

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การเพิ่มประสิทธิภาพเชื้อเพลิงอัดแท่งด้วยถ่านหินลิกไนท์ด้วยการอัดแท่งแบบใช้ความร้อน
โดยเครื่องอัดแบบสกรู



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

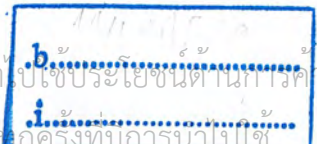
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน.....55556.....

วัน,เดือน,ปี 19 พ.ค. 2548



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่าจะโดยวิธีใด ๆ ทั้งสิ้น หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูง และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสาร
ทุกครั้งทั้งการนำไปใช้

Increase in Efficiency of Biocoal Briquettes Blended with Lignite
Compressed by Thermal Screw – Press Machine



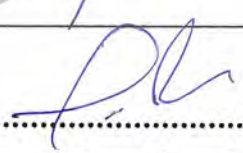
A Special Project Submitted in Partial of the Requirement for the Degree of
Bachelor of Science
Department of Chemistry
Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพเชื้อเพลิงอัดแท่งด้วยถ่านหินลิกไนท์ด้วยการอัดแท่งแบบใช้ความร้อนโดยเครื่องอัดแบบสกรู
นักศึกษา นายนพดล พรชนัน
 นายปราโมทย์ เลิศล้ำอง
 นายอุทัย วิวิธเทศ
ภาควิชา เคมี
สาขาวิชา เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2546
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์กมลีนสุคนธ์ สุวรรณรัตน์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้
 โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ ดร.ชลอ จารุสุทธิรักษ์	
กรรมการ อาจารย์ยุพา ดันทวี	
กรรมการ ดร.อุสารัตน์ ภัคคีติสุต	
กรรมการ อาจารย์กมลีนสุคนธ์ สุวรรณรัตน์	



(ผศ.ดร. ประยงค์ ดวงดี)

หัวหน้าภาควิชาเคมี

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง	การเพิ่มประสิทธิภาพเชื้อเพลิงอัดแท่งด้วยถ่านหินลิกไนท์ด้วยการอัดแท่งแบบใช้ความร้อนโดยเครื่องอัดแบบสกรู
นักศึกษา	นายนพดล พรชนัน นายปราโมทย์ เลิศล้ำอง นายอุทัย วิวิธเทศ
ภาควิชา	เคมี
สาขาวิชา	เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา	2546
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงผลของถ่านหินลิกไนท์ต่อการเพิ่มประสิทธิภาพถ่านแกลบผสมชานอ้อยจากการอัดแท่งเชื้อเพลิงโดยใช้ความร้อนด้วยเครื่องอัดแบบสกรู โดยการทดลองแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ทำการทดสอบการคงตัวของถ่านจากถ่านที่ใช้สัดส่วน แกลบ:ชานอ้อย(35:65) ผสมลิกไนท์ 9% พบว่าถ่านที่ได้ไม่คงตัว ตอนที่ 2 ทำการผลิตถ่านในสัดส่วนถ่านหินลิกไนท์ 0 3 7 11 และ 15% โดยให้สัดส่วนของแกลบต่อชานอ้อยคงที่ แล้วนำมาทดสอบคุณสมบัติด้านต่างๆ ได้แก่ ค่าความหนาแน่น โดยประมาณ ปริมาณเถ้า เปรอร์เซ็นต์การดูดความชื้น ค่าความชื้นปริมาณกำมะถัน ค่าความร้อน การปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ประสิทธิภาพการยับยั้งซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของเปลือกหอย ประสิทธิภาพการเผาไหม้และลักษณะการเผาไหม้ พบว่าถ่านที่ผสมลิกไนท์ให้ผลที่ดีกว่าถ่านไม้ในด้านของการเผาไหม้ที่ยาวนานกว่า ส่วนค่าปริมาณของเถ้า ปริมาณของกำมะถัน ค่าความร้อน และ ประสิทธิภาพการเผาไหม้ ให้ผลที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับถ่านไม้ เพราะ ค่าพลังงานความร้อนจากถ่านที่มีการผสมลิกไนท์ในสัดส่วนต่างๆอยู่ระหว่าง 26.8-27.9 kJ/g ซึ่งไม่แตกต่างกันมากนักในแต่ละสัดส่วน และยังน้อยกว่าถ่านที่ไม่มีการผสมลิกไนท์ แสดงว่าลิกไนท์ไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการให้ความร้อนของถ่านที่อัดแท่งแบบใช้ความร้อนด้วยเครื่องอัดแบบสกรูให้สูงขึ้นได้

นอกจากนี้ค่าความชื้น ปริมาณกำมะถัน และ ประสิทธิภาพการเผาไหม้จะมากหรือน้อยแปรผันตามความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงจากการอัดแท่ง แล้วได้ทำการผลิตถ่านโดยผสมเปลือกหอยแครงลงในแท่งเชื้อเพลิงที่มีสัดส่วนถ่านหินลิกไนท์ 3 7 11 และ 15% และสัดส่วนเปลือกหอยแครง 1 2.33 3.67 และ 5% จากการทดลองพบว่าเปลือกหอยสามารถยับยั้งปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยออกมาระหว่างการเผาไหม้ได้

คำสำคัญ: ชานอ้อย, แกลบ, ถ่านหินลิกไนท์, เปลือกหอยแครง, เชื้อเพลิงอัดแท่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือเป็นทรัพย์สินทางปัญญาของผู้ใดที่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Increase in Efficiency of Biocoal Briquettes Blended with Lignite Compressed by Thermal Screw – Press Machine		
Name	Noppadol	Pornchanun	
	Pramote	Lertlumyong	
	Uthai	Wiwitthet	
Department	Chemistry		
Program	Environmental Resource Chemistry		
Academic Year	2003		
Special Project Advisors	Arjarn Glinsukol	Suwannarat	

ABSTRACT

This research studied on the increase in efficiency of biocoal briquette blended with lignite compressed by thermal screw-press machine. The experiment was divided into 2 stages. The first stage was the studied of stability of ash of briquettes which composed of 32% rice husk, 59% bagasse, 9% lignite coal. It was found that ash of this proportion was instability. The latter was the investigation of the composition of briquettes. The lignite was varied in the range of 0, 3, 5, 7, 11, and 15 % with constant proportion of rice husk (35%) and bagasse (65%). Various characteristics such as approximate density, sulfur content, moisture absorbing, moisture content, ash content, heating value, sulfurdioxide emission, desulfurization efficiency and combustion efficiency were examined. It was found that combustion time of biocoal briquettes was longer than that of charcoal. Other characteristic of biocoal briquettes such as content, sulfur content, heating value and combustion efficiency were worse than those of charcoal. The heating value of biocoal briquettes were between 26.8 and 27.9 kJ/g which was not different in each proportion of lignite but its heating value was lower than that of the briquettes without lignite. Lignite could not increase the efficiency of biocoal briquettes by using thermal screw-press machine.

Moisture content, sulfur content and combustion efficiency were varied with the approximate density of briquettes. The biocoal briquettes blended with cockle shell were also studied. The lignite was varied in the range of 3, 7, 11, and 15% and cockle shell was varied in the range of 1, 2.33, 3.67, and 5%, respectively. The result showed that cockle shell could decrease sulfurdioxide emission during the combustion.

Keywords: bagasse, rice husk, lignite coal, cockle shell, briquette

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยคำแนะนำและความช่วยเหลือเอาใจใส่ใน
ทุกๆด้าน ตลอดระยะเวลาในการทำงานวิจัยจาก อาจารย์กมลสินสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ ซึ่งเป็น
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ยุพา ดันทวี , ดร.อุสารัตน์ ภักดีสุข และ ดร.ชลอ จารุสุทธิรักษ์ ที่
กรุณาให้คำแนะนำและให้ความอนุเคราะห์ในการเป็นกรรมการสอบโครงการพิเศษ

ขอขอบพระคุณโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือต่างๆ
ในการทำโครงการพิเศษ

ขอขอบพระคุณคุณคุณนิษฐ สุทธิพงศ์ และเจ้าหน้าที่โรงบดเกลือ โครงการส่วนพระองค์
สวนจิตรลดา ทุกท่าน ในการให้ความรู้ คำแนะนำ ตลอดจนความช่วยเหลือในด้านต่างๆ

ขอขอบพระคุณหม่อมแรมนาทราย อ.ลี จ.ลำพูน ที่เอื้อเฟื้อถ่านหินลิกไนท์ในการทำ
โครงการพิเศษ

ขอขอบพระคุณอาจารย์และเจ้าหน้าที่คณะวิทยาศาสตร์ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา พี่ น้อง และเพื่อนๆทุกคนที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจ
ตลอดการทำโครงการพิเศษ

ขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องและให้ความช่วยเหลือที่มีได้กล่าวถึงในที่นี้
คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากโครงการพิเศษฉบับนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบแต่ผู้มีพระคุณ
ทุกท่าน

นายนพดล

พรชนันนาย

ปราโมทย์

เลิศล้ำยอง

นายอุทัย

วิวิธเทศ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	3
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
2.1 ความเป็นมาของการอัดแท่ง/ก้อนเชื้อเพลิง	4
2.2 ความหมายของชีวมวลและการนำไปใช้ประโยชน์	9
2.2.1 แกลบ	9
2.2.1.1 ลักษณะทางกายภาพของแกลบ	9
2.2.1.2 สันฐานวิทยาของแกลบ	9
2.2.2 การนำมาใช้	14
2.2.2.1 สมบัติทางกายภาพ	15
2.2.2.2 การนำมาใช้	15
2.2.3 กะลามะพร้าว	16
2.2.4 ฟางข้าว	17
2.3 การเผาไหม้ชีวมวล	17
2.4 ถ่านหินลิกไนท์	18
2.4.1 การจำแนกชนิดถ่านหินลิกไนท์	18
2.4.1.1 ลิกไนท์เอ(Lignite A)	18
2.4.1.1 ลิกไนท์บี(Lignite B)	18
2.4.2 การทำเหมืองลิกไนท์ในประเทศไทย	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การเผาไหม้ถ่านหินลิกไนต์	20
2.6 การเผาไหม้ชีวมวลร่วมกับถ่านหิน	20
2.7 การอัดแท่ง/ก้อนเชื้อเพลิง	21
2.7.1 สาเหตุที่ต้องอัดแท่ง/ก้อน	21
2.7.2 ทฤษฎีการอัดก้อน	22
2.7.3 กระบวนการอัดก้อน	23
2.7.4 การประเมินคุณภาพและคุณสมบัติของเชื้อเพลิง	25
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	26
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	29
3.1 วัตถุประสงค์และสารเคมี	29
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์	29
3.3 วิธีการทดลอง	30
3.3.1 การเตรียมวัตถุดิบ	30
3.3.2 การอัดแท่งเชื้อเพลิง	31
3.3.3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ	32
3.3.4 การศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งก๊าซ SO ₂ โดยใช้เปลือกหอย	32
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	34
4.1 ความคงตัวของเถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้	34
4.2 ค่าความหนาแน่น โดยประมาณ	34
4.3 ค่าความชื้น	37
4.4 เปอร์เซนต์การดูดความชื้น	39
4.5 ปริมาณเถ้า	40
4.6 ค่าความร้อน	43
4.7 เวลาในการจุดติดไฟ	47
4.8 ประสิทธิภาพการเผาไหม้และลักษณะการเผาไหม้	48
4.9 ปริมาณกำมะถันและการปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	54
4.10 ประสิทธิภาพการยับยั้งซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของเปลือกหอย	56
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	59
5.1 สรุปผลการทดลอง	59
5.2 ข้อเสนอแนะ	61

เอกสารอ้างอิง

62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก ข้อมูลชีวมวลชนิดต่างๆในประเทศไทย	63
ภาคผนวก ข กระบวนการผลิตและวิธีวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่าน	65
ภาคผนวก ค ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	78
ภาคผนวก ง แสดงภาพของถ่านสัดส่วนต่างๆที่ได้จากการนำฟืนอัดแห้งไปเผา	97



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ในแกลบ	10
ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบพวกแซคคาไรด์และลิกนิน	11
ตารางที่ 2.3 ปริมาณเถ้าและซิลิกาในส่วนต่างๆของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว	14
ตารางที่ 2.4 แสดงการวิเคราะห์ทางเคมีของชานอ้อย(คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เมื่อปราศจากความชื้น)	16
ตารางที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านต่างๆของถ่านแต่ละชนิด	59
ตารางที่ ก.1 การเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด	63
ตารางที่ ค.1 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าความชื้น โดยเฉลี่ยของถ่านแต่ละสัดส่วน	78
ตารางที่ ค.2 แสดงค่าความชื้นของถ่านแต่ละสัดส่วน	79
ตารางที่ ค.3 แสดงผลจากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้น โดยเฉลี่ยของถ่านและค่าความหนาแน่นเฉลี่ย โดยประมาณของถ่านทุกสัดส่วนด้วยโปรแกรม SPSS	81
ตารางที่ ค.4 แสดงปริมาณเถ้าของแต่ละสัดส่วน	82
ตารางที่ ค.5 แสดงผลจากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณเถ้าและค่าความหนาแน่นเฉลี่ย โดยประมาณของถ่านทุกสัดส่วนด้วยโปรแกรม SPSS	84
ตารางที่ ค.6 แสดงค่าการดูดความชื้นของถ่านแต่ละสัดส่วน	85
ตารางที่ ค.7 แสดงผลจากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การดูดความชื้นเฉลี่ยและเวลาที่ใช้ในการจุดติดของถ่านที่มีลิกไนท์ด้วยโปรแกรม SPSS	86
ตารางที่ ค.8 แสดงค่าความหนาแน่น โดยประมาณของสัดส่วนต่างๆ	87
ตารางที่ ค.9 แสดงผลจากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นเฉลี่ย โดยประมาณและปริมาณกำมะถันของถ่านที่มีลิกไนท์ด้วย โปรแกรม SPSS	88
ตารางที่ ค.10 แสดงผลจากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นเฉลี่ย โดยประมาณและปริมาณกำมะถันของถ่านที่มีเปลือกหอยด้วยโปรแกรม SPSS	88
ตารางที่ ค.11 แสดงผลจากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นเฉลี่ย โดยประมาณและเปอร์เซ็นต์การดูดความชื้นเฉลี่ยของถ่านทุกสัดส่วนด้วยโปรแกรม SPSS	89
ตารางที่ ค.12 แสดงค่าความร้อนของสัดส่วนต่างๆ	90
ตารางที่ ค.13 แสดงผลจากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ลิกไนท์ ในตัวอย่างถ่านและค่าความร้อนของถ่านที่มีลิกไนท์ด้วยโปรแกรม SPSS	91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.14	แสดงผลจากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์เปลือกหอยในตัวอย่างถ่านและค่าความร้อนของถ่านที่มีเปลือกหอยด้วยโปรแกรม SPSS	91
ตารางที่ ค.15	แสดงเวลาที่ใช้ในการจุดติด	92
ตารางที่ ค.16	แสดงปริมาณกำมะถันในสัดส่วนต่างๆ	93
ตารางที่ ค.17	แสดงปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากการเผาไหม้สมบูรณ์ของสัดส่วนต่างๆ	94
ตารางที่ ค.18	แสดงประสิทธิภาพการยับยั้งซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของเปลือกหอย	95
ตารางที่ ค.19	แสดงผลจากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นเฉลี่ยโดยประมาณและประสิทธิภาพการยับยั้งซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของเปลือกหอยด้วยโปรแกรม SPSS	95



สารบัญรูป

	หน้า	
รูปที่ 2.1	เครื่องอัดแห้งอย่างง่ายที่สามารถทำใช้เองในบ้านได้	4
รูปที่ 2.2	เครื่องอัดแห้งแบบลูกสูบ	5
รูปที่ 2.3	เครื่องอัดแห้งแบบสกรู	6
รูปที่ 2.4	โครงสร้างของเซลล์โลส	11
รูปที่ 2.5	โครงสร้างของน้ำตาลต่างๆที่ประกอบเป็นเฮมิเซลล์โลส	12
รูปที่ 2.6	โครงสร้างของลิกนิน	13
รูปที่ 2.7	โครงสร้างเซลล์โลสในชานอ้อย	15
รูปที่ 2.8	ตัวอย่างของถ่านกะลามะพร้าว	17
รูปที่ 2.9	แสดงขั้นตอนของการเผาไหม้	18
รูปที่ 2.10	ตัวอย่างโครงสร้างของลิกไนท์	19
รูปที่ 2.11	แผนภูมิเปรียบเทียบมวลพิษที่ปล่อยออกมาจากเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ	21
รูปที่ 2.12	ภาพเปรียบเทียบปริมาณของเชื้อเพลิงต่างๆที่ให้พลังงานเท่ากัน	22
รูปที่ 2.13	ภาพตัวอย่างเครื่องอัดแบบสกรู	24
รูปที่ 2.14	ภาพแสดงขั้นตอนการอัดแห้งถ่านหินผสมชีวมวล	26
รูปที่ 2.15	กราฟแสดงถึงการปลดปล่อยคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ลดลงของถ่านหินผสมชีวมวลเมื่อเทียบกับถ่านหินอย่างเดียว	27
รูปที่ 2.16	ควันทจากการเผาไหม้ถ่านหินผสมชีวมวลลดลงเมื่อเทียบกับการเผาไหม้ถ่านหินอย่างเดียว	28
รูปที่ 3.1	แผนภาพแสดงขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ	31
รูปที่ 3.2	แผนภาพแสดงขั้นตอนต่างๆของการทดลองเริ่มตั้งแต่การอัดแห้งเชื้อเพลิง	33
รูปที่ 4.1 (ก)	แผนภูมิแสดงค่าความหนาแน่นเฉลี่ยโดยประมาณของถ่านที่ไม่มีและมีลิกไนท์ในสัดส่วนต่างๆ	35
รูปที่ 4.2 (ข)	แผนภูมิแสดงค่าความหนาแน่นเฉลี่ยโดยประมาณในถ่านที่มีเปลือกหอยในสัดส่วนต่างๆ	36
รูปที่ 4.3 (ก)	แผนภูมิแสดงค่าความชื้นโดยเฉลี่ยของถ่านที่มีลิกไนท์ในสัดส่วนต่างๆ	37
รูปที่ 4.3 (ข)	แผนภูมิแสดงค่าความชื้นโดยเฉลี่ยของถ่านที่มีเปลือกหอยในสัดส่วนต่างๆ	38
รูปที่ 4.4 (ก)	แผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์การดูดความชื้นเฉลี่ยของถ่านที่มีลิกไนท์ในสัดส่วนต่างๆ	39

รูปที่ 4.4(ข)	แผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์การดูดความชื้นเฉลี่ยของถ่านที่มีเปลือกหอย ในสัดส่วนต่างๆ	40
รูปที่ 4.5 (ก)	แผนภูมิแสดงปริมาณเถ้าของถ่านที่มีลิกไนท์ในสัดส่วนต่างๆ	41
รูปที่ 4.5 (ข)	แผนภูมิแสดงปริมาณเถ้าของถ่านที่ผสมเปลือกหอยในสัดส่วนต่างๆ	41
รูปที่ 4.6 (ก)	แผนภูมิแสดงค่าความร้อนของถ่านไม้และถ่านที่ไม่มีและมิลิกไนท์ ในสัดส่วนต่างๆ	43
รูปที่ 4.6 (ข)	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่าความร้อนของถ่านที่มีและไม่มีส่วนผสม เปลือกหอยในสัดส่วนต่างๆ	44
รูปที่ 4.6 (ค)	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่าความร้อนของถ่านที่มีและไม่มีเปลือกหอยใน สัดส่วนต่างๆ(ต่อ)	45
รูปที่ 4.7	แผนภูมิแสดงเวลาที่ใช้ในการจุดติดของถ่านไม้และถ่านที่มีลิกไนท์ ในสัดส่วนต่างๆ	47
รูปที่ 4.8 (ก)	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบการค้ำน้ำระหว่างถ่านไม้กับชานอ้อย 65% แกลบ 35%(ถ่าน)	48
รูปที่ 4.8 (ข)	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบการค้ำน้ำระหว่างถ่านไม้กับถ่านที่ ผสมลิกไนท์ 3%	49
รูปที่ 4.8 (ค)	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบการค้ำน้ำระหว่างถ่านไม้กับถ่านที่ผสม ลิกไนท์ 7%	50
รูปที่ 4.8 (ง)	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบการค้ำน้ำระหว่างถ่านไม้กับถ่านที่ผสม ลิกไนท์ 11%	51
รูปที่ 4.8 (จ)	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบการค้ำน้ำระหว่างถ่านไม้กับถ่านที่ผสม ลิกไนท์ 15%	52
รูปที่ 4.8 (ฉ)	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบความแรงในการให้ความร้อนของถ่านในแต่ละ สัดส่วน	53
รูปที่ 4.9 (ก)	แผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์ซัลเฟอร์ที่เผาไหม้ได้ของถ่านที่มีลิกไนท์ในสัดส่วน ต่างๆ รวมถึงถ่าน ไม้และถ่านที่ไม่มีลิกไนท์	54

รูปที่ 4.9 (ข)	แผนภูมิแสดงการปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของถ่านที่มีลิคไนท์ใน สัดส่วนต่างๆรวมถึงถ่านไม้และถ่านที่ไม่มีลิคไนท์	56
รูปที่ 4.9 (ก)	แผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์ซัลเฟอร์ที่เผาไหม้ได้ของถ่านที่มีเปลือกหอย ในสัดส่วนต่างๆ	57
รูปที่ 4.9 (ข)	แผนภูมิแสดงประสิทธิภาพการยับยั้งซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากการคำนวณโดย เทียบกับสัดส่วนที่ไม่ได้เปลือกหอยและปรับแก้ปริมาณซัลเฟอร์ ที่แตกต่างกันแล้ว	58
รูปที่ 5.1	แผนภาพแสดงขั้นตอนการผลิตถ่านในแนวคิดใหม่	61
รูปที่ ก.1	สัดส่วนและปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรของประเทศไทยที่ถูกทิ้ง ในปี พ.ศ. 2543	64
รูปที่ ข.1	ด้านหน้าของเครื่องมือวิเคราะห์หาค่าความร้อน	76
รูปที่ ข.2	เครื่องบด	77



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ ง.1 แสดงภาพถ่านที่ใช้สัดส่วน แกลบ:ชานอ้อย(35:65) ผสมลิกไนท์ 9%	97
ภาพที่ ง.2 แสดงภาพถ่านที่ไม่ผสมลิกไนท์	98
ภาพที่ ง.3 แสดงภาพถ่านผสมลิกไนท์ 3%	98
ภาพที่ ง.4 แสดงภาพถ่านผสมลิกไนท์ 7%	99
ภาพที่ ง.5 แสดงภาพถ่านผสมลิกไนท์ 11%	99
ภาพที่ ง.6 แสดงภาพถ่านผสมลิกไนท์ 15%	100
ภาพที่ ง.7 แสดงภาพถ่านผสมเปลือกหอย 1%	100
ภาพที่ ง.8 แสดงภาพถ่านผสมเปลือกหอย 2.3%	101
ภาพที่ ง.9 แสดงภาพถ่านผสมเปลือกหอย 3.7%	101
ภาพที่ ง.10 แสดงภาพถ่านผสมเปลือกหอย 5%	102



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ

ปัจจุบันราคาน้ำมันดิบมีราคาสูงขึ้น มีความพยายามที่จะประหยัดพลังงาน ลดรายจ่ายของประเทศ โดยลดการใช้ น้ำมัน นอกจากนี้การเปลี่ยนชนิดเชื้อเพลิงมาใช้ชีวมวลแทนยังเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ เพราะคุ้มค่ากว่า ยกตัวอย่างเช่นเมื่อคิดค่าความร้อน ค่าขนส่งแล้ว แกลบจะมีราคาถูกกว่าน้ำมันเตาประมาณ 5 เท่า ถูกกว่าถ่านหินลิกไนต์ประมาณ 2 เท่า ดังแสดงในภาคผนวก ก (ตารางที่ ก.1) และพบว่าน้ำมันเตามีราคาแพงกว่าชีวมวลตั้งแต่ 2.6 - 5.5 เท่า ส่วนถ่านหินลิกไนต์มีราคาใกล้เคียง หรือแพงกว่าชีวมวลเล็กน้อย ดังนั้นการนำชีวมวลมาเป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันเตาและถ่านหิน ส่วนใหญ่จะคุ้มทุนภายใน 1 ปี นอกจากนี้ยังมีผลดีอื่นๆอีกเช่น การเผาไหม้เตาและถ่านหินก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นในชั้นบรรยากาศซึ่งถือว่าเป็นก๊าซเรือนกระจกแต่การเผาชีวมวลไม่ถือว่าเป็นก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้น เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น จะถูกหมุนเวียนกลับไปใช้โดยพืช เพื่อการเจริญเติบโตครั้งต่อไป หากไม่นำชีวมวลมาใช้ โดยปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติ จะเกิดก๊าซมีเทนซึ่งถือว่าเป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดหนึ่ง และมีอันตรายกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 21 เท่า

