที่เหลืออยู่หรือเถ้า ส่วนเส้น DTG (สีน้ำเงิน) บอกว่ามีการสลายตัวของสารทั้งหมดกี่ช่วง

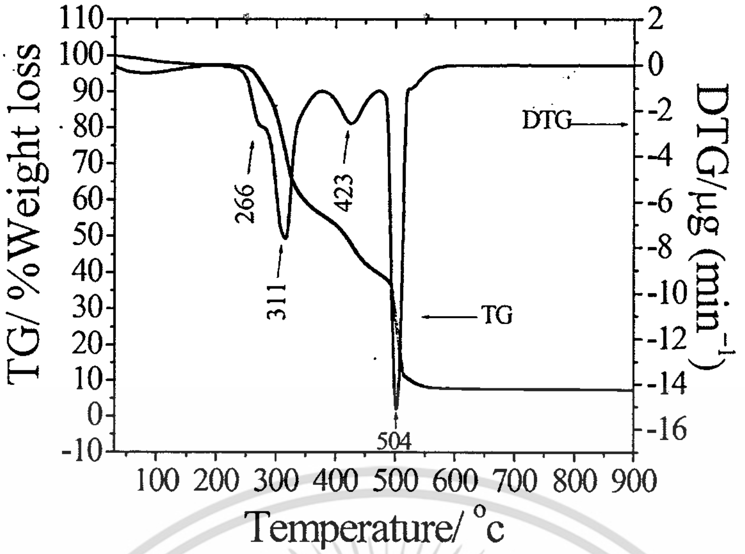
จากรูปที่ 4.13 เป็นเทอร์โมแกรมการสลายตัวของถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน คือ 15 : 5 : 10 จากรูปจะเห็นได้ว่า มีการสลายตัวทางความร้อนทั้งหมด 3 ช่วง

จากรูปที่ 4.14 เป็นเทอร์โมแกรมการสลายตัวของถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 75 : 4 : 20 : 1 จากรูปจะเห็นได้ว่า มีการสลายตัวทางความร้อนทั้งหมด 3 ช่วง

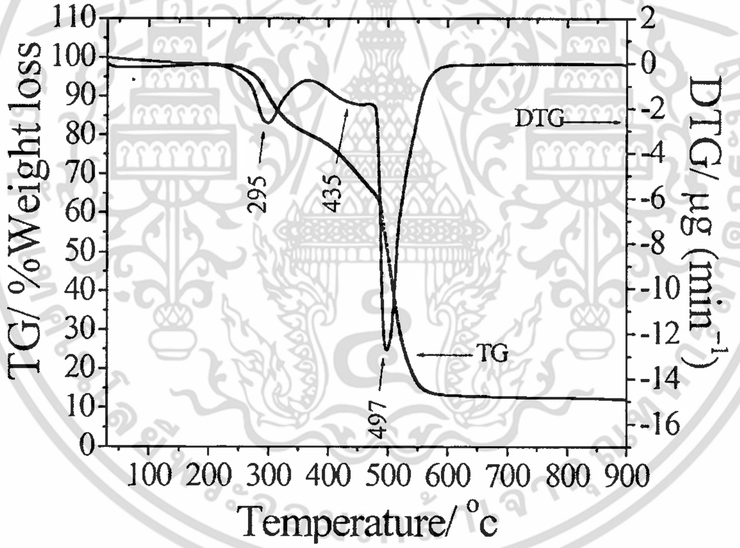
จากรูปที่ 4.15 เป็นเทอร์โมแกรมการสลายตัวของถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 63 : 2 : 35 : 1 จากรูปจะเห็นได้ว่า มีการสลายตัวทางความร้อนทั้งหมด 3 ช่วง

จากรูปที่ 4.16 เป็นเทอร์โมแกรมการสลายตัวของถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 65 : 2 : 38 : 1 จากรูปจะเห็นได้ว่า มีการสลายตัวทางความร้อนทั้งหมด 3 ช่วง โดยถ่านเชื้อเพลิงทั้งหมดมีสารอนุพันธ์เหลือเฉลี่ย ร้อยละ 10 ซึ่งบ่งบอกถึงปริมาณเถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

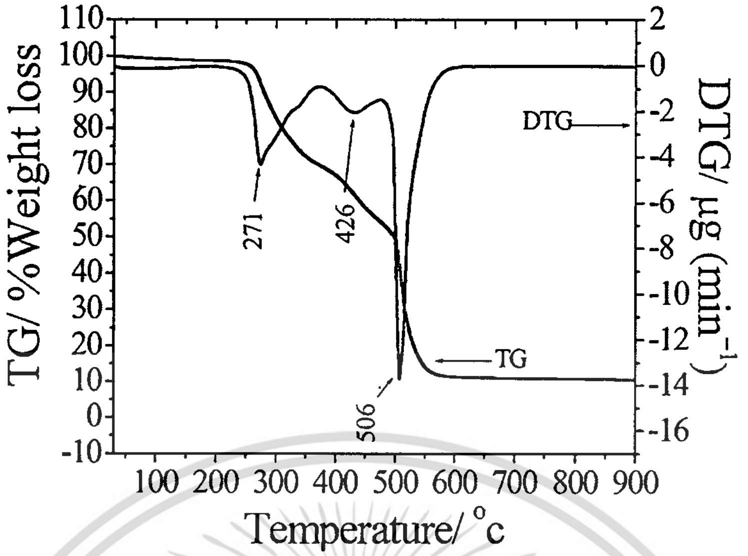


รูปที่ 4.13 เทอร์โมแกรมการสลายตัวทางความร้อนของถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน คือ 15 : 5 : 10

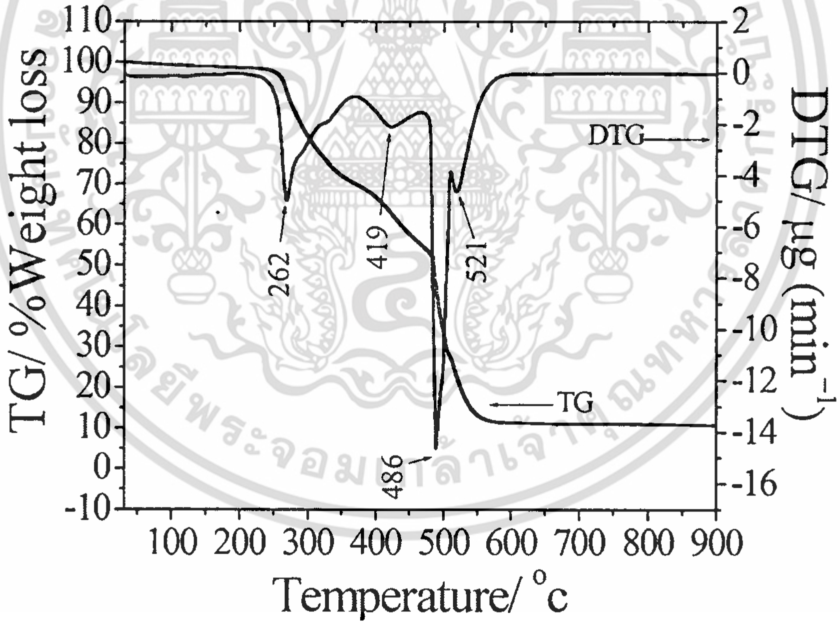


รูปที่ 4.14 เทอร์โมแกรมการสลายตัวทางความร้อนของถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 75 : 4 : 20 : 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 เทอร์โมแกรมการสลายตัวทางความร้อนของถ่านเชื้อเพลิงใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 63 : 2 : 35 : 1



รูปที่ 4.16 เทอร์โมแกรมการสลายตัวทางความร้อนของถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 65 : 2 : 38 : 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปการวิจัย

จากการทดลองการผลิตถ่านเชื้อเพลิงจากถ่านยางรถยนต์ เพื่อให้เป็นเชื้อเพลิงพลังงานสูง เมื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าความร้อน พบว่าสูตรถ่านเชื้อเพลิงที่คิดค้นขึ้นมานั้นมีค่าความร้อนมากกว่าถ่านที่เป็นวัตถุดิบมีทั้งหมด 4 สูตร โดยมีอัตราส่วน 1. ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน คือ 15 : 5 : 10 มีค่าความร้อน 30498 J/g ซึ่งมีค่าความร้อนเพิ่มขึ้นร้อยละ 7.58 ต้นทุนในการผลิต 6.12 บาท/กิโลกรัม 2. ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 75 : 4 : 20 : 1 มีค่าความร้อน 29214 J/g ซึ่งมีค่าความร้อนเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.05 ต้นทุนในการผลิต 5.25 บาท/กิโลกรัม 3. ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 63 : 2 : 35 : 1 มีค่าความร้อน 31189 J/g ซึ่งมีค่าความร้อนเพิ่มขึ้นร้อยละ 10.02 ต้นทุนในการผลิต 5.10 บาท/กิโลกรัม 4. ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP คือ 65 : 2 : 38 : 1 มีค่าความร้อน 30535 J/g ซึ่งมีค่าความร้อนเพิ่มขึ้นร้อยละ 7.71 ต้นทุนในการผลิต 5.05 บาท/กิโลกรัม

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ถ่านเชื้อเพลิงยังไม่สามารถติดไฟได้เองต้องใช้ถ่านไม้ช่วยในการติดไฟ จึงต้องมีการปรับปรุงแก้ไขสูตรเพิ่ม

2. เนื่องจากปริมาณของซัลเฟอร์สูง อาจทำให้เกิดมลพิษ จึงเหมาะแก่การเป็นสารปรับปรุงดินมากกว่า เพราะมีแร่ธาตุที่มีประโยชน์ต่อพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กัญญา เม้ามีทรัพย์. 2544. “การผลิตถ่านเชื้อเพลิงจากชีวมวลและกระบวนการ Pyrolysis.” *วารสารประสิทธิภาพพลังงาน.* 11(52): 42-48.

ดวงกมล ดังโพนทอง วสันต์ ปินะเต และอดิศักดิ์ ฤาชา. 2559. “การเปรียบเทียบค่าความร้อนและความหนาแน่น ของถ่านไม้อัดแท่งจากมอเตอร์ไฟฟ้าและจักรยานขับเคลื่อน” *วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง.* 9(1) : 1-13

ทรรศนีย์ กิติรัตน์ตระการ. 2529. “ปฏิกิริยาไพโรไลซิสของไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซีส.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพ ฯ

ธราพงษ์ วิทิตศานต์. **ถ่านกัมมันต์ การผลิตและการนำไปใช้**, ครั้งที่2. ขอนแก่น. : หจก.โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา, 2554.