การนำชีวมวลมาใช้ นอกจากจะก่อให้เกิดรายได้แก่ผู้ผลิตชีวมวลเช่น เกษตรกร โรงสีข้าว และเจ้าของสวนยางพารา แล้วยังเป็นการลดภาระในการกำจัด เช่น นำไปฝังกลบหรือเผาทิ้ง เป็นต้น โดยประโยชน์ของชีวมวลที่นำไปใช้จะก่อให้เกิดรายได้ การสร้างงานในชุมชนและช่วย ประหยัดเงินตราต่างประเทศ เนื่องจากสามารถลดการนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ

ในปี พ.ศ. 2543 ประเทศไทยมีปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรประมาณ 63 ล้านตัน ซึ่งถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงและใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นๆประมาณ 16 ล้านตัน ปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรส่วนที่ยังไม่ได้ใช้เท่ากับ 42 ล้านตัน เทียบเท่ากับพลังงาน 604.82 เพตาจูล (6.04×10^{17} จูล) วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ที่มีปริมาณสูงสุดมาจากอ้อย 31 ล้านตัน รองมาคือ ข้าว 16 ล้านตัน วัสดุเหลือใช้จากอ้อยที่ไม่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ได้แก่ ชานอ้อย 3 ล้านตัน ส่วนยอดและใบ 16 ล้านตัน วัสดุเหลือใช้ที่ได้จากข้าวที่ไม่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ได้แก่ แกลบ 3 ล้านตัน และฟาง 7 ล้านตัน ดังแสดงในภาคผนวก ก (รูปที่ ก.1)

ปัจจุบันมีการนำแกลบและชานอ้อยมาใช้ประโยชน์ โดยการนำมาเผาเปลี่ยนพลังงานความร้อน ไปเป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งส่วนใหญ่ใช้กันในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีของเหลือสองชนิดนี้ อีกวิธีหนึ่งคือนำมาอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงซึ่งจะได้เชื้อเพลิงที่ให้ความร้อนสูงกว่า (แกลบให้ค่าความร้อนประมาณ 14 เมกะจูล/กิโลกรัม เมื่อผ่านการอัดแท่งและเผาเป็นถ่านแล้วจะให้ค่าความร้อนประมาณ 25 เมกะจูล/กิโลกรัม) และยังเผาไหม้ได้นานกว่า ขนส่งได้ง่ายกว่าเชื้อเพลิงธรรมดา การนำแกลบมาอัดแท่งเป็นถ่านแกลบมีปัญหาการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง เนื่องจากเถ้าที่ได้จากการเผาไหม้คงตัวเป็นก้อน ทำให้การใช้งานไม่สะดวกทำให้เถ้าเต็มเตาเร็ว แต่ปัญหานั้นหมดไปเมื่อใช้แกลบผสมชานอ้อยอัดแท่งในสัดส่วน แกลบ 30% ชานอ้อย 70% (ชัชชนก, พิมพัสรีรินทร์ และอาทิตย์ 2545) ซึ่งให้ค่าความร้อน (26.5 เมกะจูล/กิโลกรัม) แต่ว่าแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตขึ้นยังมีค่าความร้อนต่ำกว่าถ่านไม้ (30 เมกะจูล/กิโลกรัม) จึงเป็นปัญหาสำคัญที่จะทำให้ไม่สามารถผลิตแท่งเชื้อเพลิงมาแข่งขันกับถ่านไม้ซึ่งมีใช้กันอย่างแพร่หลายได้

งานวิจัยนี้จึงคิดแก้ไขให้แท่งเชื้อเพลิงมีค่าความร้อนสูงขึ้น ด้วยการผสมเศษถ่านหินลิกไนท์ เข้าร่วมกับแกลบและชานอ้อย โดยทดลองใช้ถ่านหินลิกไนท์ ในสัดส่วนต่างๆ และทำการทดลองผสมเปลือกหอยในแท่งเชื้อเพลิง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการลดปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากการเผาไหม้ โดยใช้การอัดแท่งแบบใช้ความร้อนด้วยเครื่องอัดแบบสกรู นอกจากนี้ยังมีการศึกษาค่าความหนาแน่น ค่าความชื้น เปอร์เซ็นต์การดูดความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณกำมะถัน ค่าความร้อน ประสิทธิภาพการเผาไหม้และลักษณะการเผาไหม้ เวลาที่ใช้ในการจุดติดไฟ ความคงตัวของเถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้ และปริมาณการปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มาจาก การเผาไหม้แท่งเชื้อเพลิง

1.2 วัตถุประสงค์

1. หาสัดส่วนที่เหมาะสมจากการใช้ถ่านหินลิกไนท์ แกลบ ชานอ้อย มาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยใช้ความร้อนด้วยเครื่องอัดแบบสกรู
2. ศึกษาการคงตัวของเถ้า ค่าความหนาแน่น ค่าความชื้น %การดูดความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณกำมะถัน ค่าความร้อน ประสิทธิภาพการเผาไหม้และลักษณะการเผาไหม้ เวลาที่ใช้ในการจุดติดไฟ ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มาจาก การเผาไหม้แท่งเชื้อเพลิงในสัดส่วนต่างๆที่ผลิตขึ้น
3. ศึกษาผลของการใช้เปลือกหอยเพื่อลดปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มาจาก การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ทดสอบความคงตัวของเถ้าของถ่านที่ใช้สัดส่วน แกลบ:ชานอ้อย(35:65) ผสมลิกไนท์ 9%
2. เมื่อพบว่าถ่านที่ใช้สัดส่วน แกลบ:ชานอ้อย(35:65) ผสมลิกไนท์ 9% มีเถ้าไม่คงตัวจึงทำการหาสัดส่วนที่เหมาะสมในการสร้างเชื้อเพลิงอัดแท่ง ในสัดส่วน แกลบ:ชานอ้อย เป็น 35:65 โดยทำการเติมผงลิกไนท์ในสัดส่วน 0 3 7 11 และ 15% ตามลำดับ
3. วัดค่าความหนาแน่น ค่าความชื้น %การดูดความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณกำมะถัน ค่าความร้อน ทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้และลักษณะการเผาไหม้ เวลาที่ใช้ในการจุดติดไฟ และปริมาณการปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มาจากการเผาไหม้แท่งเชื้อเพลิงในสัดส่วนต่างๆ
4. ทดสอบประสิทธิภาพการลดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของเปลือกหอยเมื่อผสมเข้าไปในสัดส่วน ชานอ้อย: แกลบ: ถ่านหินลิกไนท์ ในสัดส่วน 1 2.33 3.67 และ 5% เปรียบเทียบกับสัดส่วนที่ไม่ผสมเปลือกหอย
5. ทำการอัดแท่งโดยใช้ความร้อนด้วยเครื่องอัดแบบสกรู แล้วเผาให้เป็นถ่านใช้เวลา 51 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นเป็นเวลา 2 วัน

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

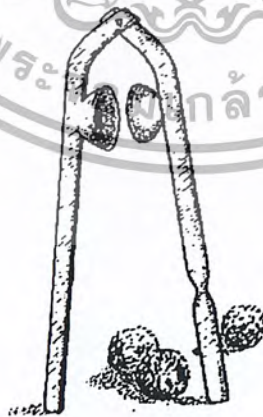
1. ช่วยนำวัสดุเหลือใช้ ได้แก่ แกลบ ชานอ้อย เปลือกหอยและผงลิกไนท์ มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด
2. ได้แท่งเชื้อเพลิงสำหรับหุงต้มที่มีค่าความร้อนใกล้เคียงกับถ่านไม้ แท่งเชื้อเพลิงจุดติดไฟได้ง่าย ให้ความร้อนนาน เถ้าจากการเผาไหม้มีลักษณะเป็นผง ไม่คงตัว นอกจากนี้แท่งเชื้อเพลิงที่ผสมเปลือกหอย ปลดปล่อยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ขณะเผาไหม้น้อยลงเมื่อเทียบกับแท่งเชื้อเพลิงที่ไม่ผสมเปลือกหอย
3. มีราคาไม่แพงพอที่จะแข่งขันและนำมาใช้ทดแทนถ่านไม้ได้

บทที่ 2

ทฤษฎีและผลการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความเป็นมาของการอัดแท่ง/ก้อนเชื้อเพลิง (ที่มา : www.rwedp.org/fd46ch1.html)

ประเทศกำลังพัฒนาหลายประเทศผลิตวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรออกมาในปริมาณมหาศาล แต่วัสดุเหล่านั้นถูกใช้อย่างไม่มีประสิทธิภาพ ก่อให้เกิดปัญหามลพิษที่รุนแรง วัสดุเหลือใช้ส่วนใหญ่เป็นแกลบ, เปลือกกาแฟ, ไซมะพร้าว, ชังปอกระเจา, ชานอ้อย, เปลือกถั่ว, ชังของคั้น, มัสตาร์ด, ชังฝ้าย, และวัสดุเหลือจากการทำกระดาษก็ยังมีในปริมาณมากเช่นกัน การจัดการกับวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวมีปัญหาทั้งการเคลื่อนย้ายขนส่งและการเก็บรักษา การเผาไหม้ชีวมวลเหล่านี้โดยตรงด้วยวิธีทั่วไป จะให้ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนต่ำมากประมาณ 40% และยังปล่อยมลพิษเป็นเป็นบริเวณกว้าง อนุภาคที่ปล่อยออกมาพร้อมกับไอเสียจะสูงกว่า 3000 mg/ Nm³ เถ้าที่เหลือมีเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนที่ไม่ถูกเผาไหม้อยู่มาก จึงเกิดเถ้าในปริมาณมากซึ่งเป็นภาระในการกำจัด ในกรณีของแกลบ จะเกิดเถ้ามากกว่า 40% ของที่ถูกส่งเข้าเผาไหม้ ยกตัวอย่างเช่นในรัฐปันจาบ ประเทศอินเดีย ทุกๆวันจะเกิดเถ้าแกลบประมาณ 800 ตัน จากการเผาไหม้แกลบ 2000 ตัน การอัดแท่ง/ก้อนแกลบสามารถช่วยลดปัญหามลพิษเหล่านี้ได้ ในขณะที่เป็นการสร้างแหล่ง พลังงานที่สำคัญสำหรับครัวเรือนและอุตสาหกรรม



รูปที่ 2.1 เครื่องอัดแท่งอย่างง่ายที่สามารถทำใช้เองในบ้านได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทางประวัติศาสตร์ เทคโนโลยีการอัดแท่ง/ก้อนชีวมวลถูกพัฒนาขึ้นมาโดยแบ่งเป็น 2 แบบ ยุโรปและอเมริกาพัฒนาการอัดแบบลูกสูบ ขณะที่ญี่ปุ่นคิดค้นและพัฒนาการอัดแบบสกรูอย่างอิสระ แม้ว่าทั้งสองเทคโนโลยีจะมีข้อดีและเสียต่างๆ แต่โดยทั่วไปแล้วการอัดแบบสกรูจะถูกยอมรับมากกว่าการอัดแบบลูกสูบมาก ในเรื่องของความทนทานและคุณสมบัติการเผาไหม้ของแท่งเชื้อเพลิง ในปัจจุบันเครื่องอัดแท่งของญี่ปุ่นถูกผลิตในยุโรปภายใต้ลิขสิทธิ์ แต่ไม่มีรายงานว่ามีการผลิตเครื่องจักรของยุโรปในญี่ปุ่น

เทคโนโลยีทั้งสองแบบถูกใช้ทั่วโลกในการอัดแท่ง/ก้อนชีวมวลที่เล็กลงและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในท้องถิ่น แม้ว่าจะรู้กันโดยทั่วไปว่า การอัดแท่ง/ก้อนชีวมวลมีความสำคัญในการนำไปใช้แทนที่ไม้และถ่านหินชนิดต่างๆ เครื่องจักรที่ไม่เหมาะสมแก่การอัดแท่งจำนวนมากในประเทศกำลังพัฒนาหลายประเทศ เป็นตัวบั่นขยับความแพร่หลายของการอัดแท่ง/ก้อน



รูปที่ 2.2 เครื่องอัดแท่งแบบลูกสูบ



รูปที่ 2.3 เครื่องอัดแท่งแบบสกรู

เทคโนโลยีการอัดแท่งหรือก้อนยังไม่มีการคืบหน้าต่อไปในประเทศกำลังพัฒนาหลายประเทศเนื่องจากข้อจำกัดทางเทคนิคและขาดความรู้ที่จะประยุกต์เทคโนโลยีให้เหมาะสมกับสภาพท้องถิ่นของตนเอง การเอาชนะปัญหาการคืบหน้าการที่มีมากและคุณภาพของวัตถุดิบเป็นปัจจัยสำคัญในการทำให้เทคโนโลยีการอัดแท่งหรือก้อนประสบความสำเร็จในทางการค้า นอกเหนือจากมุมมองทางการค้า ความสำคัญของเทคโนโลยีนี้คือการอนุรักษ์ไม้ซึ่งถูกใช้ในปริมาณมากในประเทศกำลังพัฒนาหลายประเทศ และนำไปสู่การตัดไม้ทำลายป่าเป็นบริเวณกว้าง

การเพิ่มความหนาแน่นของชีวมวล ซึ่งรู้จักกันเป็นอย่างดีในการอัดเชื้อเพลิงและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่างๆ ได้ถูกปฏิบัติมาเป็นเวลาหลายปีในหลายประเทศ เทคโนโลยีการอัดแบบสกรูถูกประดิษฐ์และพัฒนาขึ้นในญี่ปุ่นในปี ค.ศ. 1945 ในเดือนเมษายน ปี ค.ศ. 1969 มีโรงงานในประเทศญี่ปุ่น 683 แห่ง ที่ทำการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งซึ่งเรียกกันว่า Ogalite มีปริมาณการผลิตประมาณ 0.81 เมกะตันต่อปี จากปี ค.ศ. 1964 ถึง 1969 มีการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งเพิ่มขึ้นถึง 4 เท่า แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จของเทคโนโลยีนี้ในญี่ปุ่น

เปรียบเทียบระหว่างเทคโนโลยีการอัดแบบลูกสูบกับแบบสกรู การอัดแบบลูกสูบจะให้แท่งหรือก้อนที่ตัน(อัดแน่น) ในขณะที่การอัดแบบสกรูเกิดช่องว่างตรงกลางซึ่งทำให้คุณสมบัติการเผาไหม้ดีกว่า เนื่องจากพื้นที่ผิวที่มีมากกว่า การอัดแบบสกรูยังให้แท่งเชื้อเพลิงที่เป็นเนื้อเดียวกันตลอดและไม่แตกง่าย มีอัตราการเผาไหม้สูง จึงสามารถใช้ทดแทนถ่านหินได้เกือบทุกกรณีและในหม้อต้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แท่ง/ก้อนเชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่น 1.2 g/cm^3 สามารถผลิตได้จากเศษชีวมวลที่มีความหนาแน่น 0.1 ถึง 0.2 g/cm^3 แท่ง/ก้อนเชื้อเพลิงสามารถเผาไหม้ได้อย่างสะอาด จึงเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ข้อได้เปรียบนี้จากการใช้ชีวมวลมีอยู่เฉพาะเมื่อนำมาอัดแท่ง/ก้อนแล้วเท่านั้น

ในการพัฒนาการอัดแท่ง/ก้อนชีวมวลในประเทศอินเดีย หน่วยงานพัฒนาพลังงานที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้ (The Indian Renewable Energy Development Agency หรือคำย่อ IREDA) เป็นหน่วยงานที่ได้ให้เงินทุนในงานวิจัยการอัดแท่ง/ก้อนชีวมวลมาแล้วหลายงาน ซึ่งทั้งหมดเป็นการอัดแบบลูกสูบ แต่เงินทุนเหล่านั้นถูกนำมาใช้แบบไม่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากการใช้เทคนิคที่ไม่ดีพอและขาดความเข้าใจในคุณสมบัติชีวมวล การจัดประชุมของผู้ประกอบการในระดับต่างๆ , การให้ เทคนิคและความรู้แก่ผู้ประกอบการ เพื่อให้โรงงานสามารถทำกำไรได้และเป็นความหวังในการฟื้นฟูธุรกิจอัดแท่ง/ก้อนชีวมวล

ประเทศในเอเชียอื่นๆนอกจากอินเดีย แม้ว่าการอัดแท่ง/ก้อนชีวมวลยังไม่เป็นที่มั่นใจแก่ผู้ประกอบการ การพัฒนาเทคโนโลยีในปัจจุบันได้เริ่มกระตุ้นความสนใจ ในประเทศอินโดนีเซีย การวิจัยและพัฒนาได้ถูกดำเนินการในหลายมหาวิทยาลัย, สถาบันพลังงานแห่งชาติและหน่วยงานวิจัยหลายแห่งมาตั้งแต่กลางทศวรรษที่ 70 จุดมุ่งหมายหลักอยู่ที่เทคโนโลยีการเปลี่ยนรูปชีวมวล งานวิจัยพัฒนาเกี่ยวกับการเพิ่มความหนาแน่นชีวมวลหาได้ยาก มีผู้ผลิตไม่กี่รายที่ทำการส่งออกเชื้อเพลิงอัด แท่งและถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่ง ในปัจจุบันชีวมวลที่ถูกทำให้หนาแน่นขึ้นแล้วไม่ถูกทำให้ เป็นถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิงที่ได้รับความนิยมในประเทศ ถ่านไม้วันที่ผลิตจากชีวมวลอัดแท่ง/ก้อนส่วนใหญ่ถูกส่งออก มีปริมาณน้อยที่ถูกใช้ในบ้านเรือนตามเมืองใหญ่ ดูเหมือนว่าอุตสาหกรรม ชีวมวลอัดแท่ง/ก้อนในประเทศอินโดนีเซียมีอนาคตที่ดี

กระทรวงพลังงานของประเทศฟิลิปปินส์ในปัจจุบันกำลังประชาสัมพันธ์การพัฒนาและการใช้ชีวมวลในหลายวิธี ได้แก่ การจัดแสดงการทดสอบระบบจำลองของการเผาไหม้ชีวมวล , วิธีแก๊สซิฟิเคชัน (gasification) และระบบอื่นๆที่เปลี่ยนชีวมวลเป็นพลังงาน, การผลิตไอน้ำและความร้อนมีการผลิตชีวมวลอัดแท่ง/ก้อนทางการค้าในประเทศในปริมาณน้อย ปัจจุบันมีโรงงาน 9 แห่งที่ผลิตในปริมาณตั้งแต่ 1 คันต่อวัน จนถึง 50 คันต่อวัน ชีวมวลอัดแท่ง/ก้อนถูกผลิตจากขี้เลื่อย, ผงถ่านหินและ/หรือแกลบ ในฟิลิปปินส์ การอัดแท่ง/ก้อนชีวมวลมีค่าใช้จ่ายสูงมาก

ในประเทศศรีลังกา ไม่มีการวิจัยการอัดแท่ง/ก้อนชีวมวล เพราะยังไม่มีเทคโนโลยีที่เพียงพอแต่ความหวังที่ชีวมวลอัดแท่ง/ก้อนจะมาแทนที่ไม้ยังเป็นไปได้ยาก เพราะเชื้อเพลิงจากไม้ ยังได้รับความนิยมเชื่อถือเป็นอย่างมาก อุตสาหกรรมผลิตชาเป็นผู้ใช้เชื้อเพลิงจากไม้มากที่สุดซึ่งได้ไม่มาจากสวนชาหรือป่าไม้ที่อยู่ใกล้เคียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในประเทศเวียดนาม ประชาชนได้มีส่วนร่วมเกี่ยวกับชีวมวลอัดแห้ง/ก้อน แต่ยังมีการใช้จำกัด ชีวมวลอัดแห้ง/ก้อนถูกใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการให้ความร้อน/ทำอาหารเท่านั้น จึงจำกัดอยู่แค่ในครัวเรือน พลังงานชีวมวลเป็นพลังงานส่วนใหญ่ในพลังงานสำรองทั้งหมดของประเทศงานวิจัยและพัฒนาควรกระทำเพื่อให้เทคโนโลยีการอัดแห้ง/ก้อนชีวมวลสามารถทำกำไรได้ในทางการค้าและเป็นที่ยอมรับของสังคม

ในประเทศพม่า มีความพยายามที่จะลดการผลิตถ่านหินและเชื้อเพลิงจากไม้ รัฐบาลได้สนับสนุนองค์กรต่างๆ ให้มีการประชาสัมพันธ์การอัดแห้ง/ก้อนชีวมวล ผู้ประกอบการมีความสนใจในการอัดแห้งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและ करनाไปใช้

สำหรับในประเทศไทยสามารถพบโรงงานอัดแห้ง/ก้อนชีวมวล ทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ได้โดยทั่วไป ความสามารถของโรงงานในส่วนของการทำกำไรและการบริหารจัดการเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดแรงจูงใจ มีความสำเร็จทางการค้าในการผลิตแกลบอัดแห้ง ในหลายประเทศเทคโนโลยีที่จำกัดเป็นสาเหตุหลักกว่าทำไมการอัดแห้ง/ก้อนชีวมวลจึงไม่เป็นที่นิยม ในประเทศเนปาล เครื่องอัดแห้ง/ก้อนชีวมวลแบบกำลังการผลิตน้อยกำลังดำเนินการอยู่ ซึ่งจะปูทางไปสู่การผลิตในปริมาณมากจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีมากของประเทศในอนาคค ในประเทศบังคลาเทศและปากีสถานแม้ว่ามีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในปริมาณมาก แต่ไม่ถูกนำมาใช้ในการอัดแห้ง/ก้อน

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นอินเดียเป็นประเทศเดียวที่อุตสาหกรรมการอัดแห้ง/ก้อนชีวมวลเติบโตขึ้นเรื่อยๆ แม้ว่าจะมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นบ้าง ผลจากความสำเร็จงานวิจัยและการประชาสัมพันธ์ของ IREDA ทำให้ผู้ประกอบการมีความมั่นใจในการลงทุนในการอัดแห้ง/ก้อนชีว-มวล ผู้ประกอบการเหล่านี้มีความพยายามที่จะพัฒนาทั้งเทคโนโลยีและกระบวนการผลิต

ทั้งหน่วยงานในประเทศและหน่วยงานระหว่างประเทศได้ตั้งกองทุนวิจัยเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการอัดแห้ง/ก้อนชีวมวลที่มีอยู่ในปัจจุบัน ในอินเดียไม่นานมานี้ สถาบันเทคโนโลยี แห่งอินเดีย (มีชื่อว่า Delhi) ได้ร่วมกับมหาวิทยาลัย TWENTE ประเทศเนเธอร์แลนด์ทำการวิจัยเกี่ยวกับการประยุกต์เครื่องอัดแบบสกรูของยุโรปมาใช้กับชีวมวลของอินเดีย อุปสรรคสำคัญสองอย่างสำหรับเครื่องอัดแบบสกรูได้แก่ การเสียดสีที่มีมากของสกรู และการใช้พลังงานไฟฟ้ามาก ถูกเอาชนะได้โดยการให้ความร้อนก่อนทำการอัด ในปัจจุบันความสำเร็จของเทคโนโลยีการอัดแห้ง/ก้อนชีวมวลและปริมาณผู้ประกอบการที่เพิ่มขึ้น เป็นหลักฐานว่ายังมีความหวังที่จะเห็นผู้ประกอบการและผู้ใช้ชีวมวลใหม่ๆ อยู่เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ความหมายของชีวมวลและการนำไปใช้ประโยชน์ (ที่มา : www.dedp.go.th/renew/bio_p.htm)

ชีวมวล คือสารทุกรูปแบบที่ได้จากสิ่งมีชีวิต (นอกจากที่ได้กลายเป็นเชื้อเพลิงประเภทฟอสซิลไปแล้ว) ซึ่งรวมถึงการผลิตจากการเกษตรและป่าไม้ ของเสียจากสัตว์ เช่น มูลสัตว์ ของเสียจากโรงงานแปรรูปทางการเกษตร ขยะ และน้ำเสียจากชุมชน

ประเภทชีวมวลที่มีอยู่มากที่สุดในประเทศไทยคือ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งมีอยู่ประมาณ 63 ล้านตัน โดยถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงและใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นๆ ประมาณ 16 ล้านตัน ปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ส่วนที่ยังไม่ได้ใช้เท่ากับ 42 ล้านตัน เทียบเท่ากับพลังงาน 604.82 เพตาจูล (6.04×10^{17} จูล) ในขณะที่ขยะซึ่งเป็นชีวมวลที่ให้พลังงานรวมเป็นอันดับสอง ให้พลังงานเพียง 23.09 เพตาจูล วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่สำคัญได้แก่

2.2.1 แกลบ (ชัชชนก, พิมพิสิรินทร์ และองทิพย์ 2545)

2.2.1.1 ลักษณะทางกายภาพของแกลบ

แกลบเป็นส่วนเปลือกของเมล็ดข้าวที่ได้หลังจากการสีข้าวจัดเป็นของเหลือทิ้งทางการเกษตร แกลบส่วนใหญ่มีสีน้ำตาลอ่อนลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกหัวท้ายปัดเป็นรูปทรงรี ที่มีแกนตามยาวเป็นแนวสมมาตร มีความยาวอยู่ในช่วง 6-10 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง ประมาณ 2-2.5 มิลลิเมตร ความหนาของผนังเซลล์ประมาณ 0.1 มิลลิเมตร และมีความหนาแน่น (bulk density) โดยประมาณ 0.148 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เนื่องจากที่ผิวด้านนอกของแกลบ มีซิลิกาผสมอยู่เป็นปริมาณสูงทำให้แกลบมีคุณสมบัติแตกหักง่าย ซิลิกาในแกลบเมื่อเทียบ ความแข็งตามโมห์สเกล (Mohs Scale) มีความแข็งเท่ากับ 5.5 ถึง 6.5 แกลบให้ค่าความร้อนประมาณ 14.3 เมกะจูล/กิโลกรัม (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2544)