นฤภัทร ตั้งมั่นคงวรกูล. 2557. “การผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมการเกษตรและครัวเรือน” *วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี).* 6(11) : 66-77

รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล. (2553). “การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามัน . สำปะหลัง.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาอุตสาหกรรมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ลักษมี สุทธิวิไลรัตน์,ประภัสสร ภาคอรรถ,ขวัญรพี สิทตรีสอาด,วัชรินทร์ แซ่ฟุ้ง,ศักดิ์ศิริ เจริญเนตร์. (ม.ป.ป.). **การทำถ่านอัดแท่งจากเศษไม้ไผ่**.กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ

สัมฤทธิ์ โม้พวง. **คาร์บอนกัมมันต์ Activated Carbon.** พิษณุโลก. : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร. 2558.

ศิริรัตน์ จิตการค้า. **จากขยะสู่น้ำมัน เทคโนโลยีผลิตพลังงานทางเลือกที่ดูแลสิ่งแวดล้อม.** กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

อุตสาหกรรม, กระทรวง. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่ง มผช.238/254** กรุงเทพมหานคร: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.2547

M.R. Islam, M. Parveen and H. Haniu. “Feasibility study for thermal treatment of solid tire waste in Bangladesh by using fixed bed firte tube heating pyrolysis technology”. Proceedings Venice 2010, Third International Symposium on Energy from Biomass and Waste. Venice, Italy, 8-11 November 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Nano safety database. 2562. **คาร์บอนแบลค (Carbon black)**. [Online]. Available:
http://web.eng.nu.ac.th/eng2012/ceri/nanodatabase/info_index.php?cat_id=13

World chemical group. 2561. **กากน้ำตาล**. [Online]. Available:
http://worldchemical.co.th/th/product-detail-50-กากน้ำตาล.html

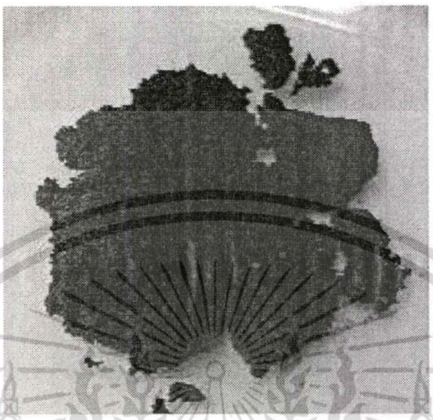
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

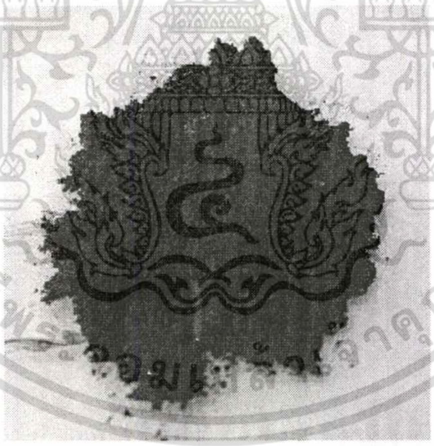
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

แสดงรูปเฉดสีของถ่านเชื้อเพลิงแต่ละอัตราส่วน

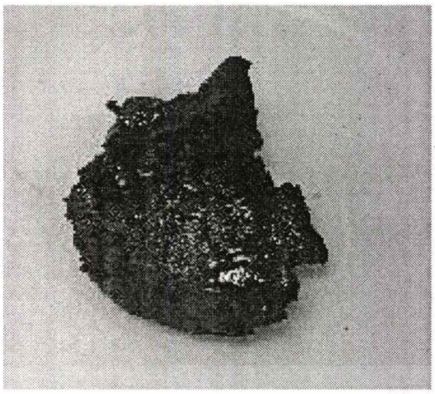


รูปที่ ก.1 ถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน คือ 15 : 5 : 10

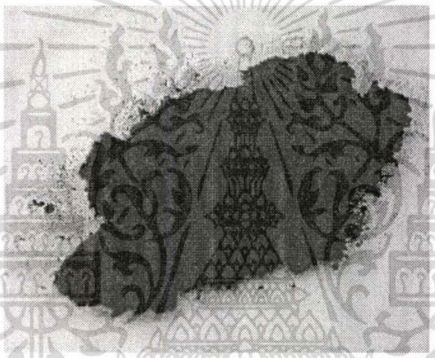


รูปที่ ก.2 ถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน คือ 20 : 10 : 20

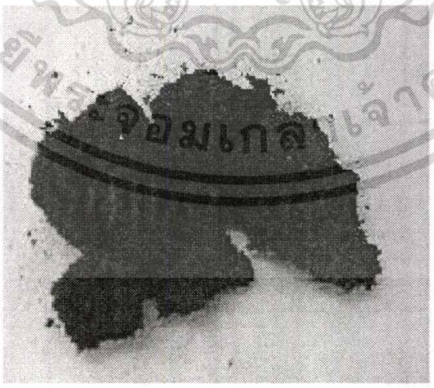
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.3 ถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน คือ 10 : 10 : 10