2.2.1.2 สัณฐานวิทยาของแกลบ

ผิวนอกของแกลบมีลักษณะเป็นเซลล์ที่เป็นรูปเหลี่ยม ซึ่งมีความเข้มข้นของซิลิกาสูง ถูกปิดทับด้วยคิวติเคิล (cuticle) หนาและมีขนสั้นๆ อยู่บนผิว ภายในประกอบด้วยเส้นใยและเซลล์ที่ประกอบด้วยเส้นใยต่างๆ ชั้นกลางมีปริมาณซิลิกาอยู่ต่ำกว่าชั้นนอก โดยทั่วไปอาจสรุป โครงสร้างเนื้อเยื่อของแกลบได้ดังนี้

- ผนังเซลล์ด้านนอกประกอบด้วยเซลล์ลักษณะเป็นปุ่มที่มี ปริมาณซิลิกาอยู่สูง
- สเคอเรนโคมา (Sclerenchyma) ประกอบด้วยเส้นใยต่างๆ อันประกอบด้วย ลิกนิน และซิลิกา
- พARENโคมา (Parenchyma) เป็นเซลล์ลักษณะคล้ายฟองน้ำมีรูพรุนและมีรูปร่างแตกต่างกัน
- ผนังชั้นในประกอบด้วยเส้นใยที่มีจุดศูนย์กลางร่วมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาด้านการเกษตร ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.3 องค์ประกอบของแกลบ

องค์ประกอบของแกลบจะแตกต่างกันไปตามแหล่งเพาะปลูก ส่วนมากประกอบด้วยสารอินทรีย์ ซิลิกา และสิ่งปนเปื้อน (impurities) องค์ประกอบหลักๆแสดงไว้ในตารางที่ 2.1 เมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ในแกลบพบว่าประกอบไปด้วย คาร์บอน 51.2 เปอร์เซ็นต์ ไฮโดรเจน 6.9 เปอร์เซ็นต์ และออกซิเจน 41.9 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก สารอินทรีย์นี้ประกอบด้วยพวกเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ซึ่งโครงสร้างส่วนใหญ่ประกอบด้วยน้ำตาล และพอลิเมอร์ของน้ำตาลดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.2

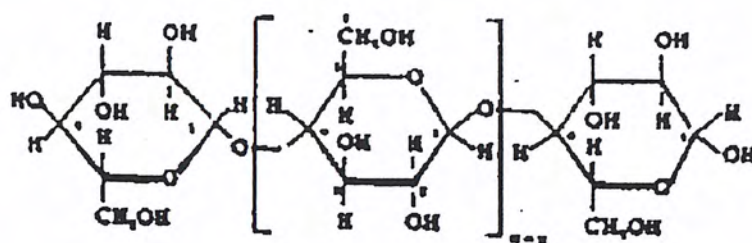
ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ในแกลบ

องค์ประกอบ	น้ำหนัก(%)
เถ้า	13-29
เซลลูโลส	34-44
ลิกนิน	19-47
น้ำตาล*	17-26

*D-xylose, L-arabinose, Methylglyconic acid, D-galactose

1. เซลลูโลส

เซลลูโลสเป็นเส้นใยของโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharide) ที่เป็นส่วนประกอบหลัก ในผนังเซลล์พืชและเป็นสารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติมากที่สุด เซลลูโลสเป็นโพลีแซคคาไรด์สายตรงที่ประกอบด้วยหน่วยแอนไฮโดรเซลลูโลสเชื่อมต่อกันด้วย 1-4 กลูโคสิดิก โครงสร้างของเซลลูโลสส่วนใหญ่จะเป็นรูปผลึกที่มีระเบียบประกอบด้วยหมู่ฟังก์ชันต่างๆ ที่มีผลต่อคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ ซึ่งโครงสร้างของเซลลูโลสแสดง ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของเซลลูโลส

ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบพวกแซคาไรด์ และลิกนิน

Component	Chemical Formula	Molar mass
Monosaccharides		
Xylose*	$C_5H_{10}O_5$	150
D-glucose ⁺	$C_6H_{12}O_6$	180
Mannose*	$C_6H_{12}O_6$	180
Disaccharides		
Sucrose(cane/beer Sugar)	$C_{12}H_{22}O_{11}$	342
Maltose(malt Sugar)	$C_{12}H_{22}O_{11}$	342
Monomer building block		Molar mass
Polysaccharide		
Cellulose ($-C_6H_{10}O_5-$)	D-glucose	>100000
Starch ($-C_6H_{10}O_5-$)	D-glucose	35000-39000
Hemicellulose	Various sugar	10000-35000
Lignin	Hydroxyphenyl-propane [#] ($C_3H_7C_6H_4OH$)	5000-10000

* Xylose and mannose are the principle sugar constituent of hemicellulose

+ Also called dextrose

A compound related to phenol, C_6H_5OH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เฮมิเซลลูโลส

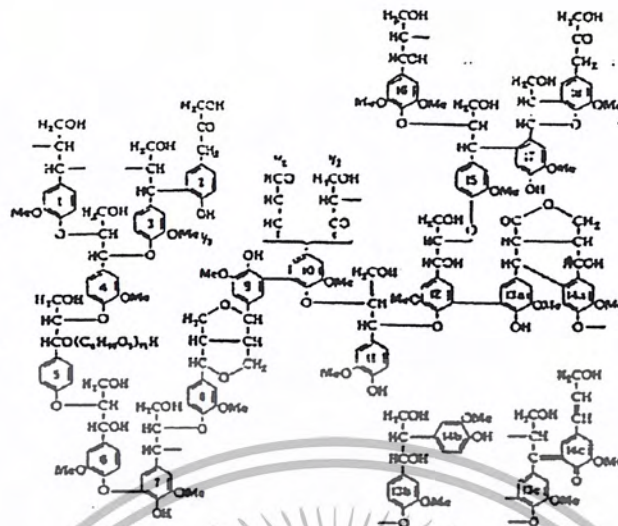
เฮมิเซลลูโลส เป็นโพลีแซคคาไรด์ที่เกิดขึ้นร่วมกับพวกเซลลูโลสแต่จะอยู่ในรูปอสัณฐานที่มีลักษณะการจัดเรียงตัวของอะตอมทางเคมีต่างกับพวกเซลลูโลสและมีมวลต่ำกว่ามาก ดังแสดงในตารางที่ 2.1 เซลลูโลสมักจะประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวต่างๆหลายชนิดหลายๆตัวมาต่อกันเป็นกลุ่ม ดังรูปที่ 2.5 ซึ่งจะเห็นได้ว่าโครงสร้างส่วนใหญ่จะคล้ายกับพวกเซลลูโลสยกเว้นพวกโพลีเมอร์ของเฮมิเซลลูโลสมักจะประกอบด้วยหน่วยย่อย 50-200 หน่วย และต่อกันแบบกิ่งก้านสาขามากกว่าแบบเส้นตรง



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของน้ำตาลต่างๆที่ประกอบเป็นเฮมิเซลลูโลส

3. ลิกนิน

ลิกนินเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งของพืชประกอบด้วยโครงสร้างอะโรมาติกของหน่วยฟีนิลโพรเพนที่เชื่อมต่อกันด้วยคาร์บอนสายตรง (aliphatic chain) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.6 ซึ่งจะเห็นได้ว่าลิกนินมีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่จะเป็นผนังเซลล์ของ พืชที่จะช่วยทำตัวเสมือนการยึดและเพิ่มความแข็งแรงของเซลล์พืช นอกจากนี้ลิกนินยังอยู่ใน รูปอสัณฐานเช่นเดียวกับพวกเฮมิเซลลูโลส



รูปที่ 2.6 โครงสร้างของลิกนิน

4. สารอินทรีย์

องค์ประกอบของสารอินทรีย์ส่วนใหญ่หมายถึงเถ้า แกลบมีปริมาณเถ้าแตกต่างกันไปตามแหล่งเพาะปลูก โดยมีสัดส่วนของซิลิกาอยู่ในช่วงระหว่าง 87-97 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 2.3 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบปริมาณเถ้าและปริมาณซิลิกาในแกลบกับส่วนอื่นๆ ของต้นข้าว และพืชใบเลี้ยงเดี่ยวอื่นๆ พบว่า แกลบมีปริมาณเถ้าและซิลิกาสูงกว่าพืชชนิดอื่นๆ ดังนั้นด้วยสาเหตุนี้เองจึงอาจเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้ถ่านแกลบมีลักษณะคงตัว

ตารางที่ 2.3 ปริมาณแฉะและชิลิกาในส่วนต่างๆของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว

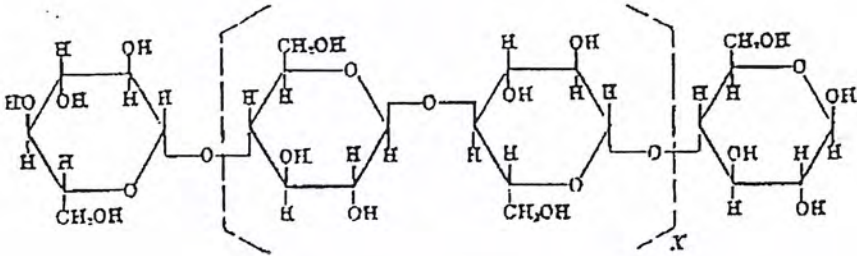
พืช	ส่วนต่างๆ	ปริมาณแฉะ (ก./กก.*)	ชิลิกาในแฉะ (%โดยน้ำหนัก)	ปริมาณชิลิกา (ก./กก. **)
ข้าว	เปลือก	200	96	192
	ฟางข้าว	150	82	123
ข้าวสาลี	เปลือก	100	69	69
	ใบ	110	91	100
ข้าวโพด	ใบ	120	54	77
ข้าวบาร์เลย์	ฟางข้าว	6	54	3
ข้าวโอ๊ต	ฟางข้าว	70	47	33
ไม้ไผ่	ตาไม้ไผ่	20	57	11

* referred to dry biomass

** inner part

2.2.2 ชานอ้อย (ชดชนก, พิมพ์สิรินทร์ และอาทิตย์ 2545)

ชานอ้อยเป็นเส้นใยธรรมชาติที่ได้จากเกษตรกรรมโดยการบดคั้นอ้อยในลูกกลิ้งเพื่อให้ได้น้ำตาล ชานอ้อยมีหลายสี แต่โดยทั่วไปจะเป็นสีเหลืองเทาหมองๆจนถึงสีเหลืองซีด ซึ่งจัดเป็นสารประกอบประเภทลิกโนเซลลูโลส (สารที่ประกอบด้วนลิกนิน และเซลลูโลส) ดังแสดงในรูปที่ 2.7 นอกจากนี้ชานอ้อย มีลักษณะเป็นต้นเกาะกะไม่เป็นระเบียบ และมีมากมายหลายชนิดขึ้นกับการบด ส่วนประกอบทั่วไป โดยประมาณคือ ความชื้น 49 เปอร์เซ็นต์ ของแห้งที่ละลายได้ 6 เปอร์เซ็นต์ และของแห้งที่ละลาย ไม่ได้หรือเส้นใยที่ไม่ผ่านกระบวนการ 45 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 2.7 โครงสร้างเซลล์ูโลสในชานอ้อย

2.2.2.1 สมบัติทางกายภาพ

ชานอ้อยประกอบด้วยสองส่วนอย่างเห็นได้ชัดคือ ส่วนแรกเป็นชั้นผนังหนาและจะค่อนข้างยาว ซึ่งเป็นส่วนของเส้นใยที่ได้จากเปลือกนอกและมักของท่อลำเลียงที่กระจายอยู่ภายในลำต้น ส่วนที่สองเป็นส่วนที่มีความสำคัญที่ได้จากเซลล์ที่มีผนังบางของพarenไคมา (Parenchyma) ของลำต้นซึ่งทำหน้าที่เก็บสะสมน้ำตาลอ้อยส่วนประกอบทั้งหมดของชานอ้อยในส่วนของเส้นใย และแกนกลางแสดงดังตารางที่ 2.4 และจะเห็นได้ว่าในชานอ้อยแต่ละส่วนจะมีปริมาณซิลิกาอยู่ น้อยมากเมื่อเทียบกับแกลบซึ่งมีปริมาณซิลิกาสูงถึง 96 เปอร์เซ็นต์เส้นใยอ้อยมีลักษณะคล้ายกับ เส้นใยของฝ้ายและขนสัตว์ คือ มีลักษณะโครงสร้างขดเป็นวง มีความยาวโดยเฉลี่ยประมาณ 1.0 – 4.0 มิลลิเมตร และกว้าง 0.01 – 0.04 มิลลิเมตร ลักษณะของเส้นใยนั้นขึ้นกับชนิดของชานอ้อยชานอ้อยให้ค่าความร้อนประมาณ 14.4 เมกะจูล/กิโลกรัม (Black and Veatch, 1999)

2.2.2.2 การนำมาใช้

ชานอ้อยเป็นวัสดุที่สามารถถูกย่อยสลายได้ง่าย ดังนั้นจึงมีการใช้เทคนิคพิเศษในการพัฒนาเก็บรักษาชานอ้อย วิธีที่ใช้กันโดยทั่วไปคือการไล่ความชื้นออกไปประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของความชื้นที่มีอยู่ และเก็บไว้ในที่กลางแจ้งที่อากาศถ่ายเทสะดวก ในด้านการเกษตรชานอ้อยถูกใช้เป็นปุ๋ยคลุมดิน แต่อย่างไรก็ตามยังคงเหลือปริมาณชานอ้อยอยู่มาก จึงได้มีการพัฒนาชานอ้อยเพื่อใช้ในลักษณะอื่น เช่น ใช้ผลิตกระดาษ เป็นต้น

ตารางที่ 2.4 แสดงการวิเคราะห์ทางเคมีของชานอ้อย (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เมื่อปราศจากความชื้น)

องค์ประกอบ	ชานอ้อยทั้งหมด		เส้นใย	แกนกลาง
	(a)	(b)		
เซลลูโลส	40.00	46.00	56.60	55.40
ยางไม้ (araban,galactan,xylan)	24.40	24.50	26.11	29.30
โปรตีน	1.80			
น้ำตาล				
ซูโครส	14.00			
กลูโคส	1.40			
กรด	0.40			
น้ำมันและไขมัน	0.60	3.45	2.25	3.55
เถ้า	2.40	2.40	1.30	3.02
ลิกนิน	15.00	19.95	19.15	22.30
ซิลิกา		2.00	0.46	2.42

2.2.3 กะลามะพร้าว

กะลามะพร้าว ได้จากการนำมะพร้าวมาปอกเปลือกออกเพื่อนำเนื้อมะพร้าวไปผลิตกะทิ และน้ำมันมะพร้าว กะลามะพร้าวแห้งประกอบด้วยลิกนิน 36% เซลลูโลส 53% เถ้า 0:6% (Ohler, 1984) กะลามะพร้าว เป็นเชื้อเพลิงหุงต้มให้ไฟแรง เผาทำถ่านกัมมันต์ ใช้คุกกิ้ง ฟอกสี กรองน้ำ ให้ใส กะลาชีกบนมีรู เรียกว่า “กะลาตัวเมีย” ซีกล่างไม่มีรูเรียกว่า “กะลาตัวผู้” กะลาตัวผู้ใช้ตัก น้ำแทนขัน กะลาตัวเมีย ใช้หลอดไม้ไผ่ต่อออกจากรู ทำเป็นกรวยกรองน้ำปลา นอกจากนี้ ยังนำกะลามะพร้าว แก่มาขัดทำของชำร่วย เช่น พวงกุญแจ

กะลามะพร้าวให้ค่าความร้อนสูงถึง 20 เมกะจูล/กิโลกรัม (Majid, 2003) จึงมีผู้นำไปเผาเป็นถ่าน แล้วอัดแท่ง ได้เป็นถ่านที่ให้ค่าความร้อนสูงกว่าถ่านไม้ เผาไหม้ได้นาน ขี้เถ้าน้อยและไม่มีเขม่า



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างของถั่วดำต้ม

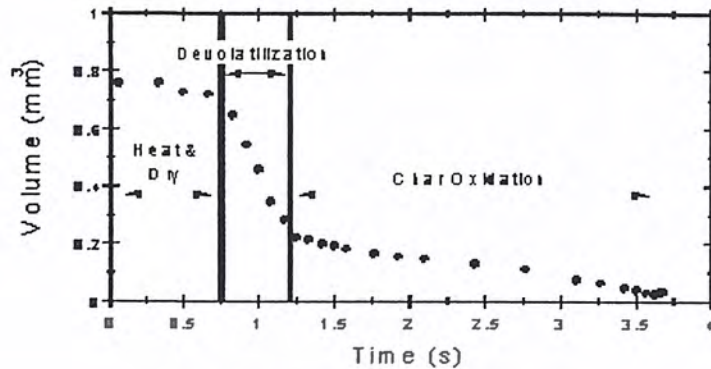
(ที่มา : http://my.netian.com/~gnecolid/product_informations.html.)2.2.4 ฟางข้าว (ที่มา : www.syix.com/trb/94rpt/RiceStraw.htm.)

ฟางข้าวไม่ค่อยมีความสำคัญในฐานะที่ใช้เป็นพลังงานนัก เพราะมีค่าความร้อนเพียง 10.2 เมกะจูล/กิโลกรัม (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2535) ประกอบด้วยเส้นใยเซลลูโลสประมาณ 56.3% ถึง 68.9% เถ้าประมาณ 13.4% ถึง 20.4% ดิกนินประมาณ 3% ถึง 4.4% ซิลิกาประมาณ 8.8% ถึง 13.3% ไนโตรเจนประมาณ 0.19% ถึง 0.86% ไขมันประมาณ 0.80% ถึง 1.13%

ฟางข้าวสามารถนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ได้ แต่ฟางข้าวมีคุณภาพต่ำ เยื่อใยสูง มีอัตราคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูง จึงตกค้างอยู่ในกระเพาะหมักนาน สัตว์จึงได้รับโภชนาการไม่เพียงพอ ถ้าให้กินฟางอย่างเดียวน้ำหนักจะลด จึงไม่เหมาะจะใช้ฟางข้าวเลี้ยงสัตว์ที่ให้ผลผลิตสูง โดยไม่ปรับปรุงคุณภาพของฟางก่อน สามารถใช้เพาะเห็ดฟาง โถกสับลงดินเพื่อเพิ่มอินทรีย์วัตถุ เป็นวัสดุทำหมอนสามเหลี่ยม และสี่เหลี่ยม นำมาหมักเป็นอาหารปลวก ใช้ทำแผ่นไม้อัด ทำปุ๋ยได้

2.3 การเผาไหม้ชีวมวล (ที่มา : www.ieabcc.nl/overview/basicprinciples.html.)

ชีวมวลสามารถถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงาน(ความร้อนหรือไฟฟ้า) หรือสารอื่นที่ให้พลังงาน (ถ่าน, น้ำมันหรือแก๊ส) โดยการใช้ทั้งเทคโนโลยีเคมีความร้อนและชีวเคมี การเผาไหม้ เป็นวิธีที่ถูกพัฒนามากที่สุด และเป็นกระบวนการที่ ถูกประยุกต์ใช้บ่อยที่สุดเพราะมีราคาถูก และไวใจได้อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีการเผาไหม้ควรมีการพัฒนาต่อไปเพื่อให้สามารถแข่งขันกับทางเลือกอื่นๆ



รูปที่ 2.9 แสดงขั้นตอนของการเผาไหม้

ในขั้นแรกของการเผาไหม้ ชีวมวลจะสูญเสียความชื้นที่อุณหภูมิสูงกว่า 100°C โดยได้รับความร้อนจากการเผาไหม้ของอนุภาคต่างๆ (Heat & Dry) เมื่ออนุภาคแห้งได้รับความร้อนมากขึ้น สารระเหยที่ประกอบด้วยไฮโดรคาร์บอน, มีเทน, คาร์บอนมอนอกไซด์และแก๊สอื่นๆ ถูกปลดปล่อยออกมา (Devolatilization) และถูกเผาไหม้ แก๊สเหล่านี้ให้ค่าความร้อนประมาณ 70% ของค่าความร้อนชีวมวล เมื่อความร้อนสูงมากขึ้นถึงระดับหนึ่ง จะเกิดการเผาไหม้ของไฮโดรคาร์บอนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงมาก (Char Oxidation) ที่เรียกว่าคาร์บอนคงที่หรือถ่าน ส่วนที่ไม่อาจเผาไหม้ได้หรือเผาไหม้ไม่สมบูรณ์จะหลงเหลือเป็นถ่าน

2.4 ถ่านหินลิกไนท์

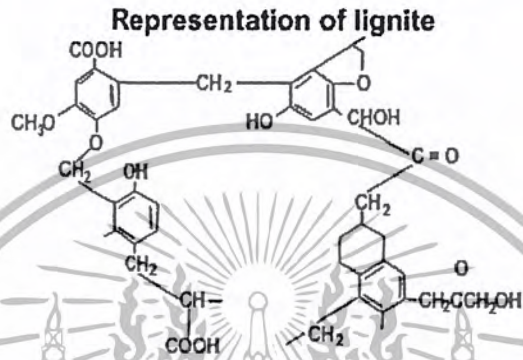
2.4.1 การจำแนกชนิดถ่านหินลิกไนท์

หากจำแนกชนิดของถ่านหินตามมาตรฐานของอเมริกา (ASTM, 1977) ถ่านหินลิกไนท์เป็นถ่านหินที่มีธาตุคาร์บอนคงที่เมื่อหักความชื้นและค่าแรงแอนิทธิย์ออกแล้วต่ำกว่า 69% มีค่าสารระเหย เมื่อหักความชื้นและแรงแอนิทธิย์ออกแล้วเกินกว่า 31% มีค่าความร้อนไม่เกิน 8,300 บีทียู/ปอนด์ (เท่ากับ 19.3 เมกะจูล/กิโลกรัม) ทั้งไว้ในอากาศจะสุกเป็นชั้นลึกขึ้นน้อยและเมื่อเผาจะไม่จับตัวเป็นก้อนลิกไนท์แบ่งเป็น 2 กลุ่มตามค่าความร้อนดังนี้

2.4.1.1 ลิกไนท์เอ (Lignite A) เป็นกลุ่มที่มีค่าความร้อนอยู่ในช่วง 6,300-8300 บีทียู/ปอนด์ (14.7-19.3 เมกะจูล/กิโลกรัม)

2.4.1.1 ลิกไนท์บี (Lignite B) เป็นกลุ่มที่มีค่าความร้อนต่ำกว่า 6,300 บีทียู/ปอนด์ (ต่ำกว่า 14.7 เมกะจูล/กิโลกรัม)

โครงสร้างของถ่านหินลิกไนท์ประกอบด้วยคาร์บอนในรูปอะโรมาติกเป็นองค์ประกอบประมาณ 30-50% โครงสร้างส่วนใหญ่เป็นระบบวงแหวนขนาดเล็กและวงแหวนเดี่ยวขนาดใหญ่ดังแสดงในรูปที่ 2.10 ประกอบด้วยหมู่ฟังก์ชันที่มีออกซิเจน(-COOH, -OH, -OCH₃) พันระเชื่อมไฮระหว่างวงแหวนส่วนใหญ่เป็นพันธะไฮโดรเจน อาจมีพันธะเกลือเกิดขึ้นเช่น COO-Ca-OOC



รูปที่ 2.10 ตัวอย่างโครงสร้างของลิกไนท์

(ที่มา : www.powerworks.com.au/VisitorsCentre/Resource/reference/seniorstructure.asp.)