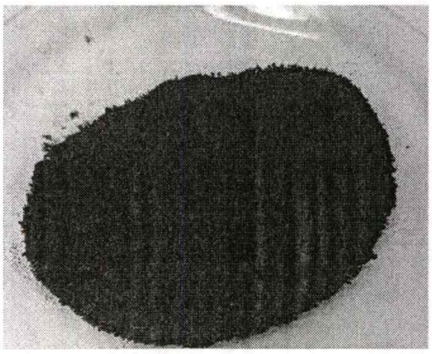
รูปที่ ก.4 ถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : น้ำ คือ 65 : 5 : 15 : 15



รูปที่ ก.5 ถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : น้ำ : MCP

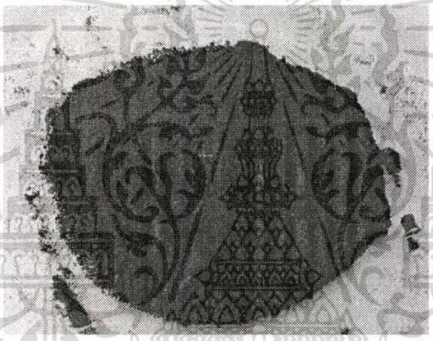
คือ 65 : 4 : 15 : 15 : 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.6 ถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP

คือ 75 : 4 : 20 : 1

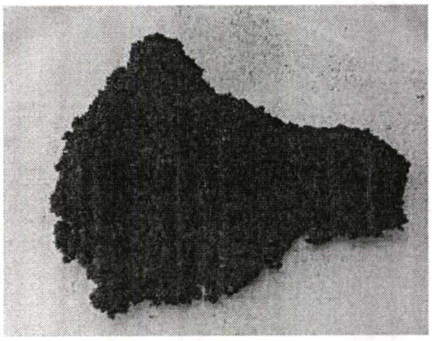


รูปที่ ก.7 ถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน คือ 75 : 5 : 20

รูปที่ ก.8 ถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : น้ำ : MCP

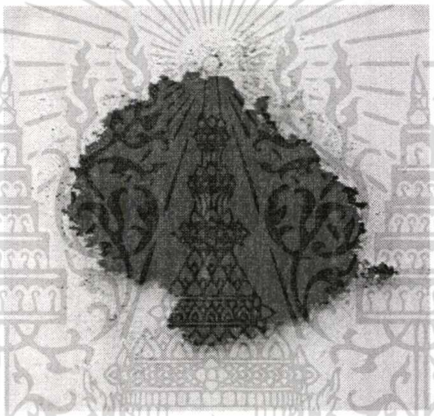
คือ 80 : 4 : 10 : 10 : 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



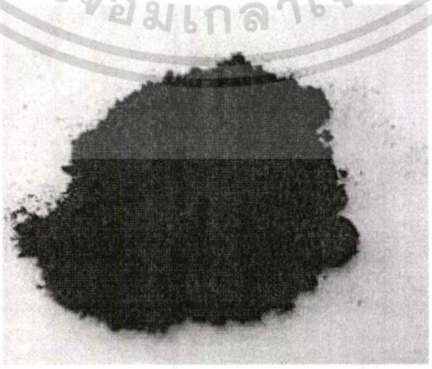
รูปที่ ก.9 ถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : น้ำ : MCP

คือ 65 : 3 : 15 : 15 : 2



รูปที่ ก.10 ถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : น้ำ

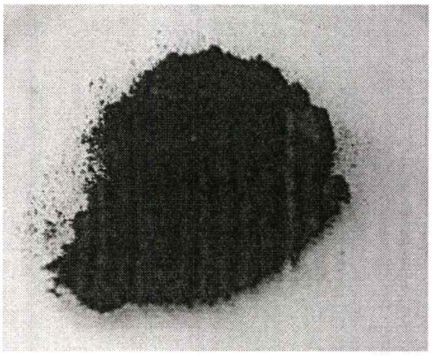
คือ 75 : 5 : 10 : 10



รูปที่ ก.11 ถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : น้ำ

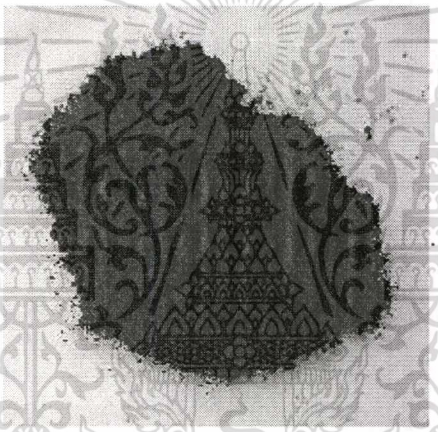
คือ 80 : 5 : 10 : 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



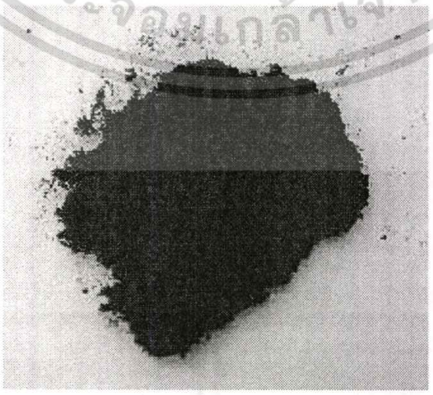
รูปที่ ก.12 ถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : น้ำ : MCP