2.4.2 การทำเหมืองลิกไนท์ในประเทศไทย (ที่มา: www.icemap.org/rs-en-c10.htm)

การทำเหมืองแม่เมาะ ซึ่งเป็นเหมืองลิกไนท์ที่ใหญ่ที่สุดในไทย สามารถผลิตลิกไนท์ได้ 50,000 ตันต่อวัน และเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าในปริมาณ 2,625 MW การทำเหมืองเป็นแบบเหมืองเปิด ซึ่งการทำเหมืองเปิดนั้นมีข้อดีตรงที่ ไม่ต้องใช้เครื่องจักรหนักที่สุดและไม่ต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูง บริเวณที่มีแร่ลิกไนท์สะสมอยู่กินพื้นที่กว้าง 8.8 กิโลเมตร ยาว 18.3 กิโลเมตร

ชั้นแร่ลิกไนท์อยู่ลึกลงไปได้ดิน มีชั้นดินและหินปกคลุมอยู่ด้านบน การทำเหมืองเริ่มต้นจากการใช้เครื่องมือขนาดเล็กขุดเอาชั้นดินออก แล้วขนส่งไปยังบริเวณกองทิ้งที่กำหนด ต่อมาใช้เครื่องขุดตัก (Bucket Wheel Excavator) จัดการกับชั้นหินบนที่อ่อนกว่าและไม่มีถ่านหินลิกไนท์อยู่เลย ตามมาด้วยการใช้รถขุดเจาะ ซึ่งชั้นหินล่างจะถูกเจาะและถูกขนออกไปโดยรถ แทรกเตอร์หรือเครื่องตักแบบเชือกหรือเครื่องจักรที่ใช้ไฟฟ้าหรือใช้รถบรรทุกขนาด 77 ตัน สิ่งที่ได้จากเครื่องขุดตักจะถูกลำเลียงออกจากเหมืองด้วยสายพานลำเลียง ซึ่งแต่ละระบบลำเลียงจะมีให้ สำหรับแต่ละเครื่องขุดตัก จะลำเลียงกระจายไปสู่บริเวณกองทิ้งต่างๆ ในขณะที่ชั้นหินล่างที่ขุด มาได้จะถูกส่งเข้าเครื่องบด หินที่ถูกบดจะถูกลำเลียงออกจากบ่อเหมืองโดยสายพานลำเลียงส่งกระจายไปที่ทิ้งในที่ต่างๆเช่นเดียวกับในกรณีของเครื่องขุดตัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อขุดจนถึงถึงผิวชั้นถ่านหินลิกไนท์ ชั้นถ่านหินลิกไนท์จะถูกเจาะ ระเบิดแล้วใช้เครื่อง ตักแบบเข็กรหรือเครื่องขุดพลังงานดีเซลขนาดใหญ่ขุดใส่รถบรรทุกแร่ ลิกไนท์จะถูกบรรทุกไป เข้าเครื่องบดในบ่อเหมืองนั้น ลิกไนท์ที่ถูกบดจะถูกลำเลียงด้วยสายพาน ไปยังโรงเก็บหนึ่งในสอง แห่ง มีการติดตั้งระบบลำเลียง 5 ระบบ ระบบแรกสำหรับโรงไฟฟ้าหน่วยที่ 1 ถึง 3 อีก 4 ระบบ สำหรับหน่วยที่ 4 ถึง 13

2.5 การเผาไหม้ถ่านหินลิกไนท์ (KIM; et. al., 2002)

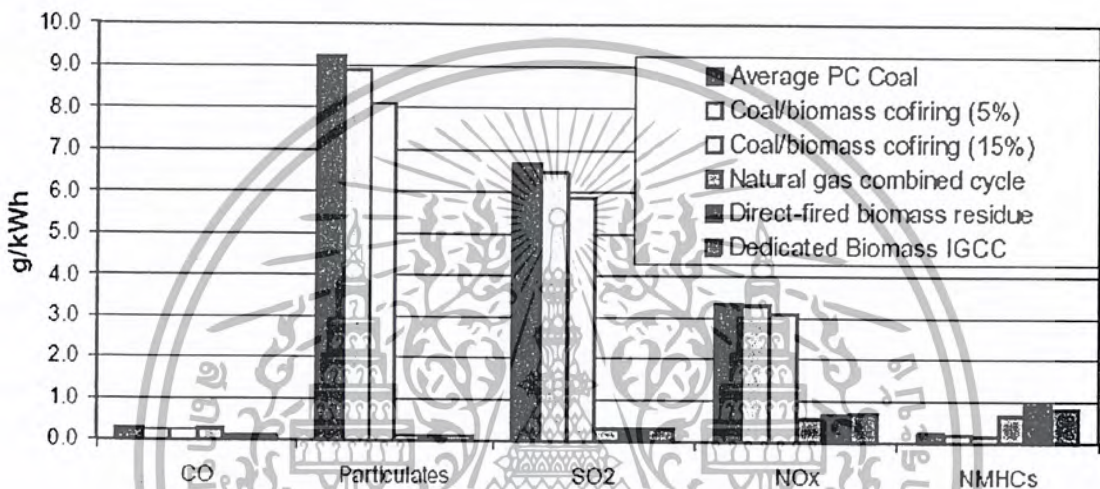
การเผาไหม้ถ่านหินมีขั้นตอนคล้ายกับการเผาไหม้ชีวมวล แต่ถ่านหินมีความชื้นและ สาร ระเหยน้อยกว่าช่วงเวลาการระเหยน้ำจนหมดและการเผาไหม้สารระเหยจึงสั้นกว่า ถ่านหินมีช่วง เวลาการเผาไหม้คาร์บอนคงที่นานที่สุด เพราะมีปริมาณคาร์บอนคงที่เป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่ง คาร์บอนคงที่มีอัตราการผลิตเผาไหม้ช้ากว่าสารระเหยซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักในชีวมวล ถ่านหินจึง คิดไฟ ได้ยากและเผาไหม้ได้นานกว่าชีวมวล

ปริมาณและชนิดของมลสารที่ปล่อยออกจากการเผาไหม้ ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบที่ก่อ ให้ เกิดมลสารในเชื้อเพลิง เช่น ซัลเฟอร์ ไนโตรเจน คลอรีน ซัลเฟอร์ในถ่านหินส่วนใหญ่จะอยู่ ใน รูปพันธะอินทรีย์ แต่ก็มีส่วนที่อยู่ในรูปไพไรท์ (Fe_2S) ถ่านหินลิกไนท์ส่วนใหญ่มีปริมาณ ซัล เฟอร์สูงซัลเฟอร์ ในระหว่างการเผาไหม้ แก๊สออกซิเจนจะ oxidize ซัลเฟอร์ไปเป็นก๊าซซัลเฟอร์ได ออกไซด์ที่มีอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ชีวมวลไม่มีปัญหาเกี่ยวกับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่ปล่อย ออกมาจากการเผาไหม้ เพราะมีปริมาณซัลเฟอร์ต่ำมาก ระหว่างการเผาไหม้ ไนโตรเจน ในเชื้อเพลิง จะถูก oxidize ไปเป็นไนโตรเจนออกไซด์ซึ่งเป็นสารพิษอีกตัวหนึ่ง

2.6 การเผาไหม้ชีวมวลร่วมกับถ่านหิน (ที่มา: www.ieabcc.nl/overview/cocombustion.html)

ส่วนประกอบของชีวมวลมีค่าไม่แน่นอนไปตามชนิดของชีวมวล ไม่เหมือนกับถ่านหิน ที่มีส่วนประกอบไม่ต่างกันนัก ยกตัวอย่างเช่น ชีวมวลมีเถ้าเป็นส่วนประกอบแปรค่าตั้งแต่ร้อยละ 1% ไปจนถึงมากกว่า 20% และไนโตรเจนมีค่าจาก 0.1% ไปจนถึงมากกว่า 1% ส่วนใหญ่ ชีวมวลมีปริมาณความชื้นมาก มีค่าความร้อน, ปริมาณซัลเฟอร์และความหนาแน่นต่ำ ซึ่งคุณสมบัติ เหล่านี้มีผลต่อค่าความร้อน, ความคงตัวของเถ้าและมลพิษที่ปล่อยออกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ ทำจากชีวมวลผสมถ่านหิน

เนื่องจากชีวมวลมีปริมาณซัลเฟอร์ต่ำมาก เมื่อผสมกับถ่านหินจะทำให้เชื้อเพลิงที่ได้มีปริมาณซัลเฟอร์ต่ำลงไปด้วย เป็นไปตามสัดส่วนของชีวมวลในเชื้อเพลิง ทำให้ได้เชื้อเพลิงที่ปลดปล่อย SO_2 น้อยกว่าถ่านหิน จากรายงานเปรียบเทียบปริมาณซัลเฟอร์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ในโรงไฟฟ้า (Mann, n.d.) พบว่าการเผาไหม้ถ่านหินร่วมกับชีวมวลในสัดส่วนชีวมวล 5% และ 15% ช่วยลดการปลดปล่อย SO_2 ได้บ้างดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แผนภูมิเปรียบเทียบมลพิษที่ปล่อยออกมาจากเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ

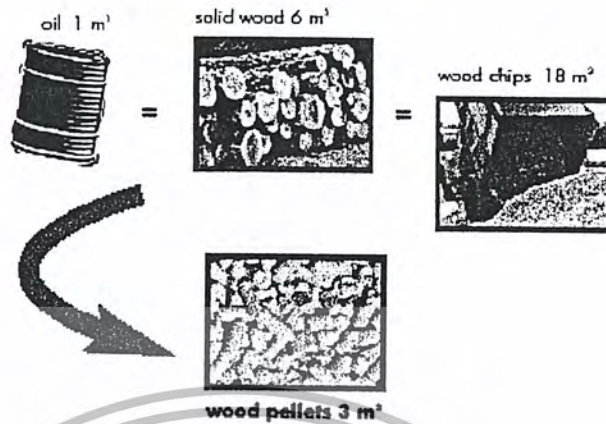
นอกจากนี้จากกราฟจะเห็นได้ว่า ปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจน ออกไซด์ (NO_x) ลดลงด้วยเช่นกัน ผลเช่นนี้ไม่ได้แปลว่าชีวมวลทุกชนิดที่ผสม ถ่านหินช่วยลดการปลดปล่อยไนโตรเจนออกไซด์ เพราะชีวมวลบางชนิดมีไนโตรเจนในปริมาณมากกว่าที่มีในถ่านหิน

2.7 การอัดแท่ง/ก้อนเชื้อเพลิง (ซัคซนค, พิมพ์สิรินทร์ และอาทิตย์ 2545)

2.7.1 สาเหตุที่ต้องอัดแท่ง/ก้อน

ปัญหาสำคัญอย่างหนึ่งของการนำชีวมวลมาใช้เป็นเชื้อเพลิง อยู่สัดส่วนปริมาตรต่อน้ำหนักของชีวมวลที่มีมาก ทำให้เกิดความไม่สะดวกต่อการเคลื่อนย้ายเก็บรักษา และทำให้การขนส่งมีต้นทุนสูงขึ้น

ปัญหาดังกล่าวแก้ไขได้โดยการนำชีวมวลมาอัดเป็นก้อน, แท่งหรือเป็นเม็ด ซึ่งทำให้มีความหนาแน่นมากขึ้น ให้ค่าความร้อนมากกว่าเดิม ขนส่งได้ง่ายและมากขึ้น



รูปที่ 2.12 ภาพเปรียบเทียบปริมาณของเชื้อเพลิงต่างๆที่ให้พลังงานเท่ากัน

จากรูปที่ 2.12 ไม้แอสเม็ค 3 ลบ.ม. ให้พลังงานเทียบเท่าเศษไม้ 18 ลบ.ม. เท่ากับท่อนไม้ 6 ลบ.ม. หรือเท่ากับน้ำมัน 1 ลบ.ม.

2.7.2 ทฤษฎีการอัดก้อน

หลักการอัดก้อน คือ การใช้แรงกดต่ออนุภาคเล็กๆทำให้เกิดการอัดแน่นพอเหมาะที่จะรวมตัวกันเป็นก้อน สรุปหลักการได้ว่า สสารทั้งหมดถูกล้อมรอบด้วยสนามของแรงดึงดูด (attractive force) ความแข็งแรง (strength) เป็นสัดส่วนกับกำลังสองของระยะห่างระหว่างอนุภาค สนามของแรงนี้ล้อมรอบด้วยอะตอม โมเลกุล และสารแขวนลอย เป็นการเชื่อมต่อกัน ที่สำคัญเป็นพิเศษ กับการเชื่อมติดกันแน่นของอนุภาคที่ถูกกดอัดเข้าด้วยกัน ตามหลักการนี้แบบ ของการเชื่อมติดกัน (cohesion) เป็นไปได้ 2 แบบ คือการเชื่อมติดกันจริง (true cohesion) และการเชื่อมติดกันแบบปรากฏ (apparent cohesion)

1. การเชื่อมติดกันจริง (true cohesion) คือการที่อนุภาครวมติดกันด้วย แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล เช่นเอาเกลืออัดก้อน

2. การเชื่อมติดกันแบบปรากฏ (apparent cohesion) เกิดขึ้นเมื่ออนุภาค เปียกถูกกดอัด เข้าด้วยกันเกิดแรงแคปิลลารี (capillary force) เพราะฟิล์มบนอนุภาค จะเกิดการสัมผัสกันจริง ดังนั้น การเชื่อมติดกันแบบปรากฏ จึงใช้ในการอัดก้อน มากกว่าการเชื่อมติดกันจริง ดังนั้นสิ่งที่ควรพิจารณา คือ ความเปียก (wettability) ความใกล้ชิดกันของแรงแคปิลลารีและแรงตึงผิว วัฏภาคของก๊าซ (gas phase) จึงเป็นสิ่งจำเป็น เพราะมีของเหลวมากเกินไป แคปิลลารีจะขยายออกได้วัฏภาค ก๊าซออกไปทำให้แรงประสาน (binding force) ต่ำลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการทำเชื้อเพลิงอัดก้อน ประกอบด้วย การให้แรงดันแก่มวลของอนุภาค โดยอาจมีตัวประสาน หรือไม่มีตัวประสาน เพื่อให้มวลสารรวมตัวกันและเกาะกันได้ดี ซึ่งวิธีการนี้สามารถใช้ได้ทั่วไปไม่เฉพาะกับถ่านหินเท่านั้น แต่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวาง

2.7.3 กระบวนการอัดก้อน

เชื้อเพลิงที่นำมาอัดก้อนโดยทั่วไป ไม่ว่าจะใช้ตัวประสานหรือไม่ใช้ ตัวประสาน จะประกอบด้วย กระบวนการหลักในการอัดเชื้อเพลิงแท่ง ประกอบด้วย การบด การอบ การผสม และการอัดขึ้นรูป อธิบายได้ดังนี้

การบด (Grinding) เพื่อให้เชื้อเพลิงมีขนาดเล็กลง ทำให้การอัดติด เป็นก้อนทำได้ง่ายขึ้น

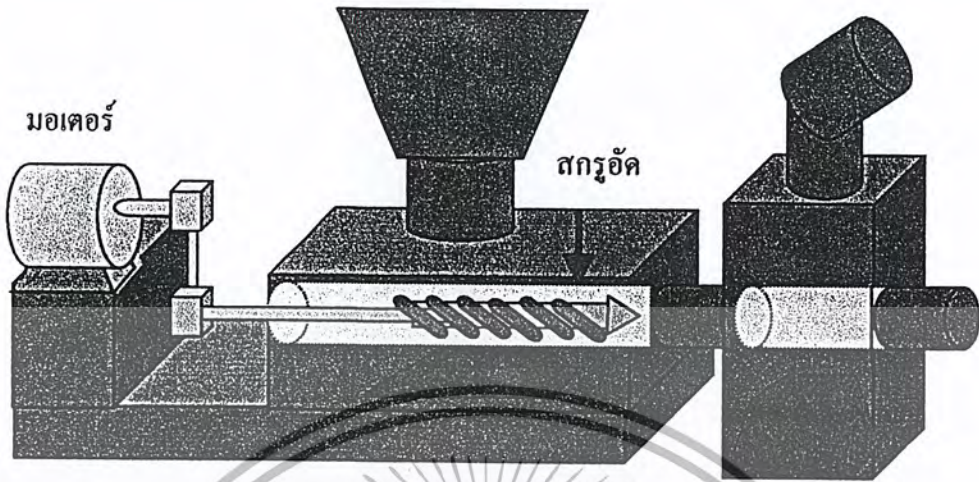
การอบ (Drying) เชื้อเพลิงที่ผ่านการบดแล้วจะถูกอบให้มีความชื้นในเชื้อเพลิงที่พอเหมาะในการอัดก้อน ถ้าความชื้นมากเกินไป ก่อนเชื้อเพลิงจะ แดกเมื่อสูญเสียความชื้น

การผสม (Mixing) เชื้อเพลิงจะผสมกับตัวประสานและสารเคมี ต่างๆ การผสมจะต้องพิจารณาเวลาในการผสม จะต้องมากพอที่จะผสมสารต่างๆ เข้าเป็นเนื้อเดียวกันกับเชื้อเพลิง ในขั้นนี้อาจมีการผสมน้ำด้วยถ้าความชื้นของส่วน ผสมน้อยเกินไป ซึ่งมวลไม่ว่าชนิดใดก็ตาม มีคุณสมบัติเป็นตัวประสาน โดยเฉพาะชานอ้อยที่มีคุณสมบัติเป็นตัวประสานได้ดี

การอัดขึ้นรูป (Pressing) ส่วนผสมจะถูกใส่เข้าไปในเครื่องอัด แรงในการอัดไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับชนิดและขบวนการในการอัด คุณภาพของ เชื้อเพลิงที่ได้ขึ้นกับแรงอัดและ ระยะเวลาที่อัดด้วย

การอัดก้อนเชื้อเพลิงสามารถทำ 2 แบบใหญ่ๆ คือ แบบใช้ความร้อน และแบบที่ไม่ใช้ความร้อน

1. การอัดก้อนแบบใช้ความร้อน เช่น การอัดก้อนแบบใช้เครื่องอัดแบบสกรู เป็นคั้น ซึ่งหลักการทำงานของเครื่องอัดแบบสกรู คือ บรรจุวัสดุที่ต้องการอัดลงในถัง (hopper) ที่มีช่อง ทางออกสู่กระบอกอัด (extrusion cylinder) ภายในกระบอกอัดมีสกรูอัดชนิดเกลียวตัวหนอนหมุน การขับเคลื่อนของสกรูอาศัยแรงขับเคลื่อนจากมอเตอร์ ผ่านสายพานและเฟืองทด วัสดุจะไหลเข้าสู่ กระบอกอัดเมื่อสกรูหมุน และวัสดุจะถูกสกรูอัดติดกับผนังกระบอกอัดด้วยแรงดันสูง ในขณะที่ วัสดุอัดแท่งเคลื่อนผ่านกระบอกอัด วัสดุจะได้รับความร้อนจากเครื่องทำความร้อนที่ติดตั้งอยู่ที่ ปลายกระบอกอัด แท่งวัสดุจะเคลื่อนตัวอย่างช้าๆออกจากปลายกระบอกอัดและจะหักเมื่อสัมผัส กับเหล็กฉาก อธิบายได้ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 ภาพตัวอย่างเครื่องอัดแบบสกรู

2. การอัดก้อนแบบไม่ใช้ความร้อน เช่น การอัดก้อนโดยใช้เครื่องอัดแบบไฮดรอลิก (hydraulic press) เป็นต้น ซึ่งหลักการทำงานของเครื่องอัดแบบไฮดรอลิก คือ ใช้เชื้อเพลิงที่ต้องการลงในแบบอัด จากนั้นบังคับวาล์ว บังคับทางเดินน้ำมันให้แกนไฮดรอลิกกดวัสดุลงในแบบอัด ซึ่งแรงในการอัดสามารถบังคับได้โดยมีวาล์วปรับความดัน

ซึ่งการอัดแบบไม่ใช้ความร้อนนี้จำเป็นต้องเติมตัวประสานเข้าช่วยในการอัดก้อน ส่วนการอัดแบบใช้ความร้อน การอัดแบบนี้จำเป็นต้องใช้ตัวประสานหรือไม่ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ ถ้าวัสดุที่มีลิกนิน (lignin) และเส้นใย (fiber) ในปริมาณสูง เมื่อถูกความร้อนจากเครื่องอัด สารเหล่านี้จะเชื่อมตัวยึดเกาะกันได้ แต่ถ้าวัสดุเหล่านี้มีน้อยก็จำเป็นต้องเติมตัวประสานเข้าช่วย

แกลบเป็นชีวมวลตัวหนึ่งที่มีปริมาณเถ้ามาก (13% ถึง 29%) (ซัคชนก, พิมพ์สิรินทร์ และ อาทิตย์ 2545) แกลบที่อัดแล้วไม่สามารถรักษาสภาพให้เป็นแท่งอยู่ได้ เมื่อถูกน้ำ หรือน้ำฝนจะแปรสภาพเป็นแกลบบดเช่นเดิม แต่เมื่อนำแกลบที่อัดแล้วไปเผาให้เป็นถ่าน จะสามารถคงสภาพตามรูปที่อัดได้ เถ้าจากถ่านแกลบมีส่วนประกอบเกือบทั้งหมดเป็น SiO_2 ซึ่งมีลักษณะคงตัว เกาะกันเป็นก้อน ทำให้เวลานำไปใช้งานเกิดขี้เถ้าปริมาณมาก และขี้เถ้าไม่ เป็นผง กินพื้นที่มาก ที่รองรับขี้เถ้าจะเต็มเร็ว

ปัญหาดังกล่าวถูกแก้ไขได้โดยการผสมกับเชื้อเพลิงอื่นที่มี SiO_2 ในได้น้อย ซัคชนก, พิมพ์สิรินทร์ และอาทิตย์ (2545) ได้ใช้ขานอ้อยมาผสม แกลบสัดส่วนน้ำหนัก แกลบ 70% ขานอ้อย 30% ทำให้เถ้าที่ได้เป็นผงไม่เกาะตัว กันเป็นก้อน เนื่องจากขานอ้อย มีส่วนประกอบของซิลิกอนน้อยมาก (ประมาณ 2% โดยน้ำหนัก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ จากผลการทดลองพบว่า

- แกลบที่บดละเอียด ทำให้เต้าคงตัวมากกว่าแกลบที่ไม่ผ่านการบด แต่ให้การแตก่วนน้อยกว่าทั้งหมดให้ค่าความร้อนพอกัน
- แกลบไม่บดให้อุณหภูมิติดไฟสูงกว่า
- แกลบ 100% ให้การเผาไหม้นานกว่า แกลบที่ผสมชานอ้อยมาก แต่ให้ค่าความร้อนต่ำกว่าพอสมควร
- ชานอ้อยจะทำการเผาไหม้หมดเร็วกว่าแกลบ แต่ให้ค่าความร้อนสูงกว่าเล็กน้อย

2.7.4 การประเมินคุณภาพและคุณสมบัติของเชื้อเพลิง

การประเมินคุณภาพและคุณสมบัติของเชื้อเพลิงจะใช้องค์ประกอบที่สำคัญของเชื้อเพลิงเป็นหลักในการประเมินคุณภาพคือ

1. การแตก่วนของแท่งถ่าน
2. ความชื้น
3. ปริมาณเถ้า
4. ปริมาณกำมะถัน
5. ค่าความร้อน
6. อุณหภูมิสูงสุดของถ่านขณะติดไฟ
7. ประสิทธิภาพการเผาไหม้
8. ลักษณะการเผาไหม้
9. ความคงตัวของเถ้า

เชื้อเพลิงที่มีคุณภาพสูงจะมีปริมาณเถ้าและกำมะถันต่ำ เชื้อเพลิงที่มีความชื้นสูงจะมีผลทำให้ค่าความร้อนต่ำ ซึ่งค่าความร้อนเป็นตัวบ่งชี้คุณสมบัติของเชื้อเพลิงอย่างหนึ่ง เชื้อเพลิงที่มีคุณภาพดีเป็นเชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนสูง แต่สำหรับการใช้เชื้อเพลิงเพื่อการหุงต้มในครัวเรือนเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพดีที่สุดไม่จำเป็นต้องเป็นเชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนสูงสุด แต่ต้องมีคุณสมบัติทางด้านอื่นๆประกอบด้วย คือ

- การแตกประทุขณะติดไฟ เชื้อเพลิงที่แตกประทุขณะติดไฟจะเป็นที่รังเกียจของผู้ใช้เป็น อันดับหนึ่ง ดังนั้นเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพดีจะไม่มีการแตกประทุเลย หรือ มีการแตกประทุบ้างเล็กน้อยในช่วงเวลาที่แรกที่ติดไฟ
- น้ำหนักเชื้อเพลิง เชื้อเพลิงที่หนักจะลุกไหม้ให้ความร้อนแรงได้นานกว่า
- ควัน เชื้อเพลิงที่มีคุณภาพดีไม่ควรมียควัน และกลิ่นฉุนในขณะลุกไหม้

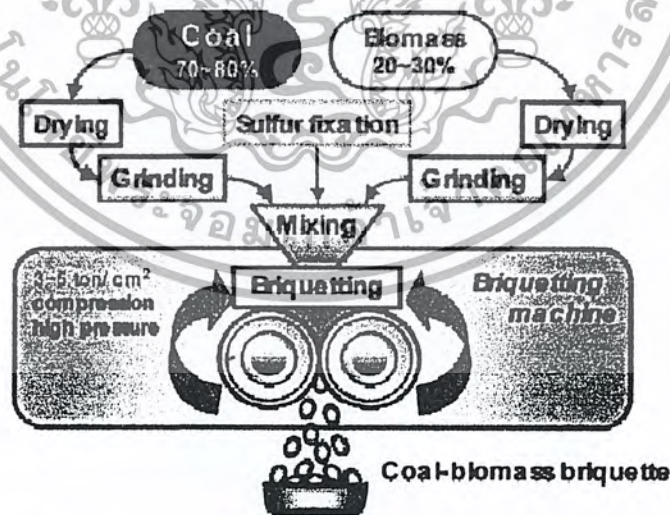
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความแข็งแรงและการป่นของเชื้อเพลิง เชื้อเพลิงที่มีความแข็งแรงสูง จะช่วยลดการแตกหักหรือป่นเป็นผงทำให้สะดวกต่อการใช้ การขนส่ง และการเก็บรักษา ถั่วที่เหลือจากการเผาไหม้ควรมีการแตก่วน เพื่อไม่ให้เตาเต็มเร็วและประหยัดเวลาในการตัดเชื้อออกจากเตา