คือ 80 : 4 : 10 : 10 : 1



รูปที่ ก.13 ถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : น้ำมัน : กากน้ำตาล : MCP

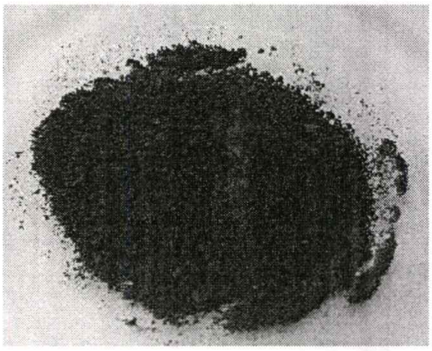
คือ 90 : 5 : 5 : 1



รูปที่ ก.14 ถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : น้ำมัน : กากน้ำตาล : MCP

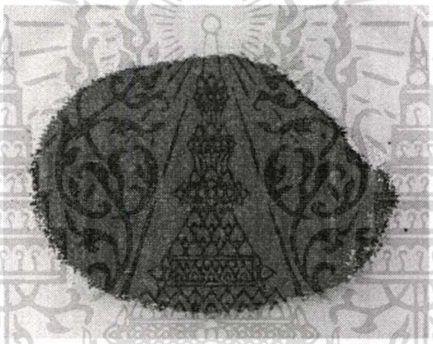
คือ 90 : 7 : 3 : 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.15 ถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP

คือ 63 : 2 : 35 : 1



รูปที่ ก.16 ถ่านเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำมัน : MCP

คือ 65 : 2 : 38 : 1

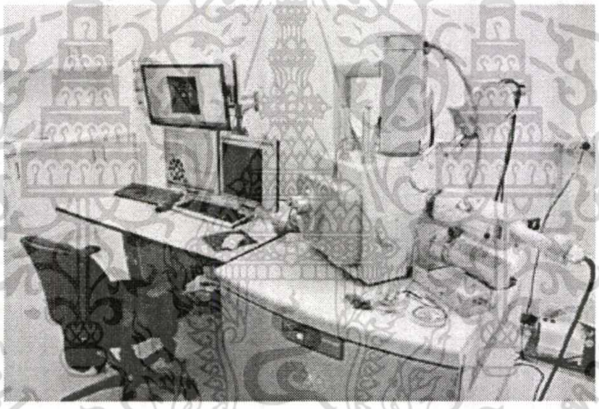
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

เครื่องมือวิเคราะห์

ข.1 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดแบบส่องกราด (Scanning electron microscope ; SEM)

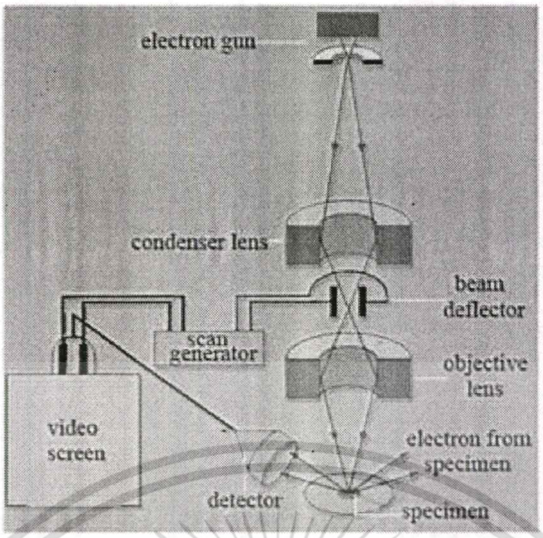
กล้องจุลทรรศน์ที่ใช้อิเล็กตรอนเป็นแหล่งกำเนิดแสง ใช้ศึกษาลักษณะสัณฐานของวัสดุในระดับจุลภาค โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดมีกำลังขยายมากกว่า 3000 เท่า จนถึงระดับ 100,000 เท่า และสามารถแจกแจงรายละเอียดภาพซึ่งขึ้นอยู่กับตัวอย่างได้ตั้งแต่ 3 ถึง 100 นาโนเมตร ซึ่งใช้ศึกษาพื้นผิวของตัวอย่างโดยเฉพาะสัณฐานทางวิทยา เช่น ลักษณะรูปร่างของตัวอย่าง ลักษณะลวดลายบนพื้นผิวของตัวอย่าง ตลอดจนขนาดของตัวอย่าง โดยภาพที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดจะเป็นภาพ 3 มิติ



รูปที่ ข.1.1 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

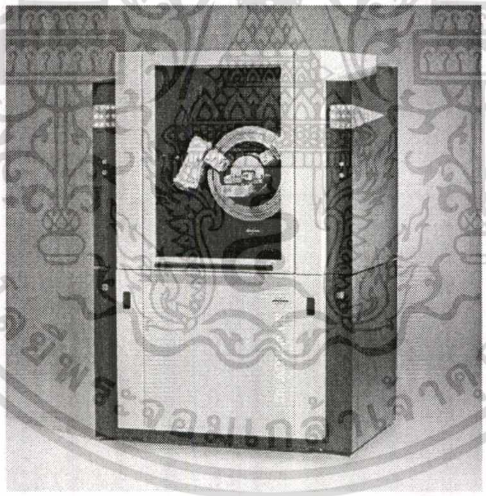
หลักการทำงานของเครื่อง SEM จะประกอบด้วยแหล่งกำเนิดอิเล็กตรอนซึ่งจะทำหน้าที่ในการผลิตอิเล็กตรอนเพื่อป้อนให้กับระบบ โดยกลุ่มอิเล็กตรอนที่ได้จากแหล่งกำเนิดจะถูกเร่งด้วยสนามไฟฟ้า จากนั้นกลุ่มอิเล็กตรอนจะผ่านเลนส์รวบรวมรังสี (condenser lens) เพื่อทำให้กลุ่มอิเล็กตรอนกลายเป็นลำอิเล็กตรอนซึ่งสามารถปรับขนาดของลำอิเล็กตรอนให้ใหญ่หรือเล็กได้ตามต้องการ หากต้องการภาพที่มีความคมชัดยิ่งขึ้น ต้องปรับให้ลำอิเล็กตรอนมีขนาดเล็ก หลังจากนั้นลำอิเล็กตรอนจะถูกปรับระยะโฟกัสโดยเลนส์ใกล้วัตถุ (objective lens) ลงไปบนผิวตัวอย่างที่จะศึกษา หลังจากลำอิเล็กตรอนถูกกราดลงบนตัวอย่างจะทำให้เกิดอิเล็กตรอนทุติยภูมิ (secondary electron) ขึ้นซึ่งสัญญาณจากอิเล็กตรอนทุติยภูมิจะถูกบันทึกและแปลงไปเป็นสัญญาณทางอิเล็กทรอนิกส์และถูกนำไปสร้างเป็นภาพบนจอโทรทัศน์และสามารถบันทึกภาพจากจอโทรทัศน์ได้เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.1.2 หลักการทำงานของเครื่อง SEM

ข.2 เครื่องมือวิเคราะห์สารด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-ray Diffractometer; XRD)



รูปที่ ข.2.1 เครื่องมือวิเคราะห์สารด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (XRD)

เทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-ray Diffraction; XRD) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการศึกษาวิเคราะห์โครงสร้างผลึกที่ไม่ทำลายชิ้นงานตัวอย่าง โดยรังสีเอ็กซ์จะเลี้ยวเบนไปตามช่องว่างระหว่างอะตอมภายในผลึก จะถูกบันทึกค่า แล้วทำการวิเคราะห์ธรรมชาติของโครงสร้างผลึกนั้นๆโดยระยะห่างระหว่างอะตอมนั้นสามารถคำนวณได้จากสมการของ Bragg เทคนิคนี้เป็นที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในงานด้านเคมีและเคมีชีวภาพ โดยใช้ในการตรวจวัดโครงสร้างของโมเลกุลต่างๆ ไม่ว่าจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสารอินทรีย์ ดีเอ็นเอ โปรตีนที่มีอยู่ตามธรรมชาติ รวมถึงวัสดุที่สังเคราะห์ขึ้น การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD นั้นจะใช้คุณสมบัติการเลี้ยวเบนรังสีของโครงสร้างผลึก เป็นไปตามสมการของ Bragg

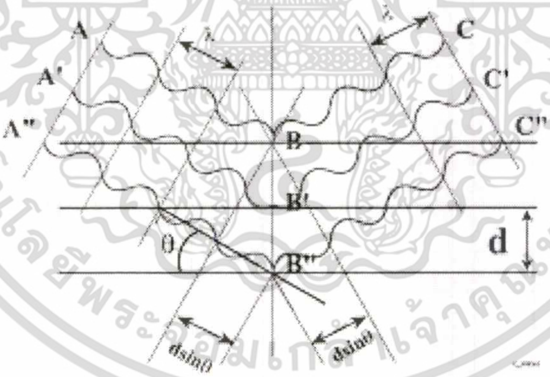
$$n\lambda = 2d\sin\theta$$

เมื่อ n คือ ค่าความยาวคลื่นของรังสีเอ็กซ์ ($n = 1,2,3,..., \lambda$)

d คือ ระยะห่างระหว่างระนาบผลึก

θ คือ มุมตกกระทบของรังสีเอ็กซ์กับระนาบผลึก

ในขั้นตอนแรกทำการปลูกผลึกที่สนใจ แล้วนำผลึกที่ได้ไปแช่ไนโตรเจนเหลว ผลึกที่แช่แข็งนี้จะไปลด radiation damage ซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรวบรวมข้อมูลและลดการเคลื่อนไหวของอุณหภูมิภายในผลึก ผลึกจะถูกวางในเครื่อง diffractometer แล้วฉายด้วยรังสีเอ็กซ์ รังสีที่เกิดการเลี้ยวเบนจะถูกบันทึกลงบนแผ่นฟิล์มหรือคอมพิวเตอร์ ข้อมูลที่ได้จะถูกรวบรวม แล้วนำมาสร้างเป็นแผนผังของความหนาแน่นอิเล็กตรอนของโมเลกุล หลังจากนั้นจะถูกรวบรวมแล้วนำมาสร้างเป็นแผนผังของความหนาแน่นอิเล็กตรอนของโมเลกุล หลังจากนั้นอะตอมจะถูกปรับค่าตัวแปรต่างๆ เช่น ตำแหน่ง เทียบกับผังความหนาแน่นเพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมที่สุด ค่าความเข้ม