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ซัคชนก, พิมพีสิรินทร์ และอาทิตย์ (2545) ได้ทำการอัดแท่งเชื้อเพลิงในสัดส่วนต่างๆ แล้วนำมาเผาให้เป็นถ่าน เริ่มจากเชื้อเพลิงแกลบ 100% ซึ่งให้การเผาไหม้ได้นาน แต่มีปริมาณถ่านมาก และถั่วที่ได้เกาะกันเป็นก้อน ไม่สะดวกต่อการนำไปใช้งาน เพราะจะทำให้เตาเต็มเร็ว ต่อมาได้ทดลองผสมชานอ้อยเข้าไปในสัดส่วนต่างๆ ได้แก่ ชานอ้อย 30% แกลบ 70%, ชานอ้อย 50% แกลบ 50% และชานอ้อย 70% แกลบ 30% พบว่าสัดส่วนที่ใช้ชานอ้อย 70% แกลบ 30% เมื่อนำมาเผาไหม้ ให้ถั่วที่ไม่เกาะกันเป็นก้อน ส่วนอีก 2 สัดส่วนให้ถั่วเกาะกันเป็นก้อน งานวิจัยนี้จึงสรุปว่าสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดคือ ชานอ้อย 70% แกลบ 30%

Wang; et. al. (2000) ได้ทำการอัดแท่งเชื้อเพลิงโดยใช้ถ่านหินคุณภาพต่ำผสมกับชีวมวลในสัดส่วนถ่านหิน 70-80% ชีวมวล 20-30% และผลผสมสารยับยั้งซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (เช่น หินปูน ปูนขาว) ดังแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 ภาพแสดงขั้นตอนการอัดแท่งถ่านหินผสมชีวมวล

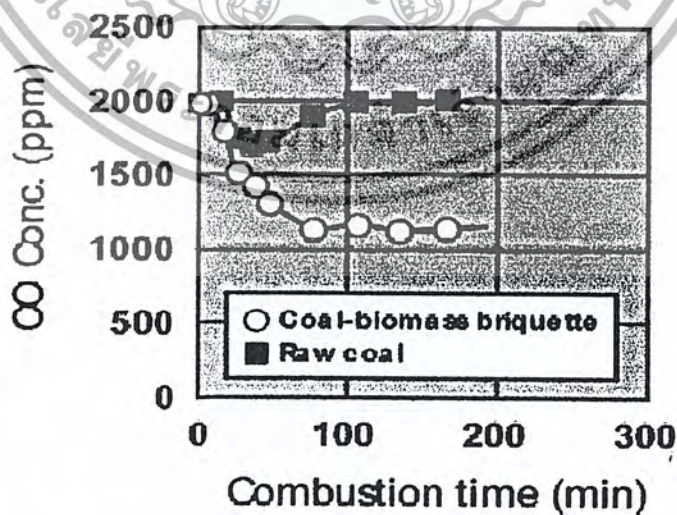
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้ช่วยลดการปลดปล่อยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้มากถึง 70-90% เมื่อเทียบกับการเผาไหม้ถ่านหินเกรดต่ำอย่างเดียว เชื้อเพลิงให้คุณสมบัติการเผาไหม้ที่ดีกว่าในทุกๆ ด้านทั้งการจุดติดได้ง่ายกว่า (ของเชื้อเพลิงอัดแท่งใช้เวลา 13 นาที ของถ่านหินใช้ 20 นาที) เวลาในการติดไฟที่นานกว่า (ของเชื้อเพลิงอัดแท่งใช้เวลา 248 นาที ของถ่านหินใช้ 178 นาที) ค่าความร้อนที่สูงกว่า (สังเกตได้จากความสามารถในการผลิตไอน้ำได้มากกว่า) รวมถึงการปลดปล่อยคาร์บอนมอนอกไซด์และควันที่ต่ำกว่าดังแสดงในตารางที่ 2.5 และรูปที่ 2.15 และ 2.16 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบคุณสมบัติการเผาไหม้ระหว่างถ่านหินผสมชีวมวลอัดแท่งกับถ่านหินอย่างเดี่ยว

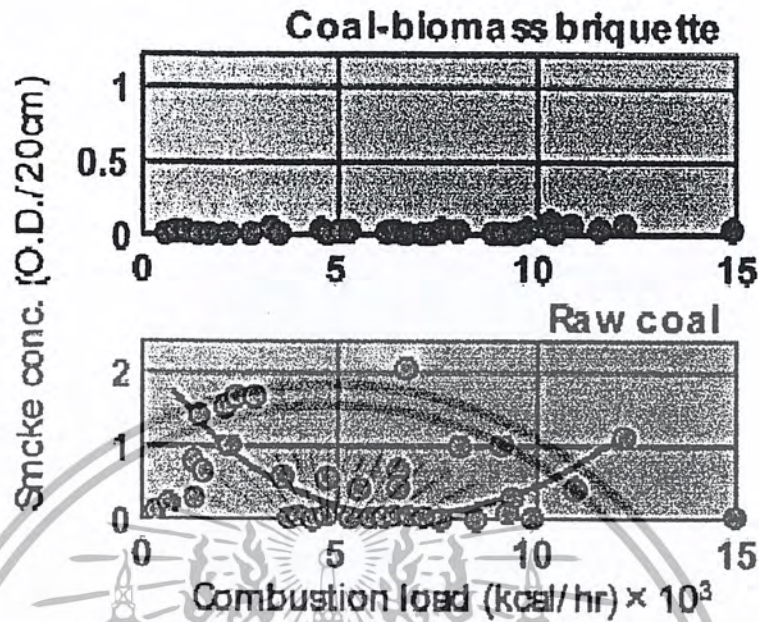
Character		Coal-biomass briquette	Raw coal ³⁾
Time until ignition ¹⁾ (ignitability)	(min)	13	20
Time until burning	(min)	36	45
Flame holding duration	(min)	120	51
Cookable duration	(min)	212	133
Total combustion duration	(min)	248	178
Total steam generation ²⁾	(g)	4,720	2,920

- 1) 0.55 kg of ignitable material was applied for the ignition.
- 2) 5.98 kg of water for boiling.
- 3) 3.0 kg of coal-biomass briquettes or raw coal was used.



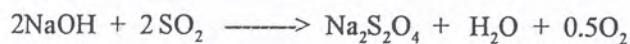
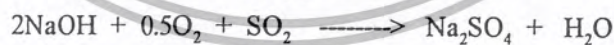
รูปที่ 2.15 กราฟแสดงถึงการปลดปล่อยคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ลดลงของถ่านหินผสมชีวมวลเมื่อเทียบกับถ่านหินอย่างเดี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 ความจกการเผาไหม้ถ่านหินผสมชีวมวลลดลงเมื่อเทียบกับการเผาไหม้ถ่านหินอย่างเดี่ยว

KIM; et. al. (2002) ได้ศึกษาผลของของเสียจากโรงงานผลิตกระดาษที่มีผลต่อ คุณสมบัติ ถ่านหินผสมชีวมวลอัดแท่ง พบว่าเมื่อผสมของเสียจากโรงงานผลิตกระดาษร่วมกับ ถ่านหินเกรด ซับบิทูมินัสและซังข้าวโพด ในสัดส่วนถ่านหินซับบิทูมินัสต่อซังข้าวโพดต่อของเสียเป็น 4:1:1 ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาจากการเผาไหม้แท่งเชื้อเพลิง ในสัดส่วนนี้ จะน้อยกว่า 16.2% เมื่อเทียบกับ สัดส่วนที่ไม่มีของเสียนี้ผสมอยู่คือ 4:1:0 เพราะว่า ในของเสีย จากโรงงานผลิตกระดาษมี โซเดียมไฮดรอกไซด์อยู่ ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยา กับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้แต่ทำปฏิกิริยาได้ไม่มากนัก เพราะในของเสียมีโซเดียมไฮดรอกไซด์อยู่ไม่มาก ดังสมการข้างดังนี้



เมื่อผสมเปลือกหอยแครงเข้าไปในสัดส่วนในสัดส่วน ถ่านหินซับบิทูมินัส :ซังข้าวโพด :ของเสียเปลือกหอยแครง เป็น 4:1:1:1.07 พบว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สูงถึง 65.2% เนื่องจากตัวอย่างเปลือกหอยแครงมีส่วนผสมของ CaO 53.07% CaO สามารถทำปฏิกิริยากับกับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้ ดังสมการ



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและสารเคมี

1. แกลบ
2. ชานอ้อย
3. ถ่านหินลิกไนท์ (เหมืองแร่ธาตุ อ.ถ้ำปูน)
4. เปลือกหอย (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำกว่า 500 ไมครอน)
5. กรดเบนโซอิก (Benzoic Acid) (บริษัท Carlo Erba Reagenti เกรควิเคราะห์)
6. เมทิลออเรนจ์ (Methyl Orange) (บริษัท Carlo Erba Reagenti เกรควิเคราะห์)
7. โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) (บริษัท Carlo Erba Reagenti เกรควิเคราะห์)
8. แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (NH_4OH) (บริษัท Fisher Scientific UK เกรควิเคราะห์)
9. กรดไฮโดรคลอริก (HCl) (บริษัท Fisher Scientific UK เกรควิเคราะห์)
10. แบเรียมคลอไรด์ (BaCl_2) (บริษัท Carlo Erba Reagenti เกรควิเคราะห์)

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องบด (Grinding Machine) ของ BOSCO Engineering
2. ตะแกรงพร้อมเครื่องเขย่ามาตรฐาน ของ Dimension Engineering
3. เครื่องอัดเชื้อเพลิงแท่ง
4. เครื่องวัดอุณหภูมิเทอร์โมคอปเปอร์ (Testo 925)
5. เครื่อง Automatic Bomb Calorimeter ของ SANYO GALLENKEMP PLO
Model: CBA-350-K
6. เตาอังโถ
7. กาน้ำ
8. ครุชีเบ็ด (crucible) พร้อมฝาปิด
9. ค้อนเหล็ก
10. เตาเผา (Muffle furnace) ของ Thermulyne 6000
11. ตู้อบ (drying oven) ของ memmert

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

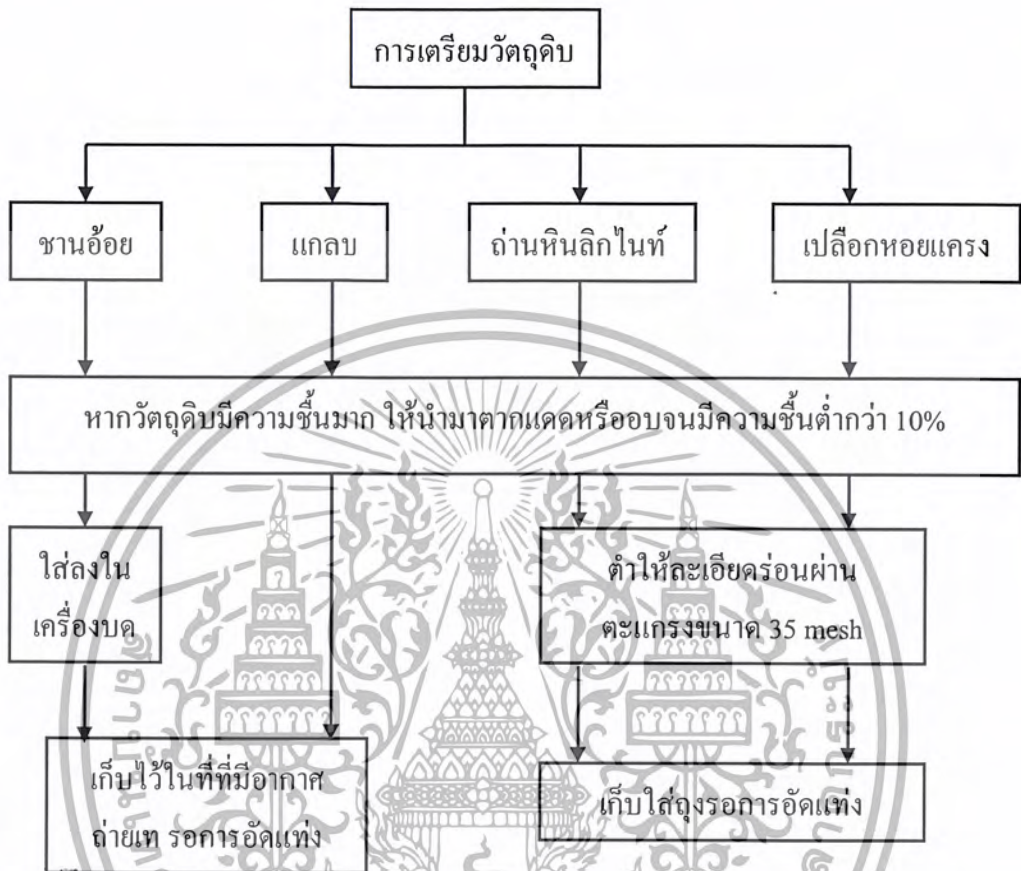
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ (ต่อ)

12. เครื่องชั่งน้ำหนัก ของ Denver Instrument Company Model TP-6101
13. เคสติกเคเตอร์ (dessicator)
14. ถังบรรจุก๊าซออกซิเจนบริสุทธิ์
15. สายท่อสำหรับบรรจุก๊าซออกซิเจนเข้า Bomb Calorimeter
16. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง ของ Denver Instrument Company Model TC-254
17. นาฬิกาจับเวลา (stop clock)
18. ตะเกียงเบนเสนพร้อมขาตั้ง
19. ขวดวัดปริมาตร(volumetric flask) 100 มิลลิลิตร, 250 มิลลิลิตรและ 1 ลิตร
20. บีกเกอร์ (beaker) ขนาด 100 มิลลิลิตร และ 250 มิลลิลิตร
21. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร
22. ปิเปต(pipette) 10 มิลลิลิตร
23. กระจกตวง(cylinder) 100 มิลลิลิตร
24. แผ่นให้ความร้อน (Hot Plate)
25. กระจกยกรองเบอร์ 1 และ เบอร์ 42
26. กระจกทดสอบพีเอช (pH paper)
27. ขวดน้ำกักัน (washing bottle)

3.3 การทดลอง

3.3.1 ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมวัสดุดิบ

- 1.1 นำเกลบมาอบหรือตากแดดให้แห้ง โดยที่ค่าความชื้นต้องน้อยกว่า 10% จึงจะนำไปใช้
ในการทดลอง
- 1.2 นำชานอ้อยมาอบหรือตากแดดให้แห้ง ให้มีค่าความชื้นต่ำกว่า 10% แล้วบดบดให้มี
ขนาดเล็กลง
- 1.3 นำเปลือกหอยมาอบหรือตากแดดให้แห้ง แล้วบดให้ละเอียด คัดแยกผ่านตะแกรง
ขนาด 35 mesh
- 1.4 นำเศษถ่านหินลิกไนต์มาอบหรือตากแดดให้แห้ง แล้วบดให้ละเอียด คัดแยกขนาดที่
ผ่านตะแกรง 35 mesh



รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ

3.3.2 ขั้นตอนที่ 2 การอัดแท่งเชื้อเพลิง

2.1 อัดแท่งเชื้อเพลิงโดยใช้เครื่องอัดแบบสกรูใช้สัดส่วนน้ำหนัก เกลบ:ชานอ้อย เป็น 35:65% แล้วเติมลิกไนท์ 9% แล้วนำแท่งเชื้อเพลิงไปเผาในเตาเป็นเวลา 51 ชั่วโมงให้เป็นถ่าน ทิ้งไว้ให้เย็น เป็นเวลา 2 วัน นำถ่านที่ได้มาทดสอบการคงตัวของถ่านหลังการเผาไหม้

ในกรณีที่ 1 หากถ่านที่ได้จากการเผาไหม้คงตัวเป็นก้อน ให้อัดแท่งเชื้อเพลิงโดยใช้สัดส่วนน้ำหนัก เกลบ:ชานอ้อย เป็น 30:70% จากนั้นทำการแปรสัดส่วนการผสมลิกไนท์เป็น 3 7 11 และ 15% ตามลำดับ

แล้วนำแท่งเชื้อเพลิงไปเผาในเตาเป็นเวลา 51 ชั่วโมงให้เป็นถ่าน ทิ้งไว้ให้เย็น เป็นเวลา 2 วัน นำถ่านที่ได้มาทดสอบหา ค่าความหนาแน่นโดยประมาณ ปริมาณเถ้า เเปอร์เซ็นต์การดูดความชื้น ค่าความชื้นปริมาณกำมะถัน ค่าความร้อน การปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ประสิทธิภาพการยับยั้งซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของเปลือกหอย ประสิทธิภาพการเผาไหม้และลักษณะการเผาไหม้

ในกรณีที่ 2 หากเถ้าที่ได้จากการเผาไหม้ไม่คงตัวเป็นก้อน อัดแท่งเชื้อเพลิงโดยใช้เครื่องอัดแบบสกรู ใช้สัดส่วนน้ำหนัก แกลบ:ขานอ้อย เป็น 35:65% จากนั้นทำการแปรสัดส่วนการผสมลิกไนท์เป็น 3 7 11 และ 15% ตามลำดับ

แล้วนำแท่งเชื้อเพลิงไปเผาในเตาเป็นเวลา 51 ชั่วโมงให้เป็นถ่าน ทิ้งไว้ให้เย็น เป็นเวลา 2 วัน นำถ่านที่ได้มาทดสอบหา ค่าความหนาแน่นโดยประมาณ ปริมาณเถ้า เเปอร์เซ็นต์การดูดความชื้น ค่าความชื้นปริมาณกำมะถัน ค่าความร้อน การปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ประสิทธิภาพการยับยั้งซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของเปลือกหอย ประสิทธิภาพการเผาไหม้และลักษณะการเผาไหม้

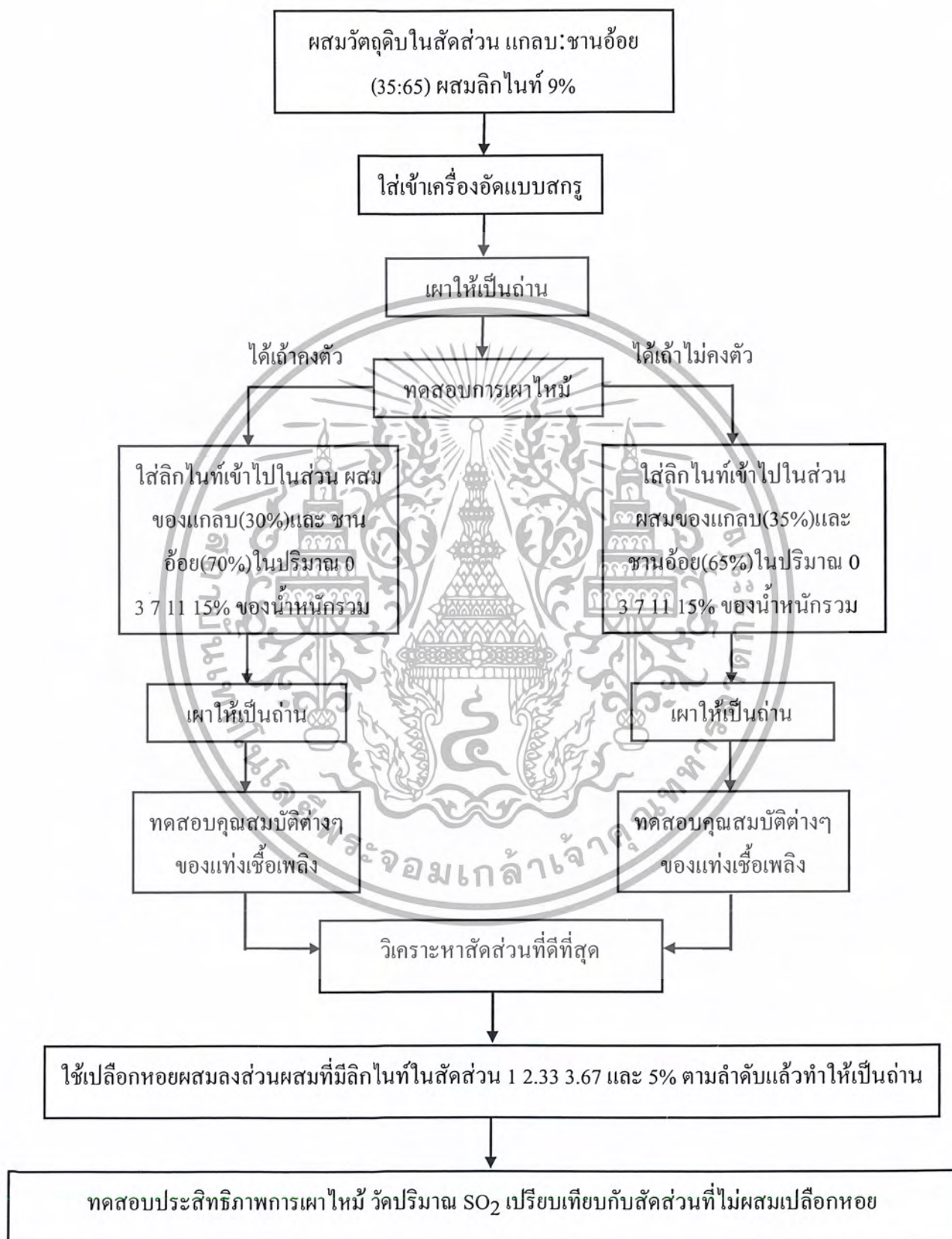
3.3.3 ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำผลการวิเคราะห์ในปีจ้อยต่างๆที่ศึกษามาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ เพื่อหาสัดส่วนที่ดีที่สุดในการนำไปใช้ประโยชน์ในรูปของถ่านหุงต้มต่อไป โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

3.3.4 ขั้นตอนที่ 4 การศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งก๊าซ SO₂ โดยใช้เปลือกหอย

นำสัดส่วนต่างๆที่ผสมลิกไนท์จากขั้นตอนที่ 2 มาผสมเปลือกหอยในปริมาณ 1,2,3,3,6,7 และ 5% ของน้ำหนักรวมตามสัดส่วนของลิกไนท์ที่เพิ่มขึ้น แล้วนำมาทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งก๊าซ SO₂ รวมถึงคุณสมบัติต่างๆของแท่งเชื้อเพลิง เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากสัดส่วนที่ดีที่สุดที่ยังไม่ได้ผสมเปลือกหอย

จากการทดลองทั้ง 4 ขั้นตอน สามารถแสดงในรูปที่ 3.2 ซึ่งเป็นแผนภาพแสดงขั้นตอนต่างๆของการทดลองเริ่มตั้งแต่การอัดแท่งเชื้อเพลิง



รูปที่ 3.2 แผนภาพแสดงขั้นตอนต่างๆของการทดลองเริ่มตั้งแต่การอัดแท่งเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับใช้เฉพาะในวงจำกัดเท่านั้น มิใช่เอกสารที่เผยแพร่สู่สาธารณะ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากการทดลองทำการอัดแท่งเชื้อเพลิงโดยใช้อัตราส่วน แกลบ:ชานอ้อย: เท่ากับ 35:65 และแปรสัดส่วนการผสมตามลำดับ ได้แก่ สัดส่วนที่ผสมลิกไนท์ 0 3 7 9 11 และ 15% หลังจากนั้นนำสัดส่วนที่ผสมลิกไนท์มาผสมเปลือกหอย 1 2.33 3.67 และ 5% จากนั้นนำมาเผาให้เป็นถ่านทดสอบความคงตัวของถ่านที่ผสมลิกไนท์ในสัดส่วน 9% แล้วนำถ่านในสัดส่วนอื่นๆมาวิเคราะห์หาคุณสมบัติต่างๆได้แก่ ค่าความหนาแน่นโดยประมาณ ปริมาณเถ้า เเปอร์เซ็นต์การดูดความชื้น ค่าความชื้นปริมาณกำมะถัน ค่าความร้อน การปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ประสิทธิภาพการยับยั้งซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของเปลือกหอย ประสิทธิภาพการเผาไหม้และลักษณะการเผาไหม้ซึ่งผลการวิเคราะห์ที่ได้เป็นดังนี้