รูปที่ ข.2.2 การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ในผลึก

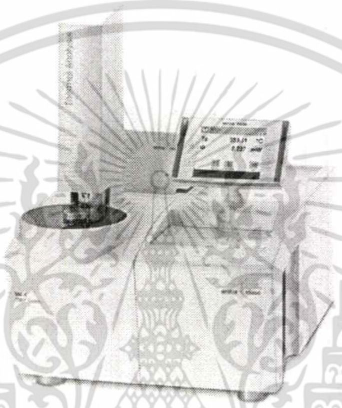
ข.3 เครื่องวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสารโดยอาศัยคุณสมบัติทางความร้อน (Thermogravimetric Analysis ; TGA)

เป็นเทคนิคที่ใช้วิเคราะห์ความเสถียรของวัสดุโดยเฉพาะพอลิเมอร์เมื่อได้รับความร้อนโดยการวัดน้ำหนักของวัสดุที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงอุณหภูมิด้วยเครื่องชั่งที่มีความไวสูง เทคนิคนี้เหมาะสำหรับการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพของวัสดุที่เกี่ยวข้องกับการดูดซับแก๊สหรือการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

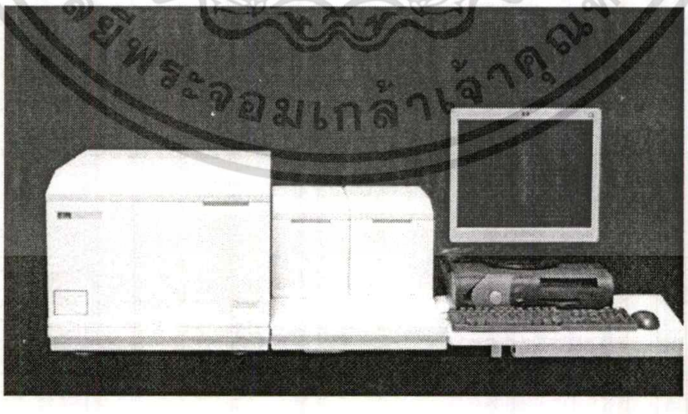
ระเหยของน้ำ การตกผลึกเนื่องจากการเปลี่ยนเฟส การแตกตัวของวัสดุ ศึกษาการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชันหรือปริมาณสารสัมพันธ์

ในการวิเคราะห์ตัวอย่างนั้น ตัวอย่างจะถูกวางบนจานขนาดเล็กซึ่งเชื่อมกับเครื่องชั่งละเอียดที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงสูง โดยทั้งหมดจะอยู่ในเตาที่สามารถควบคุมอุณหภูมิและบรรยากาศได้ บรรยากาศภายในอาจจะเป็นแก๊สเฉื่อย เช่น ไนโตรเจน หรือแก๊สที่มีความว่องไว เช่น อากาศ หรือออกซิเจน โดยน้ำหนักของตัวอย่างที่เปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิเฉพาะของสารแต่ละชนิด โดยน้ำหนักที่หายไปนั้นเกิดมาจากการระเหย การย่อยสลาย หรือการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ



รูปที่ ข.3.1 เครื่องวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสารโดยอาศัยคุณสมบัติทางความร้อน (TGA)

ข.4 เครื่องมือวิเคราะห์สารด้วยอินฟราเรด (Fourier Transform Infrared Spectrometer; FT-IR)



รูปที่ ข.4.1 เครื่องมือวิเคราะห์สารด้วยอินฟราเรด (FT-IR)

เทคนิคการวัดการดูดกลืนรังสีที่อยู่ในช่วงอินฟาเรด (Fourier Transform Infrared Spectrometer; FT-IR) เป็นหนึ่งในเทคนิคทางด้าน Infrared Spectroscopic ที่มีประสิทธิภาพใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สถาบันฯ ให้บริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจำแนกประเภทของสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ และพันธะเคมีในโมเลกุล รวมถึงสามารถบอกถึงปริมาณองค์ประกอบที่มีอยู่ในโมเลกุลของสารผสมตัวอย่างที่ไม่ทราบชนิด เทคนิค FT-IR นี้มีความไวใช้ระยะเวลาในการตรวจสอบน้อยกว่าเทคนิคอื่นๆ มีประโยชน์มากสำหรับการจำแนกประเภทของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ทั้งที่เป็นของแข็ง ของเหลว และแก๊ส โดย FT-IR ได้เข้ามาแทนที่ Dispersive Infrared Spectrometer เมื่อไม่นานมานี้ เพื่อใช้ในงานที่ต้องการความรวดเร็วและความไวสูง นอกจากนี้ยังช่วยให้สามารถวิเคราะห์สารในช่วงที่ Dispersive วิเคราะห์ได้ยากหรือเกือบจะเป็นไปไม่ได้

ส่วนประกอบของเครื่องมือวิเคราะห์สารด้วยอินฟราเรด

1. แหล่งกำเนิด Laser เพื่อใช้แสง Laser ในการปรับระยะของ Mobile Mirror
2. Mobile Mirror เป็นกระจกเงาที่สามารถสะท้อน รังสีอินฟราเรดและสามารถที่จะเคลื่อนที่ได้
3. Fixed Mirror เป็นกระจกเงาที่สามารถสะท้อนรังสีอินฟราเรดเช่นเดียวกับ Mobile Mirror แต่ไม่สามารถที่จะเคลื่อนที่ได้
4. Beam Splitter เป็นส่วนที่จะทำการแยกอินฟราเรดที่ผ่านเข้ามาให้เป็นสองส่วนคือ สามารถให้แสงทะลุผ่านได้ 50% และจะสะท้อนกลับ 50%
5. เป็นกระจกเงาที่สามารถสะท้อนรังสีอินฟราเรด เพื่อใช้ในการบังคับทิศทางเดินรังสีอินฟราเรดให้เป็นไปตามทิศทางที่ต้องการ
6. Sample Compartment เป็นส่วนที่จะใช้ในการบรรจุ Sample เข้าไปเพื่อการวิเคราะห์
7. Detector ใช้วัดความเข้มแสงที่เหลือจากการดูดกลืนของตัวอย่าง

ข.5 เครื่องวิเคราะห์พลังงานความร้อน (Bomb Calorimeter)

รูปที่ ข.5.1 เครื่องวิเคราะห์พลังงานความร้อน (Bomb Calorimeter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความร้อนจากการเผาไหม้สามารถวัดได้จากการนำสารที่ทราบปริมาณแน่นอนมาเผาไหม้ในบอมบ์ แคลอรีมิเตอร์ และพิจารณาอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง โดยภายในลูกบอมบ์จะถูกอัดด้วยแก๊สออกซิเจนภายใต้แรงดันสูง เพื่อให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ และจะถูกปิดสนิทเพื่อป้องกันไม่ให้ผลผลิตของก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้รั่วไหลออกสู่ภายนอก เชื้อเพลิง (สารตัวอย่าง + ออกซิเจน) จะถูกทำให้เกิดการเผาไหม้ โดยกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวดจุดระเบิดภายในบอมบ์ และชุดอุปกรณ์ทดสอบจะมีส่วนที่เป็นฉนวน เพื่อป้องกัน ไม่ให้ความร้อนถ่ายเทสู่สิ่งแวดล้อม ภายในลูกบอมบ์จะมีเชื้อเพลิงอยู่ ซึ่งเชื้อเพลิงจะประกอบด้วย สารตัวอย่างที่นำมาทดสอบหาค่าความร้อนรวมกับออกซิเจน

ข.6 เครื่องวิเคราะห์หาปริมาณธาตุองค์ประกอบ (X-ray fluorescence ; XRF)

เป็นเครื่องที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุองค์ประกอบในสารตัวอย่าง โดยใช้การวัดปริมาณรังสีเอ็กซ์ฟูออเรสเซต์ (X-ray fluorescence) ที่ปลดปล่อยออกมาจากธาตุองค์ประกอบแต่ละชนิดในสารตัวอย่าง

การวิเคราะห์ของเครื่อง XRF จะอาศัยหลักการดูดกลืนรังสีเอ็กซ์ของตัวอย่าง เมื่อยิงรังสีเอ็กซ์เข้าไปในตัวอย่าง ธาตุต่างๆที่อยู่ในตัวอย่างจะดูดกลืนรังสีเอ็กซ์แล้วคายพลังงานออกมา โดยพลังงานที่คายออกมานั้นจะมีค่าพลังงานค่าหนึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุที่อยู่ในตัวอย่างนั้นๆ ทำให้เราสามารถแยกได้ว่าในตัวอย่างที่ทดสอบนั้นมีธาตุอะไรอยู่บ้าง โดยใช้อุปกรณ์สำหรับวัดค่าพลังงานที่ปล่อยออกมาจากตัวอย่างเป็นตัวแยกสารประกอบที่มีอยู่ในตัวอย่าง

รูปที่ ข.6.1 เครื่องวิเคราะห์หาปริมาณธาตุองค์ประกอบ (XRF)

เครื่อง XRF แม้ว่าจะสามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้ในหลายรูปแบบ แต่ตัวอย่างที่เหมาะสมที่สุดคือ ตัวอย่างที่อยู่ในรูปของแข็งและสามารถทนต่อสภาพความดันที่ต่ำได้ ในกรณีตัวอย่างที่เป็นผงต้องทำการอัดขึ้นรูปเป็นเม็ด โดยต้องมีขนาดไม่น้อยกว่า 20 มิลลิเมตร (ด้านกว้าง-ยาว หรือเส้นผ่าศูนย์กลาง) และต้องมีขนาดไม่เกิน 15 เซนติเมตร หนาไม่เกิน 7.5 เซนติเมตร (สำหรับตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เป็นทรงกระบอก) ในกรณที่ตัวอย่างอยู่ในรูปของแข็งด้านที่ต้องการทดสอบต้องขัดหรือทำให้เรียบ ในกรณีตัวอย่างเป็นของเหลว ต้องทำให้ตัวอย่างนั้นมีความหนืดมากขึ้นโดดยการระเหยน้ำที่เป็นผสม ทิ้งไปก่อนการทดสอบ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้