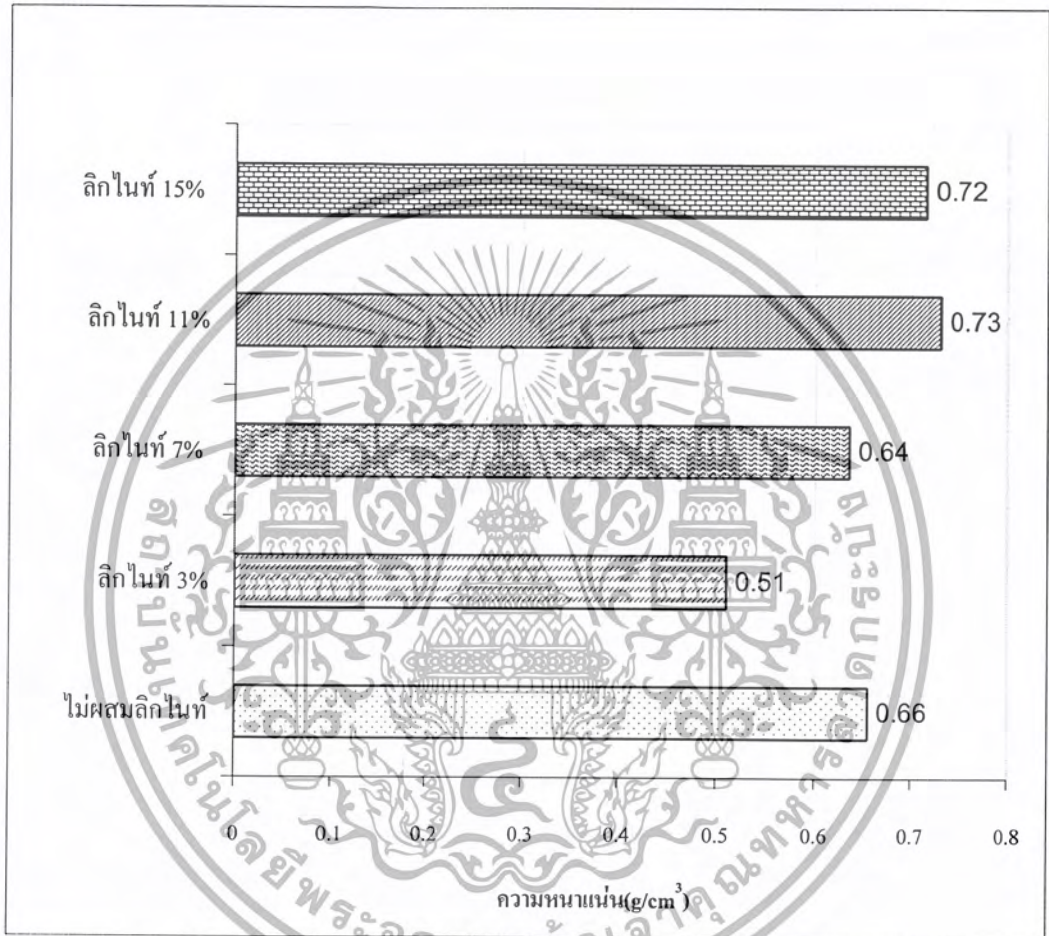
4.1 ความคงตัวของถ่านที่เหลือจากการเผาไหม้

สำหรับงานวิจัยนี้ใช้สัดส่วนผสมของแกลบ ต่อ ชานอ้อย เป็น 35 : 65 พร้อมทั้งมีการผสมลิกไนท์ลงไปด้วย โดยทำการทดสอบหาความคงตัวของถ่านจากถ่านใน สัดส่วนแกลบ:ชานอ้อย (35:65) ผสมลิกไนท์ 9% พบว่าถ่านที่ได้ไม่คงตัว จึงทำการผลิตถ่านในสัดส่วนลิกไนท์ 3 7 11 และ 15% โดยให้สัดส่วนของ แกลบ ต่อ ชานอ้อย คงที่ แล้วนำมาทดสอบคุณสมบัติด้านต่างๆ ดังที่จะกล่าวในหัวข้อถัดไป

จากการที่ความคงตัวของถ่านมีผลต่อการใช้งานถ่านในครัวเรือน ถ่านที่เมื่อเผาไหม้แล้วให้เถ้าคงตัวจะทำให้การใช้งานไม่สะดวก ทำให้ก้อนขี้เถ้ากินพื้นที่ในเตาถ่าน ไม่สะดวกในการเติมเชื้อเพลิง

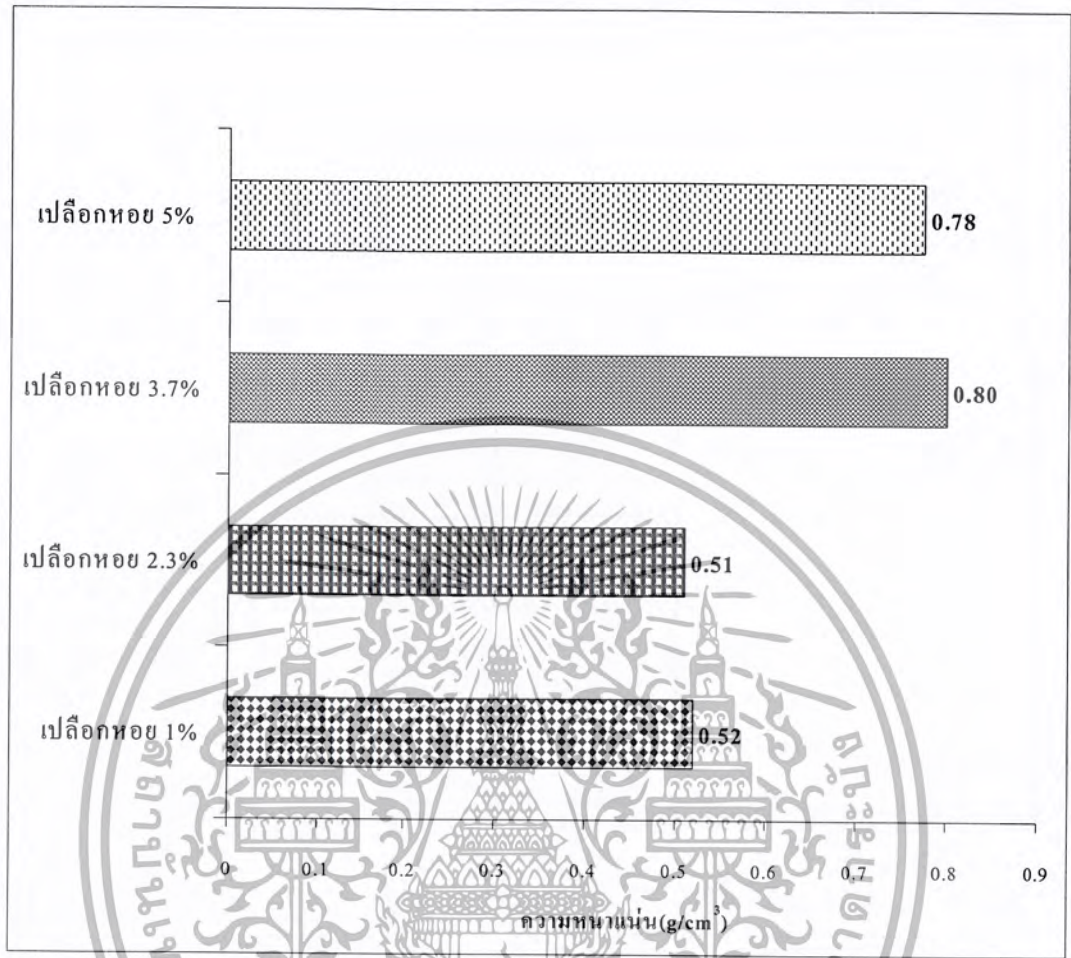
4.2 ค่าความหนาแน่นโดยประมาณ

ค่าความหนาแน่นโดยประมาณหาได้โดยการวัดและคำนวณหาปริมาตรของเนื้อถ่าน และนำถ่านนั้นไปชั่งน้ำหนัก นำค่าปริมาตรและน้ำหนักถ่านมาคำนวณหาความหนาแน่นเฉลี่ยโดยปริมาตร โดยผลของการทดลองแสดงในรูปที่ 4.1(ก) และ 4.1(ข) ตามลำดับ



รูปที่ 4.1 (ก) แผนภูมิแสดงค่าความหนาแน่นเฉลี่ยโดยประมาณของถ่านที่ไม่มีและมีการผสม ลิกไนท์ในสัดส่วนต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 (ข) แผนภูมิแสดงค่าความหนาแน่นเฉลี่ยโดยประมาณในถ่านที่มีเปลือกหอยในสัดส่วนต่างๆ

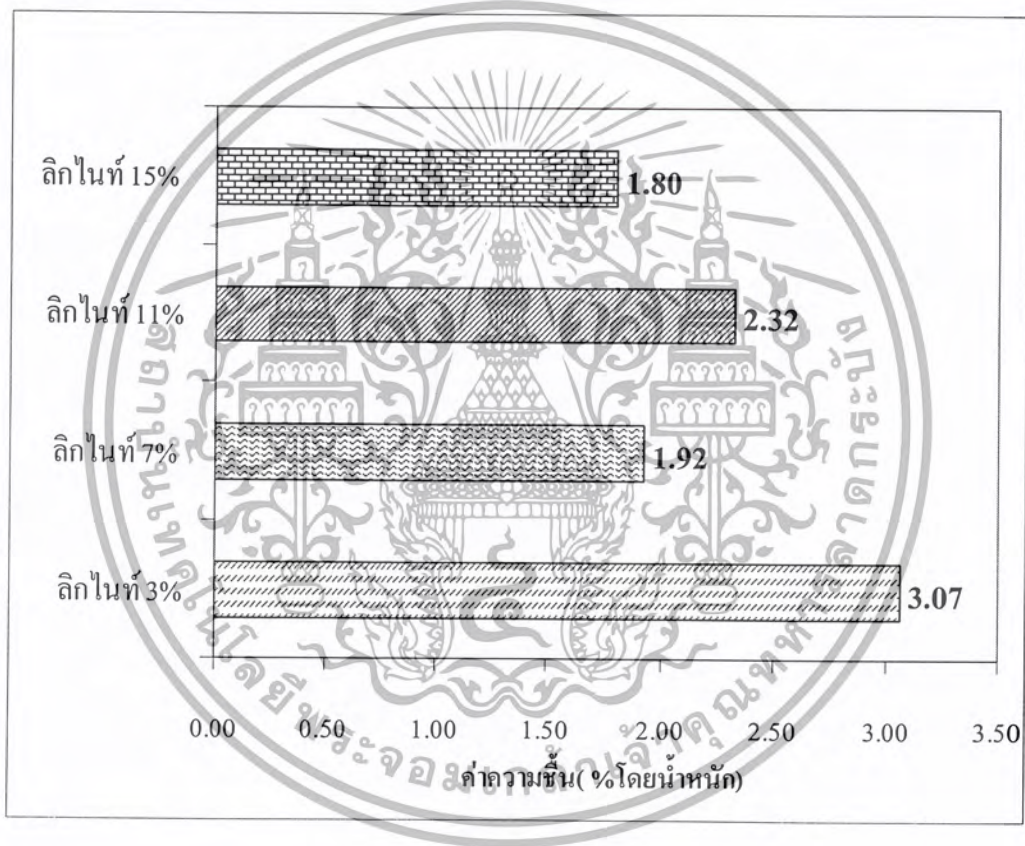
ในการทดลองนี้ได้ทำการอัดแท่งเชื้อเพลิงเป็นจำนวนสองครั้ง การอัดแท่งทั้งสองครั้งมีความแตกต่างกัน เนื่องจากครั้งแรกยังไม่รู้เทคนิคการอัดแท่งและเครื่องอัดแท่งถูกออกแบบมาให้ใช้กับการอัดแท่งแกลบอย่างเดียวเท่านั้น ทำให้แท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากการอัดแท่งครั้งแรกซึ่งได้แก่ สัดส่วนที่ผสมลิกไนท์ 0 3 7% และสัดส่วนที่ผสมเปลือกหอย 1 และ 2.33% เป็นแท่งเชื้อเพลิงที่ไม่สมบูรณ์ มีลักษณะแตกร้าวและมีความหนาแน่นต่ำ ส่วนการอัดแท่งในครั้งที่สองซึ่งอัดแท่งในสัดส่วนที่เหลือ ได้แท่งเชื้อเพลิงที่สมบูรณ์ มีความหนาแน่นสูงขึ้นซึ่ง สามารถสังเกตได้จาก รูปที่ 4.2(ก) และ 4.2(ข)

ความหนาแน่นที่ต่างกันของแท่งเชื้อเพลิงยังส่งผลต่อคุณสมบัติต่างๆของถ่าน ได้แก่ ค่าความร้อน ปริมาณกำมะถัน ประสิทธิภาพการเผาไหม้และประสิทธิภาพการยับยั้งซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งจะกล่าวถึงในส่วนถัดไป

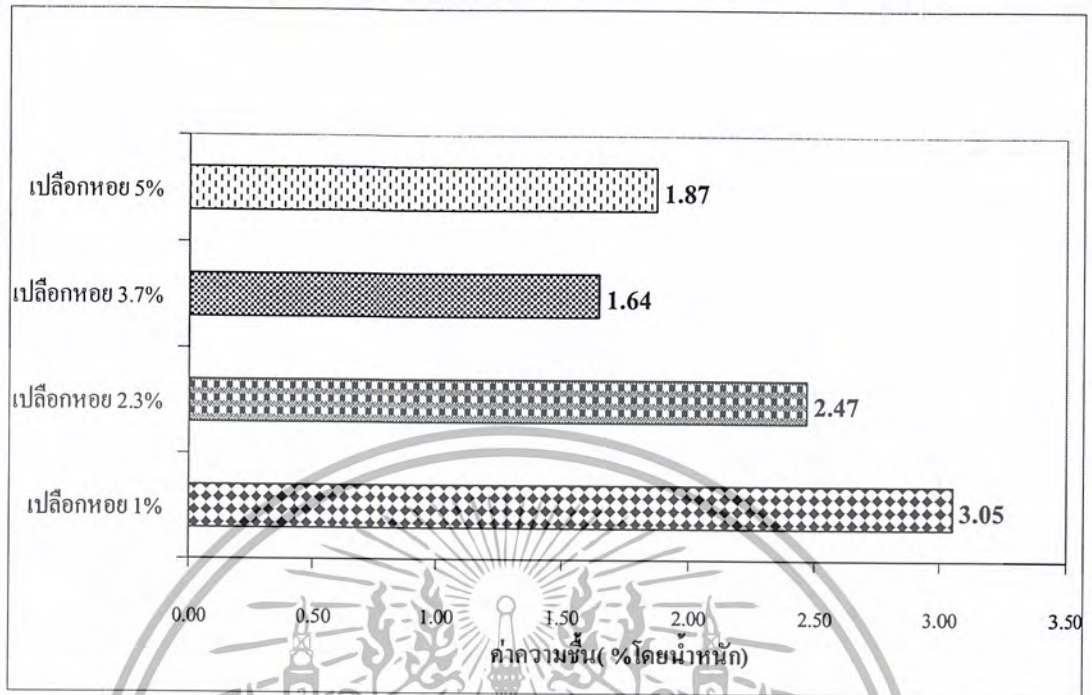
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ค่าความชื้น

โดยปกติแล้วถ่านที่ทำมาใหม่ๆแทบจะไม่มีค่าความชื้นหลงเหลืออยู่ เนื่องจากได้รับความร้อนจากการทำให้เป็นถ่าน แต่หลังจากเก็บไว้ระยะหนึ่งความชื้นจากบรรยากาศจะเข้าแทรกตัวเข้าไปในเนื้อถ่าน ซึ่งในการทดลองหาค่าความชื้นของถ่านในสัดส่วนต่างๆดังแสดงวิธีวิเคราะห์ไว้ในภาคผนวก ข(หัวข้อที่ 4) ได้ทำการทดลองภายหลังจากนำถ่านออกจากเตาเผาประมาณ 1-2 วัน ค่าความชื้นโดยเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่างเป็นไปดังแสดงในรูปที่ 4.3(ก) และ 4.3(ข)



รูปที่ 4.3 (ก) แผนภูมิแสดงค่าความชื้น โดยเฉลี่ยของถ่านที่มีลิ้นชักในสัดส่วนต่างๆ

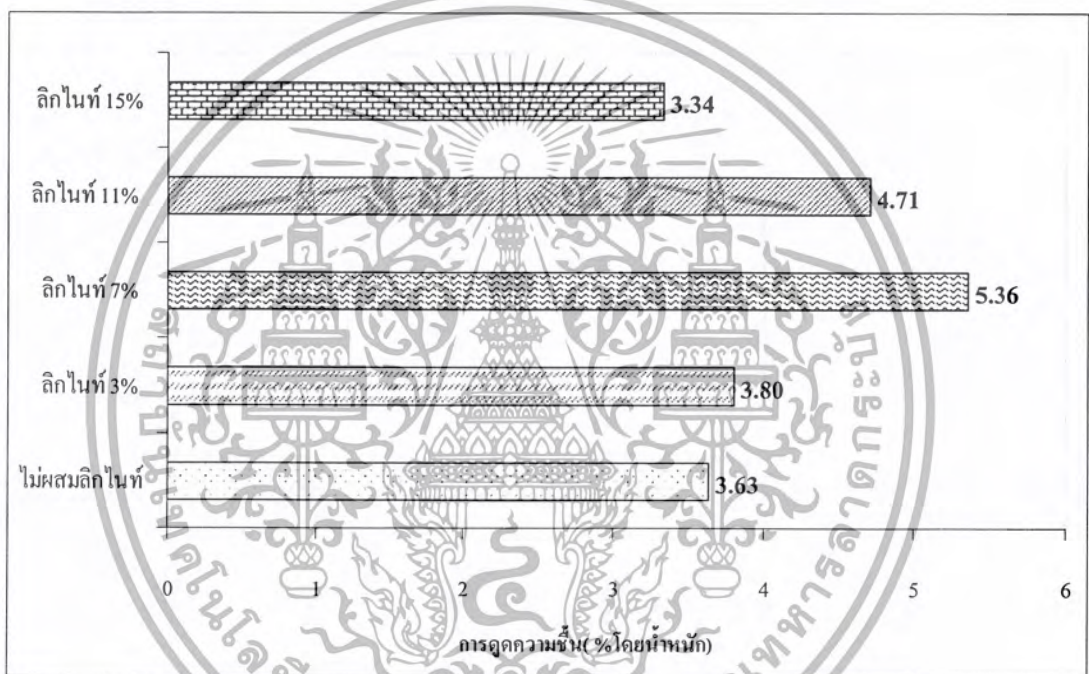


รูปที่ 4.3 (ข) แผนภูมิแสดงค่าความขึ้น โดยเฉลี่ยของถ่านที่มีเปลี่ยนหอยในสัดส่วนต่างๆ

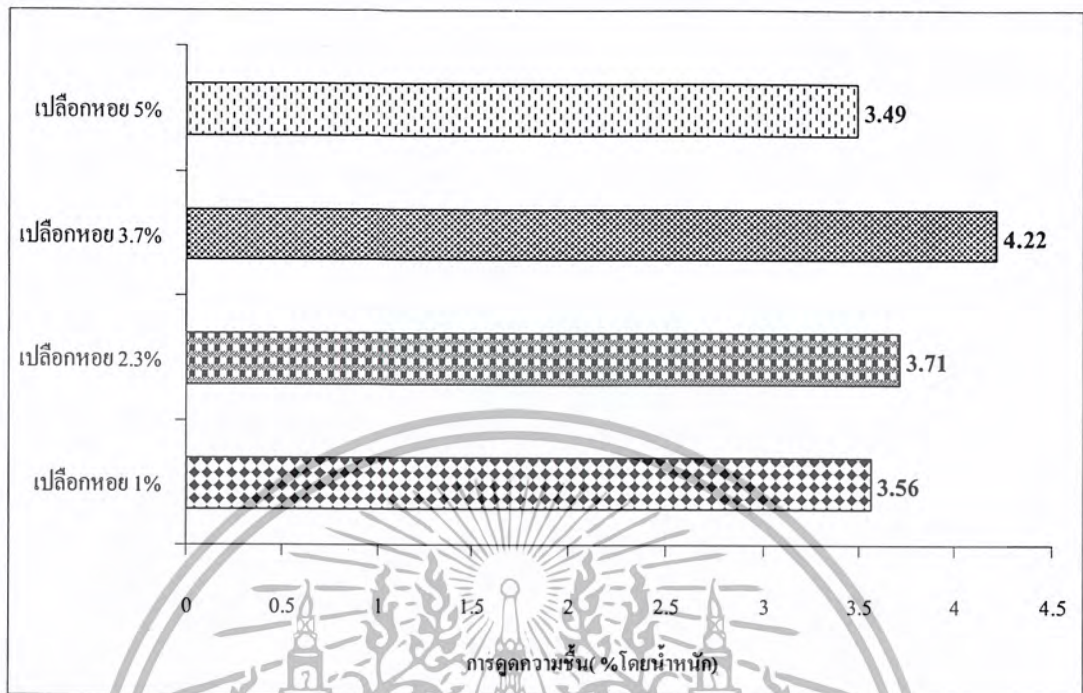
ค่าความขึ้นมีผลตรงต่อการจุดติดไฟของถ่าน เพราะก่อนที่ถ่านจะไหม้ได้ต้องใช้ความร้อนได้ค่าความขึ้นที่มีอยู่ในถ่านออกให้หมดก่อน จากรูปที่ 4.3(ก) และ 4.3(ข) จะสังเกตได้ว่าถ่านสัดส่วนต่างๆมีค่าความขึ้นแตกต่างกันออกไป มีแนวโน้มที่ไม่แน่นอน ไม่ขึ้นอยู่กับการเติมลิทไนท์และเปลี่ยนหอย แต่จะขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่นเฉลี่ยโดยประมาณ ถ่านมีความหนาแน่นสูงจะทำให้ค่าความขึ้นของถ่านลดลง เพราะจากการหาค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ระหว่างค่าความขึ้นโดยเฉลี่ยของถ่านและค่าความหนาแน่นเฉลี่ย โดยประมาณของถ่านทุกสัดส่วน มีค่าเป็น -0.85 ดังแสดงในภาคผนวก ค(ตารางที่ ค.3) แสดงว่าค่าความหนาแน่นส่งผลต่อค่าความขึ้นในทิศทางตรงกันข้าม

4.4 เปอร์เซนต์การดูดความชื้น

เช่นเดียวกับที่ได้กล่าวมาในเรื่องของค่าความชื้นแล้ว เมื่อเวลาผ่านไปถ่านสามารถดูดความชื้นในบรรยากาศได้ ในทางทฤษฎีถ่านสามารถดูดความชื้นได้สูงสุด 15% ของน้ำหนักตัวในการทดลองหาเปอร์เซนต์การดูดความชื้น ทำได้โดยการชั่งน้ำหนักตัวอย่างถ่านแล้วเก็บไว้ในถุงเปิดเป็นเวลาหนึ่งเดือน แล้วชั่งน้ำหนักอีกครั้ง นำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเปอร์เซนต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงวิธีวิเคราะห์ไว้ในภาคผนวก ข(หัวข้อที่ 3) ซึ่งได้ผลดังรูปที่ 4.4(ก) และ 4.4(ข)



รูปที่ 4.4(ก) แผนภูมิแสดงเปอร์เซนต์การดูดความชื้นเฉลี่ยของถ่านที่มีการผสมลิกไนท์ในสัดส่วนต่างๆ

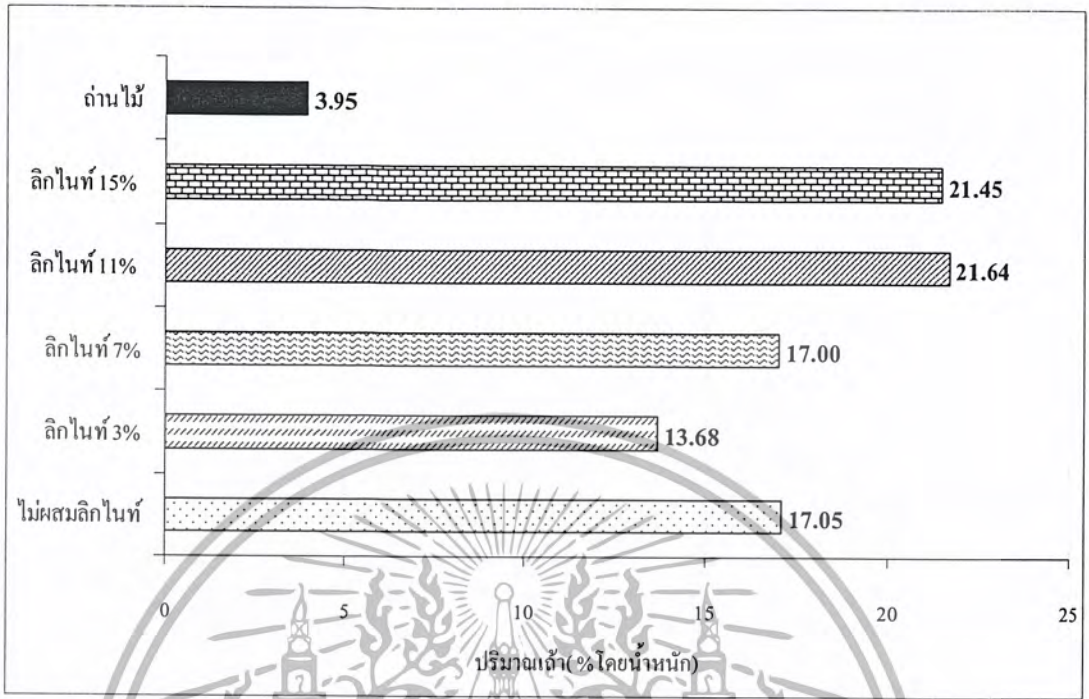


รูปที่ 4.4(ข) แผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์การดูความขึ้นเฉลี่ยของถ่านที่มีการผสมเปลือกหอยในสัดส่วนต่างๆ

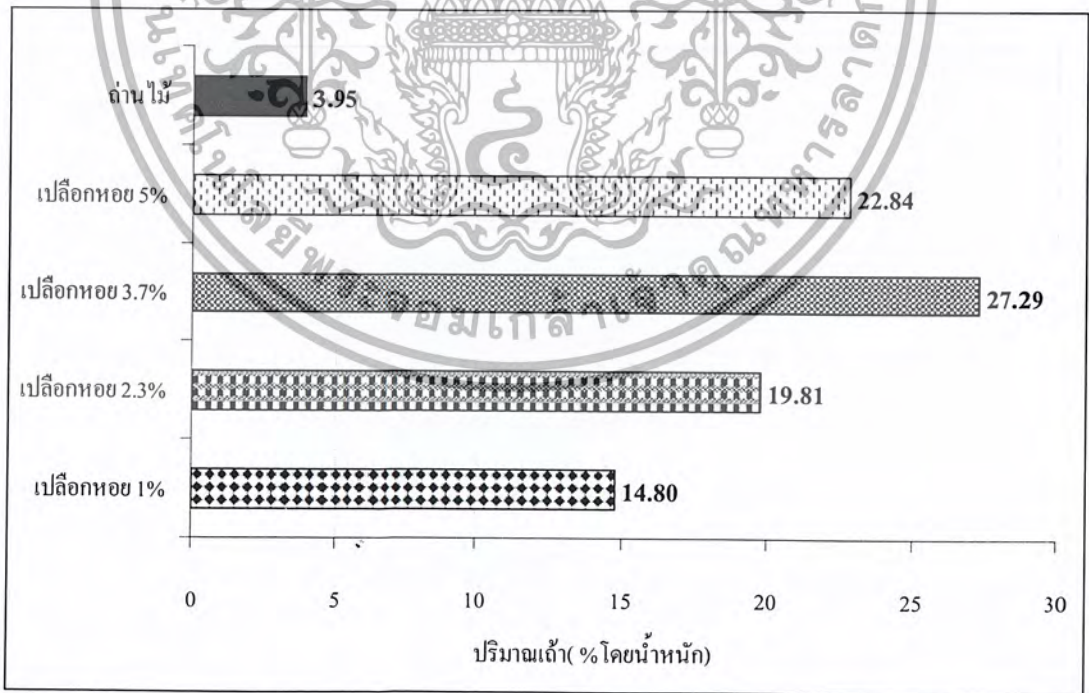
จากรูปที่ 4.4(ก) และ 4.4(ข) จะสังเกตได้ว่าเปอร์เซ็นต์ของลิกไนต์และเปลือกหอยไม่ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การดูความขึ้นเฉลี่ยของแท่งเชื้อเพลิงเช่นเดียวกับค่าความหนาแน่น เพราะจากการวิเคราะห์ทางสถิติ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นเฉลี่ยโดยประมาณและเปอร์เซ็นต์การดูความขึ้นเฉลี่ยของถ่านทุกสัดส่วนมีค่าเท่ากับ 0.15 ดังแสดงในภาคผนวก ก (ตารางที่ ค.11) แสดงว่าค่าความหนาแน่นไม่ส่งผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์การดูความขึ้นของถ่าน

4.5 ปริมาณเถ้า

ถ่านที่มีปริมาณเถ้ามาก จะทำให้ไม่สะดวกเมื่อนำไปใช้งาน เนื่องจากทำให้ขี้เถ้าเต็มเตาเร็ว ต้องเสียเวลาในการนำขี้เถ้าออกจากเตาถ่านบ่อยครั้ง จากการวิเคราะห์หาปริมาณเถ้าดังแสดงวิธีวิเคราะห์ไว้ในภาคผนวก ข(หัวข้อที่ 2) ในสัดส่วนต่างๆ ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.5(ก) และ 4.5(ข)



รูปที่ 4.5 (ก) แผนภูมิแสดงปริมาณเจ้าของถั่วที่มีการผสมลิ้นไก่ในสัดส่วนต่างๆ



รูปที่ 4.5 (ข) แผนภูมิแสดงปริมาณเจ้าของถั่วที่มีการผสมเปลือกหอยในสัดส่วนต่างๆ

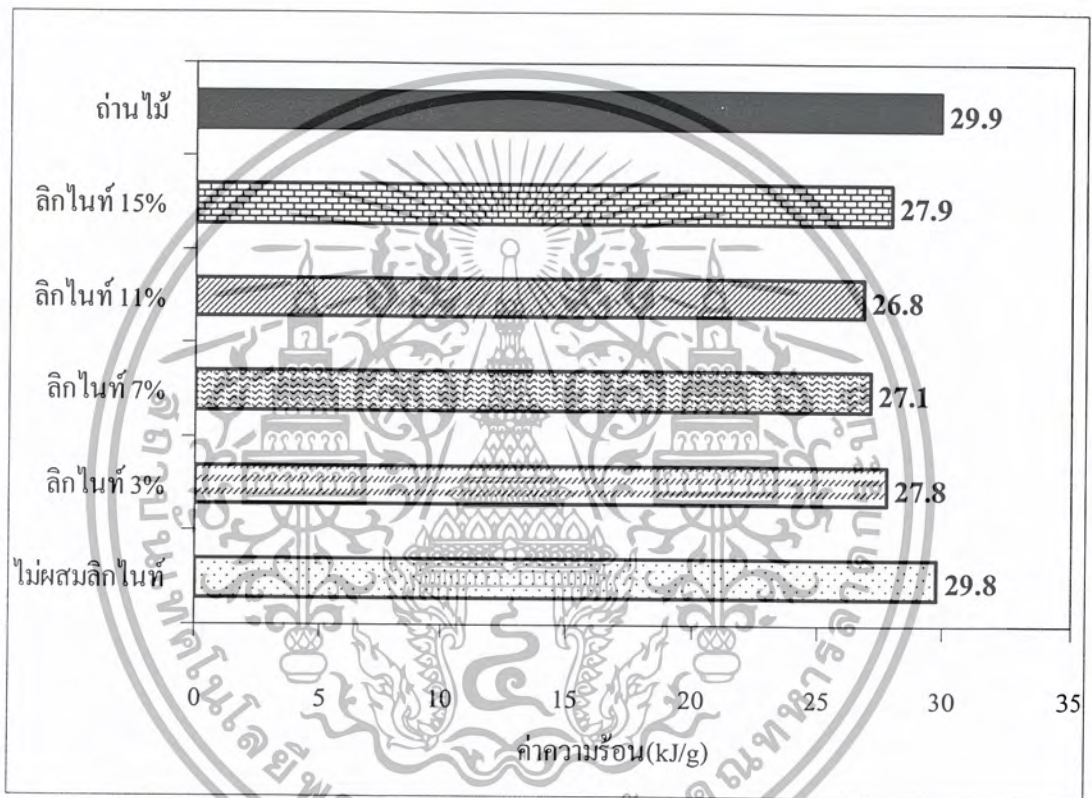
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.5(ก) และ 4.5(ข) จะเห็นว่าปริมาณเถ้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณลิกไนท์และเปลือกหอยที่เพิ่มขึ้น แต่มีข้อสังเกตในรูปที่ 4.5(ก) ระหว่างสัดส่วนที่ไม่มีการผสมลิกไนท์กับสัดส่วนที่มีการผสมลิกไนท์ 3% พบว่าสัดส่วนลิกไนท์ 3% กลับมีปริมาณเถ้าน้อยกว่าสัดส่วนที่ไม่ใส่ลิกไนท์ แต่สัดส่วนลิกไนท์ 15% กลับมีปริมาณเถ้าน้อยกว่าสัดส่วนลิกไนท์ 11% จากรูปที่ 4.5(ข) จะเห็นได้ว่าสัดส่วนเปลือกหอย 3.7% กลับมีปริมาณเถ้ามากกว่าสัดส่วนเปลือกหอย 5% แสดงว่าปริมาณเถ้าไม่ขึ้นอยู่กับปริมาณลิกไนท์และเปลือกหอยอย่างชัดเจน แม้ว่าเปลือกหอยและลิกไนท์มีปริมาณเถ้าสูงกว่าแกลบและชานอ้อย แต่ในการทดลองทำการผสมลิกไนท์และเปลือกหอยในปริมาณไม่มาก ปริมาณลิกไนท์และเปลือกหอยจึงไม่ส่งผลต่อปริมาณเถ้า แต่ปริมาณเถ้าจะขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่นเฉลี่ยโดยประมาณ เนื่องจากเมื่อวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นเฉลี่ยโดยประมาณและปริมาณเถ้ามีค่าเท่ากับ 0.83 ดังแสดงในภาคผนวก ค(ตารางที่ ค.5) แสดงว่าปริมาณเถ้าได้รับผลกระทบจากความหนาแน่นที่แตกต่างกันของถ่าน ในการทดลองหาปริมาณเถ้า ตัวอย่างที่ผลิตจากการนำเข้าเตาเผา 2 ครั้ง บางตัวอย่างยังเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ถ่านที่มีความหนาแน่นสูงจะเผาไหม้ไค้ยาก เหลือเถ้าในปริมาณมากกว่าถ่านที่มีความหนาแน่นต่ำ

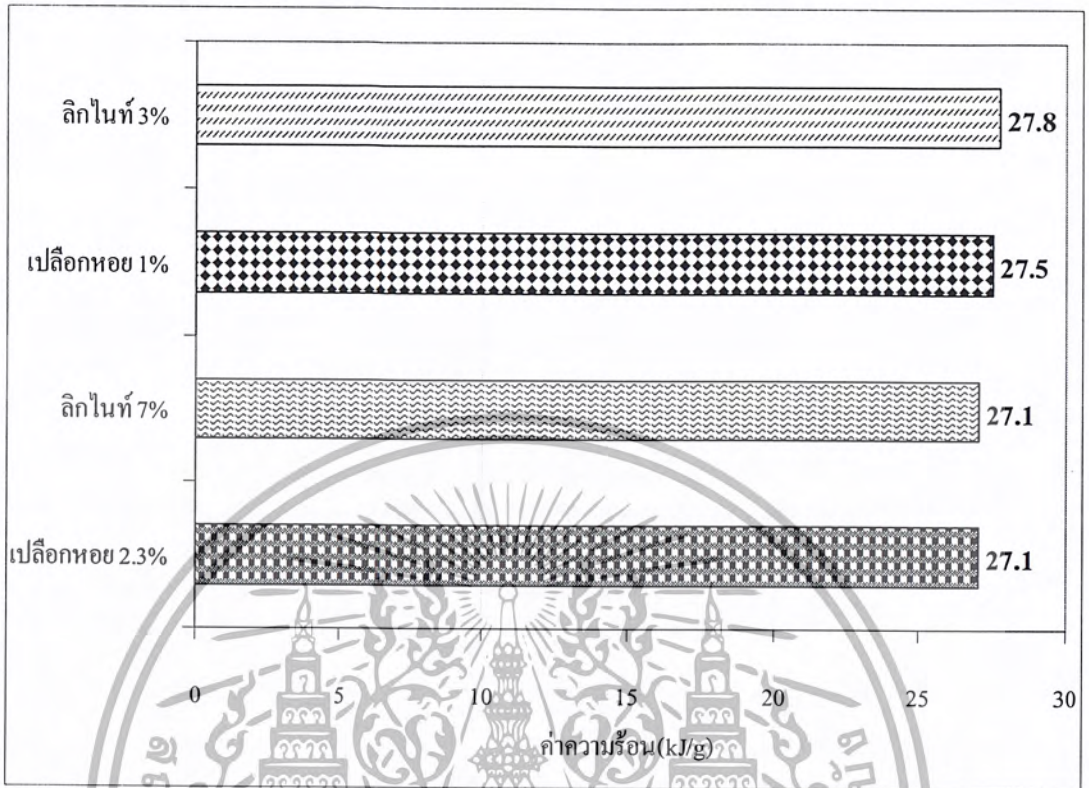
นอกจากนี้ถ่านที่ผลิตขึ้นยังมีปริมาณเถ้าสูงกว่าปริมาณเถ้าของถ่านไม่มาก ซึ่งจะทำให้ไม่สะดวกหากนำถ่านมาใช้งานในปริมาณมากและเป็นเวลานาน

4.6 ค่าความร้อน

ค่าความร้อนบอกได้ถึงพลังงานที่ปลดปล่อยออกมาของถ่านต่อน้ำหนักของถ่าน ซึ่งแสดงได้ถึงคุณภาพของถ่าน ถ่านคุณภาพดีควรมีค่าความร้อนสูง จากการทดลองหาค่าความร้อนของถ่าน สัดส่วนต่างๆรวมถึงถ่าน ไม้ ได้ผลดังรูปที่ 4.6(ก) ,4.6(ข) และ 4.6(ค)

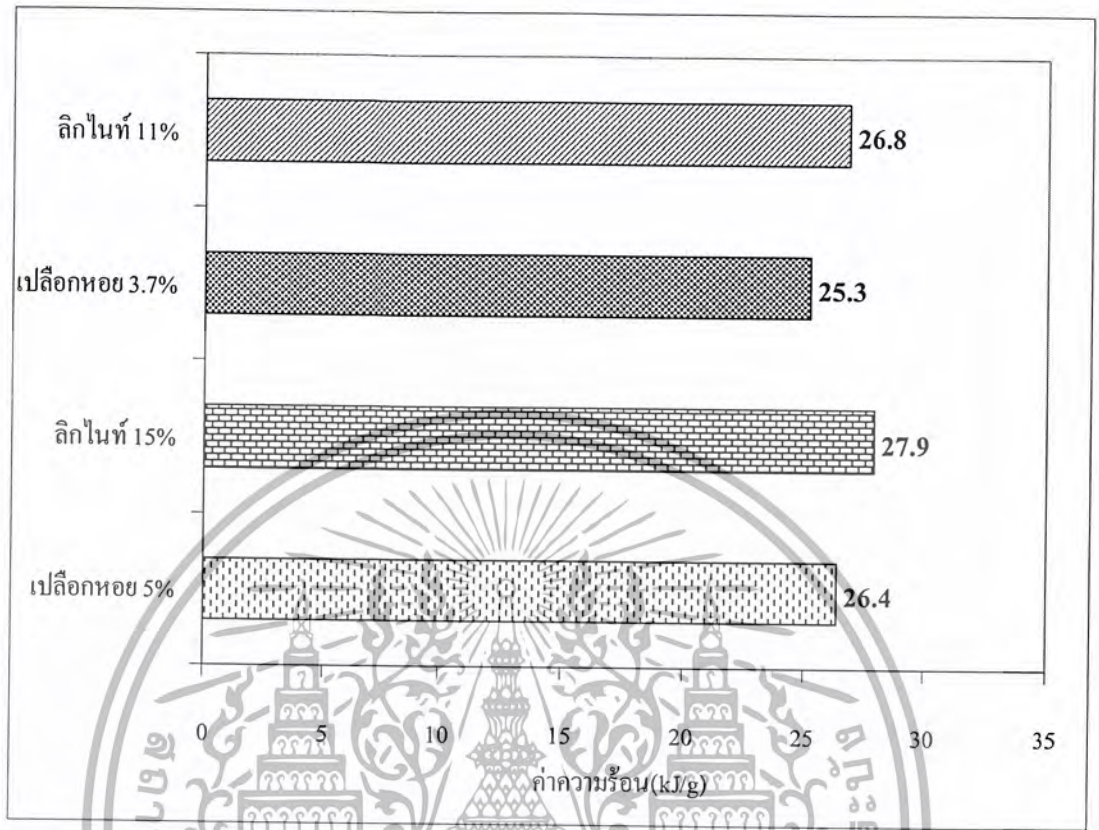


รูปที่ 4.6 (ก) แผนภูมิแสดงค่าความร้อนของถ่านไม้และถ่านที่ไม่มีและมีการผสมลิกไนท์ ในสัดส่วนต่างๆ



รูปที่ 4.6(ข) แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่าความร้อนของถ่านที่มีและไม่มีการผสมเปลือกหอยในสัดส่วนต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 (ค) แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่าความร้อนของถ่านที่มีและไม่มีส่วนผสมเปลือกหอยในสัดส่วนต่างๆ (ต่อ)

จากรูปที่ 4.6(ค) พบว่าค่าความร้อนเฉลี่ยในสัดส่วนต่างๆอยู่ระหว่าง 26.8-27.9 kJ/g ซึ่งไม่แตกต่างกันมากนัก แสดงว่าปริมาณลิกไนท์ที่เพิ่มขึ้นไม่ทำให้ค่าความร้อนของถ่านเพิ่มขึ้นแต่อย่างใด ถ่านไม้ให้ค่าความร้อนสูงสุด รองมาเป็นถ่านที่ไม่มีส่วนผสมลิกไนท์ สัดส่วนลิกไนท์ 15% เป็นสัดส่วนผสมลิกไนท์ที่ให้ค่าความร้อนสูงสุด เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะลิกไนท์มีลักษณะเป็นถ่านอยู่แล้ว เมื่อนำมาอัดแท่งแบบใช้ความร้อนด้วยเครื่องอัดแบบสกรูแล้วนำไปเผาให้เป็นถ่าน ลิกไนท์กลับไม่สามารถเปลี่ยนเป็นถ่านได้มากขึ้นอีกต่อไปและลิกไนท์บางส่วนถูกเผาไหม้ไป เนื่องจากก่อนทำให้เป็นถ่าน ลิกไนท์มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนคงที่สูงกว่าแกลบและชานอ้อย ลิกไนท์จึงใช้เวลาและความร้อนในการทำให้เป็นถ่านสมบูรณ์สั้นกว่าแกลบและชานอ้อย ในขณะที่เปอร์เซ็นต์คาร์บอนเพิ่มขึ้นในระหว่างการทำให้เป็นถ่าน อุณหภูมิของอนุภาคถ่านจะเพิ่มขึ้นสูงตามไปด้วย ในช่วงท้ายของกระบวนการทำให้เป็นถ่าน อนุภาคถ่านที่สมบูรณ์ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนคงที่สูงกว่า 75% จะมีอุณหภูมิสูงกว่า 400 องศาเซลเซียส อนุภาคลิกไนท์จึงมีอุณหภูมิสูงขึ้นถึง 400 องศาเซลเซียสได้เร็วกว่าแกลบและชานอ้อย การทำให้เป็นถ่านในโรงงานพิเศษนี้เป็นวิธีที่ใช้ออกซิเจนและการเผา

ไหม้จะเกิดได้ดีที่อุณหภูมิสูง อนุภาคลิกไนท์ซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าแกลบและชานอ้อย จึงถูกเผาไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ขออนุญาต การนำเอกสารนี้ไปใช้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

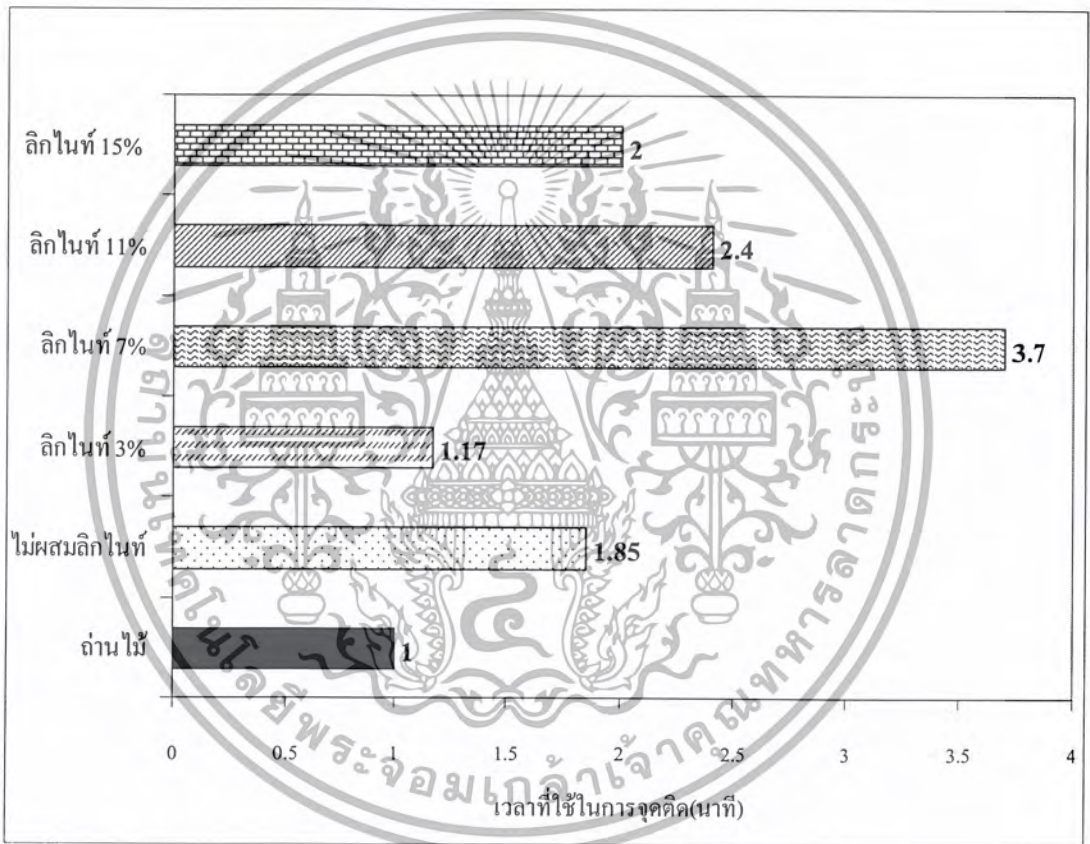
ไปมากกว่า ซึ่งการเผาไหม้จะเกิดขึ้นได้บ้างบริเวณชั้นนอกของแท่งเชื้อเพลิง ส่วนสัดส่วนที่ผสมลิควิดไนท์ทุกสัดส่วนจึงมีค่าความร้อนต่ำกว่าถ่านที่ไม่ผสมลิควิดไนท์เล็กน้อย จึงสรุปได้ว่าลิควิดไนท์ไม่สามารถทำให้ค่าความร้อนของถ่านเพิ่มขึ้นได้โดยการอัดแท่งแบบใช้ความร้อนด้วยเครื่องอัดแบบสกรู

จากรูปที่ 4.6(ข) และ รูปที่ 4.6(ค) จะสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนว่าการผสมเปลือกหอยเพิ่มเข้าไปในแต่ละสัดส่วนที่ไม่มีเปลือกหอย ทำให้ค่าความร้อนของถ่านที่มีเปลือกหอยลดลง เมื่อเทียบกับถ่านที่ไม่มีเปลือกหอย และปริมาณเปลือกหอยที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ค่าความร้อนของถ่านที่มีเปลือกหอยมีค่าลดลง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์เปลือกหอยในตัวอย่างถ่านกับค่าความร้อน มีค่าเท่ากับ -0.69 ดังแสดงในภาคผนวก ค(ตารางที่ ค.14) ซึ่งแสดงว่า ปริมาณเปลือกหอยที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความร้อนของถ่านลดลง



4.7 เวลาที่ใช้ในการจุดติดไฟ

โดยคุณสมบัติของถ่านที่ดีควรจะจุดติดไฟได้ง่าย ใช้เชื้อเพลิงและเวลาในการจุดติดไฟน้อย จากการทดสอบหาเวลาในการจุดติดไฟของตัวอย่างถ่านที่ผสมลิกไนท์ในอัตราส่วนต่างๆ ซึ่งเป็นถ่านที่เก็บไว้เกือบหนึ่งเดือนหลังจากนำถ่านออกมาจากเตาเผา ลักษณะของการเก็บรักษาจะเก็บไว้ในถุงเปิด ในห้องเก็บของที่มีอากาศถ่ายเทได้ ได้ผลดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แผนภูมิแสดงเวลาที่ใช้ในการจุดติดของถ่านไม้และถ่านที่มีลิกไนท์ในสัดส่วนต่างๆ

จากรูปที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่าถ่านไม้จุดติดไฟง่ายที่สุด ส่วนถ่านที่มีลิกไนท์นั้นจุดติดไฟได้ยากกว่ามาก ซึ่งเป็นผลมาจากค่าการดูดความชื้นของถ่านในแต่ละสัดส่วนดังที่ได้กล่าวมาในหัวข้อที่ 4.4 การวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดความชื้น ถ่านที่เก็บไว้นานจะดูดความชื้นไว้มากทำให้จุดติดยาก

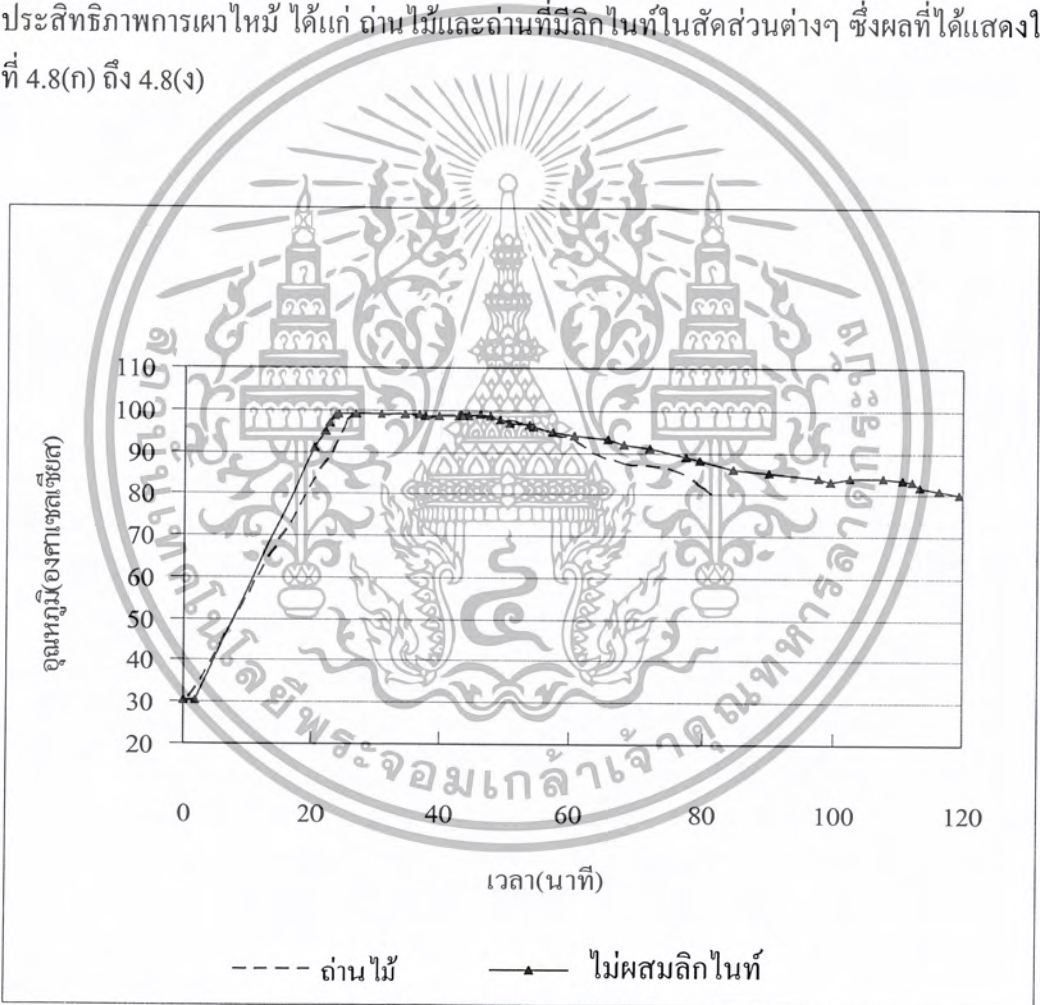
เปอร์เซ็นต์การดูดความชื้นเฉลี่ยมีผลต่อเวลาที่ใช้ในการจุดติดไฟ เพราะค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ดูดความชื้นเฉลี่ยกับเวลาในการจุดติดไฟของถ่านที่มีการผสมลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

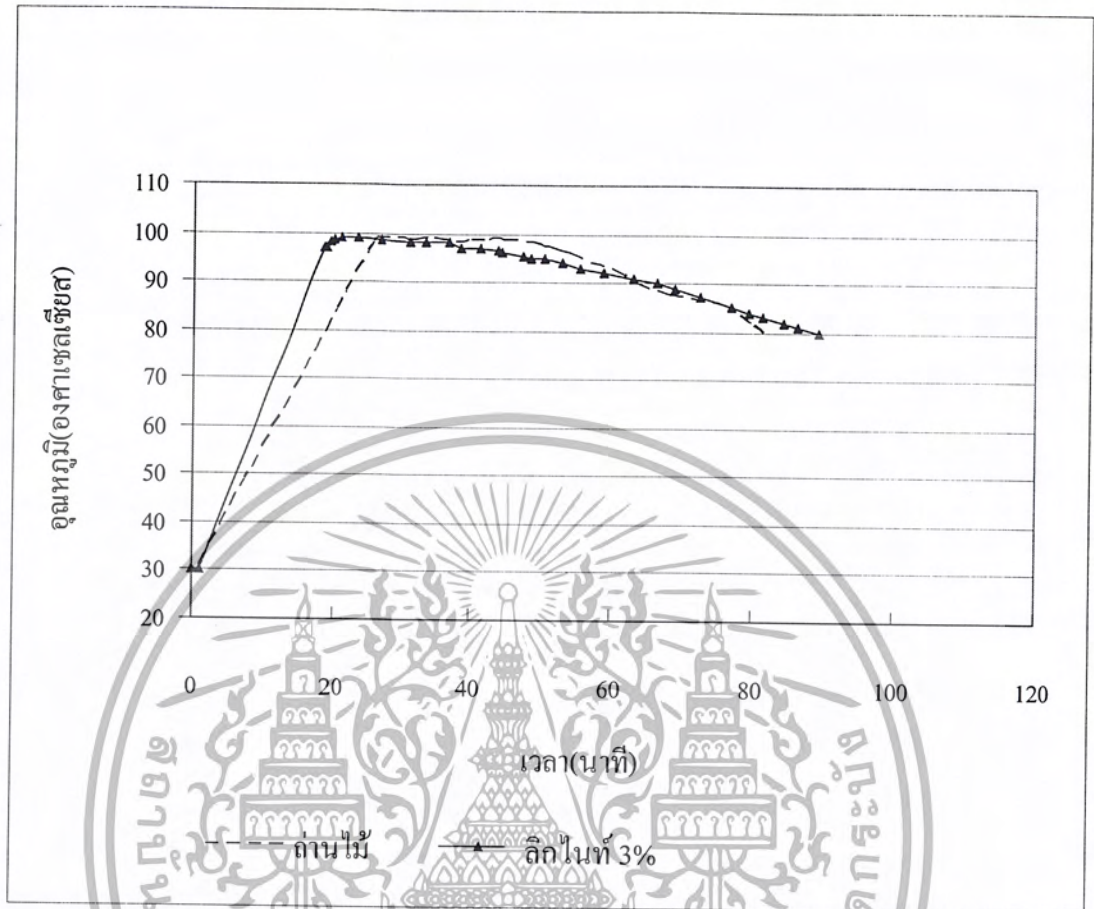
ไนท์มีค่าเท่ากับ 0.83 ดังแสดงในภาคผนวก ค(ตารางที่ ค.7) แสดงว่าถ่านที่ดูดความชื้นไว้มากจะทำให้จุดติดไฟได้ยาก

4.8 ประสิทธิภาพการเผาไหม้และลักษณะการเผาไหม้

ประสิทธิภาพการเผาไหม้สามารถวิเคราะห์ได้โดยการนำตัวอย่างถ่านที่มีน้ำหนัก 150 กรัม มาต้มน้ำที่มีปริมาตร 900 มิลลิลิตร ดังแสดงในภาคผนวก ข(หัวข้อที่ 6) สัดส่วนที่นำมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการเผาไหม้ ได้แก่ ถ่านไม้และถ่านที่มีลิควินท์ในสัดส่วนต่างๆ ซึ่งผลที่ได้แสดงในรูปแบบที่ 4.8(ก) ถึง 4.8(ง)

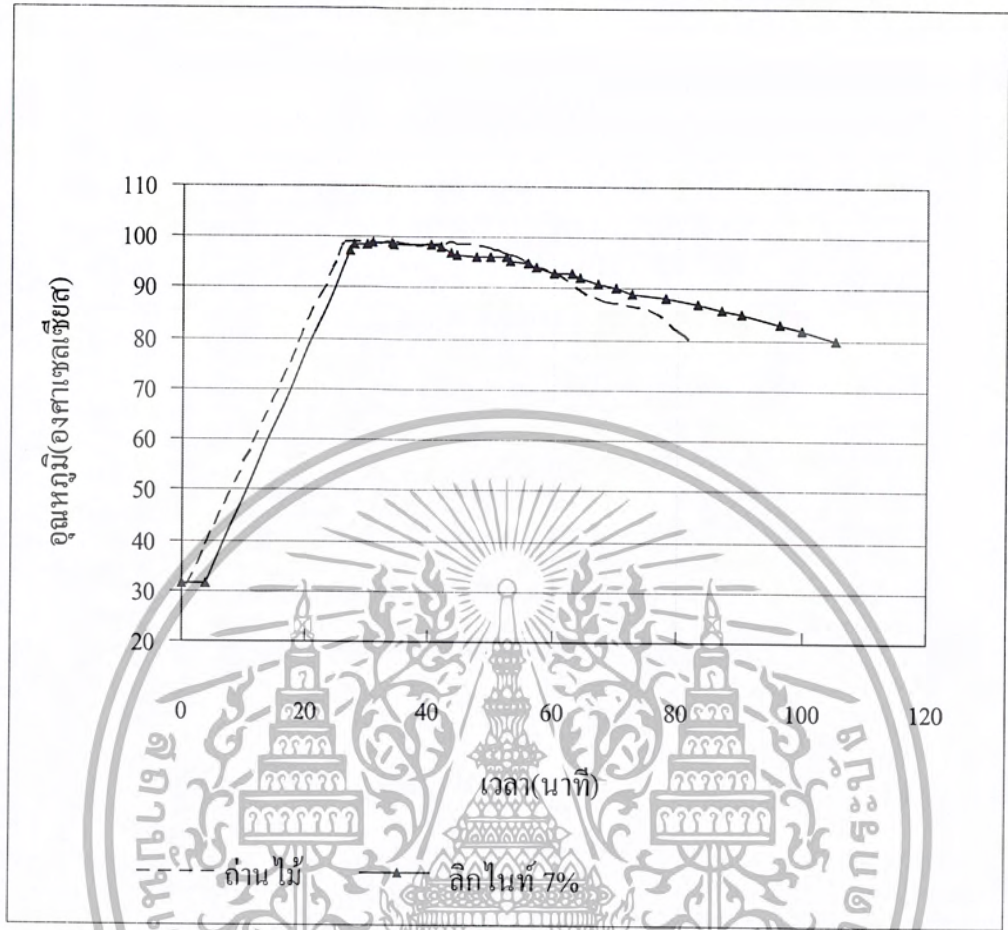


รูปที่ 4.8(ก) แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบการต้มน้ำระหว่างถ่านไม้กับถ่านที่ไม่ผสมลิควินท์



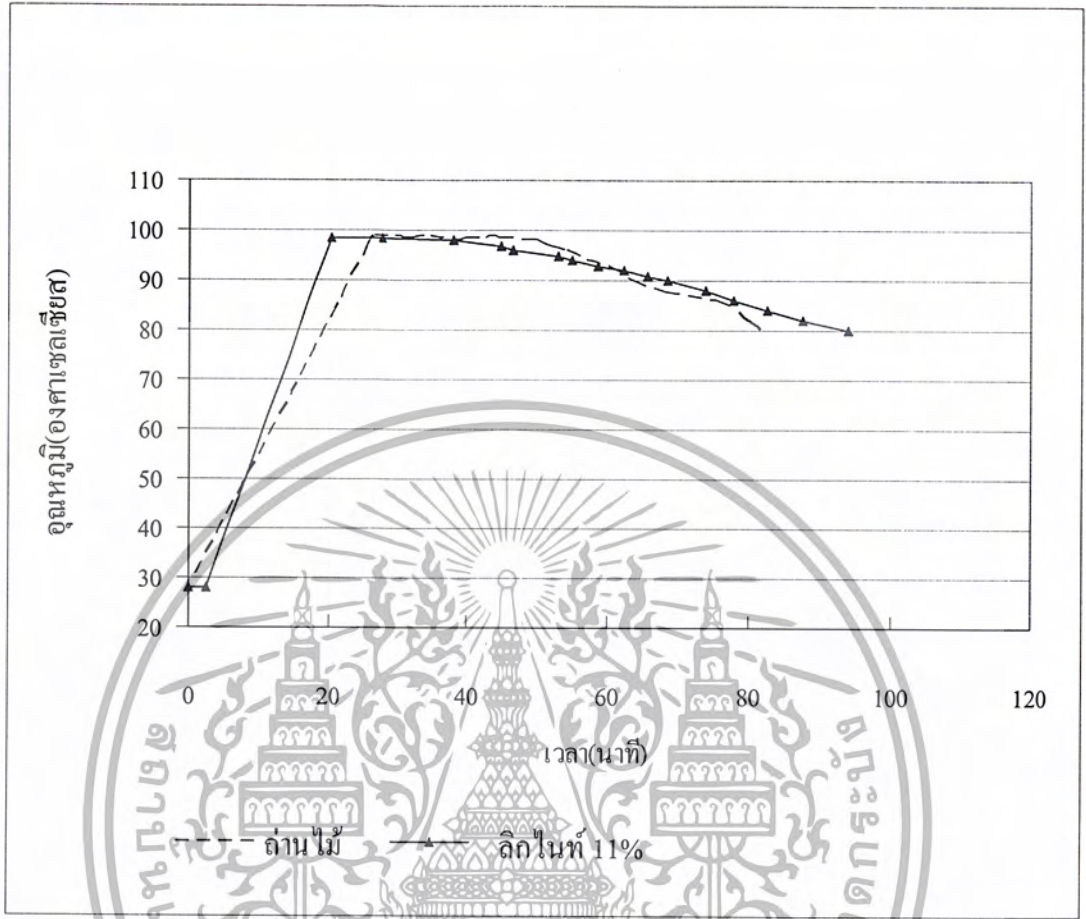
รูปที่ 4.8 (ข) แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบการต้มน้ำระหว่างด่านไม้กับด่านที่ผสมลิกไนท์ 3%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



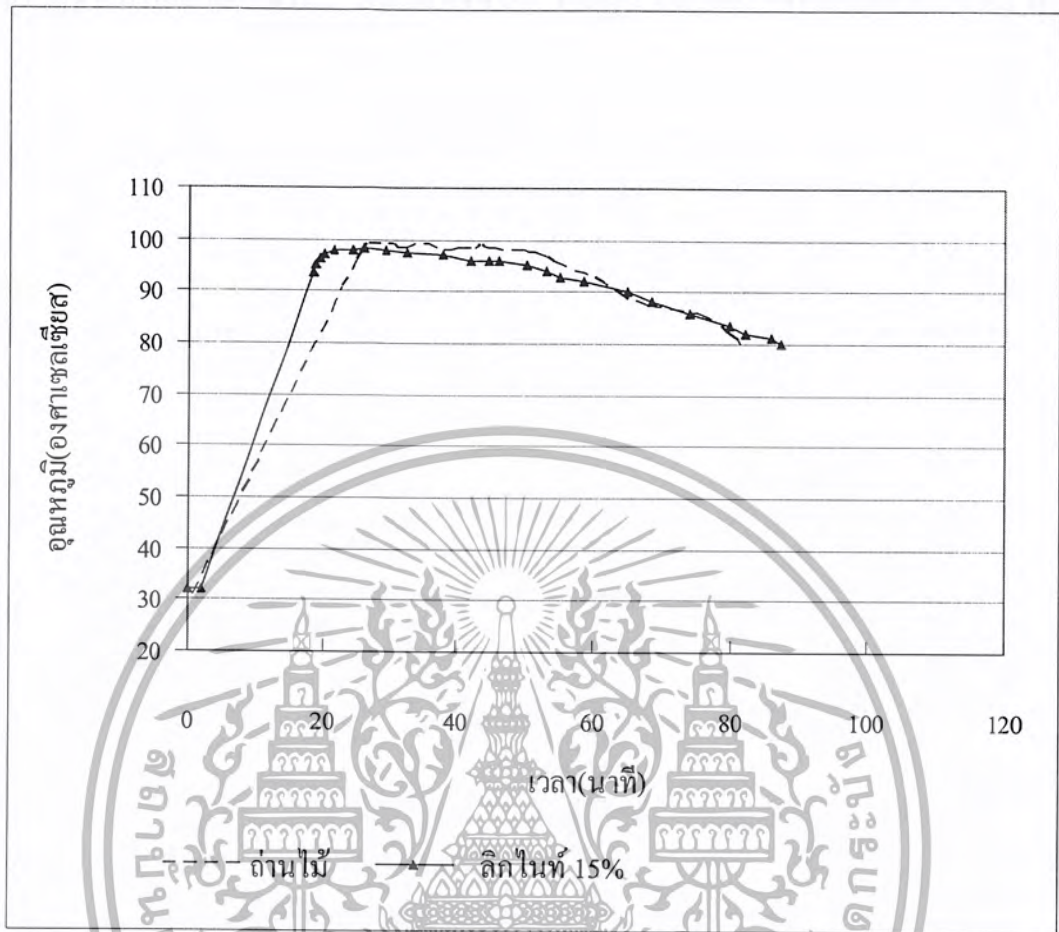
รูปที่ 4.8 (ค) แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบการค้มน้ำระหว่างด่านไม้กับถ่านที่ผสมลิกไนท์ 7%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 (ง) แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบการคั่งน้ำระหว่างด่านไม้กับด่านที่ผสมลิกไนท์ 11%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8(จ) แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบการค้มน้ำระหว่างถ่านไม้กับถ่านที่ผสมลิกไนต์ 15%

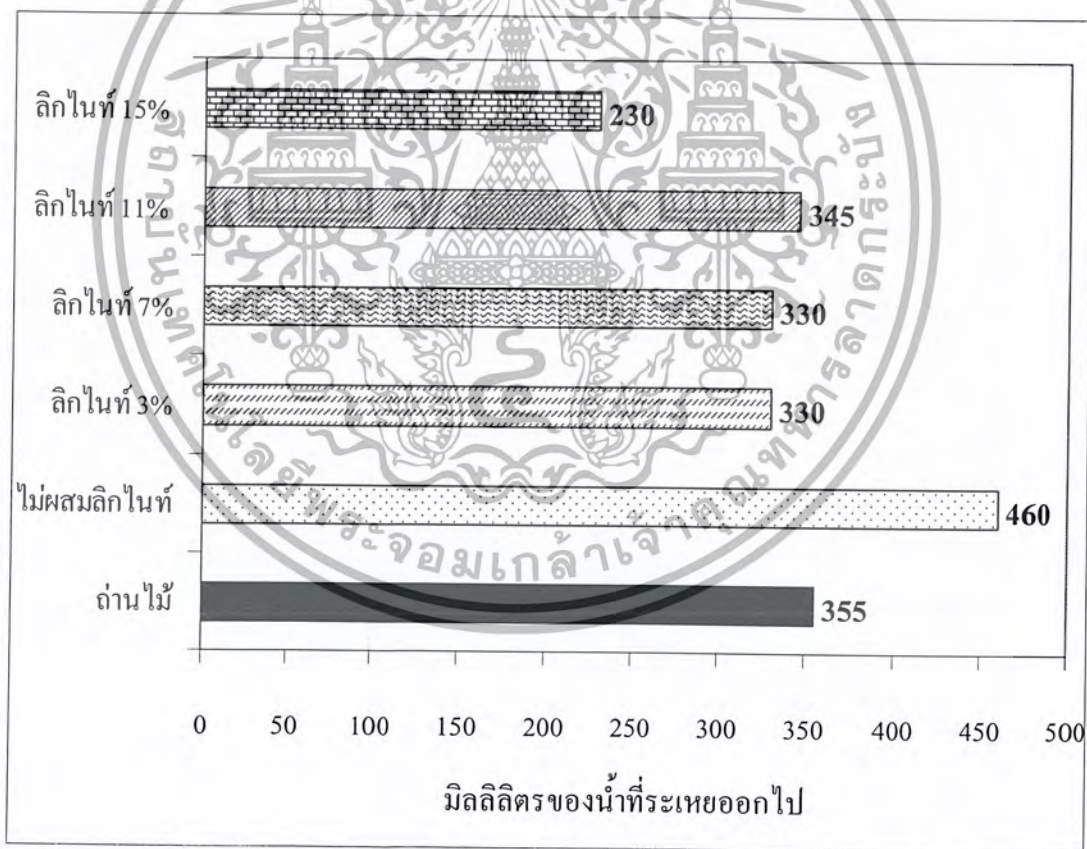
จากผลการทดลองพบว่าถ่านทุกสัดส่วนยกเว้นถ่านไม้ไม่มีการปลดปล่อยควันออกมาตั้งแต่เริ่มจุดไปจนตลอดการเผาไหม้ ยกเว้นถ่านไม้จะมีควันมากในช่วงแรกที่เริ่มจุด และมีเขม่าออกมาเล็กน้อยตลอดการเผาไหม้ ในการทดลองค้มน้ำนั้นมียุทธศาสตร์หลายอย่างที่ควบคุมได้ยากและมีผลต่อการทดลอง เช่น กระแสลม อุณหภูมิอากาศ การจัดเรียงตัวของถ่านในเตาเผา ขนาดของก้อนถ่านแต่ละก้อน ซึ่งไม่อาจควบคุมให้เท่ากันได้ในการทดลองแต่ละตัวอย่าง แต่อย่างไรก็ตามสามารถสังเกตได้ว่าถ่านไม้ให้ช่วงเวลาน้ำเดือด(96 ถึง 100 องศาเซลเซียส)ได้นานกว่าตัวอย่างถ่านที่มีการผสมลิกไนต์ทุกตัวอย่างดังแสดงในรูป 4.8(ข) ถึง 4.8(ง) แต่สำหรับถ่านที่ไม่มีการผสมลิกไนต์ในรูปที่ 4.8(ก) จะให้ช่วงเวลาน้ำเดือดได้ใกล้เคียงกับตัวอย่างถ่านไม้ ซึ่งตรงกับผลการทดลองของค่าความร้อน ซึ่งถ่านที่ไม่มีการผสมลิกไนต์มีค่าความร้อนสูงใกล้เคียงกับถ่านไม้ ข้อสังเกตอีกอย่างหนึ่งคือถ่านทุกตัวอย่างให้การเผาไหม้นานกว่าตัวอย่างถ่านไม้ ซึ่งถ่านไม้มีความหนาแน่นต่ำ เป็นที่รู้กันดีว่าเชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นสูงจะให้การเผาไหม้ได้นานกว่าเชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะในเชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นสูงออกซิเจนแพร่เข้าไปทำปฏิกิริยาได้ยาก ในกรณีนี้ก็เช่นเดียวกัน ถ่านทุกตัวอย่างมีค่าความหนาแน่นสูงกว่าถ่านไม้จึงเผาไหม้ได้ยาวนานกว่าถ่านไม้ และปลดปล่อยความร้อนออกมาอย่างช้าๆ ไม่รุนแรงเท่าถ่านไม้

นอกจากนี้พบว่าประสิทธิภาพการเผาไหม้จะขึ้นกับค่าความร้อนของถ่าน ถ่านที่มีค่าความร้อนสูงจะมีประสิทธิภาพการเผาไหม้ดีกว่าถ่านที่มีค่าความร้อนต่ำกว่า

จากการวัดปริมาณน้ำที่เหลือจากการต้มน้ำแล้วคำนวณหาปริมาณน้ำที่ระเหยออกไป ปริมาณน้ำที่ระเหยออกไปจะเป็นตัวแสดงความสามารถในการให้ความร้อนของถ่าน ถ่านที่มีความสามารถในการให้ความร้อนสูงจะระเหยน้ำออกไปได้มาก จากการทดลองพบว่าถ่านที่ไม่มีการผสมลิกไนท์ ให้ความสามารถในการให้ความร้อนสูงสุด รองมาเป็นถ่านไม้ ถ่านที่มีการผสมลิกไนท์ 15% ให้ความสามารถในการให้ความร้อนของค่าสุดดังแสดงในรูปที่ 4.8(ก)



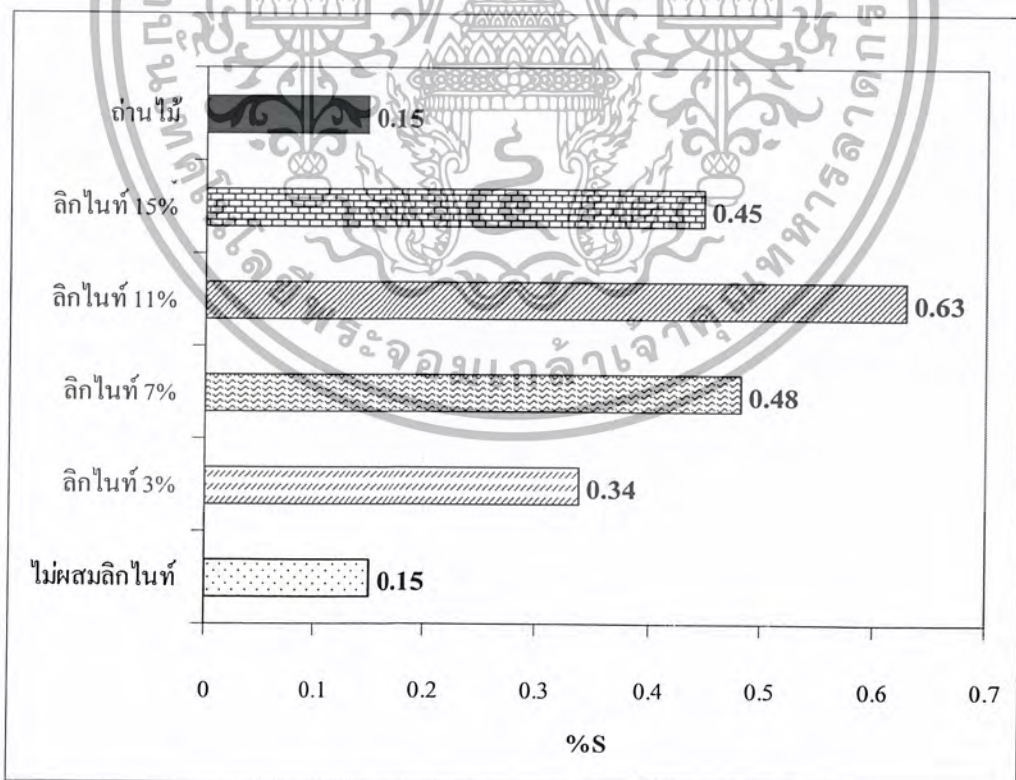
รูปที่ 4.8 (ก) แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการให้ความร้อนของถ่านในแต่ละสัดส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากการทดลองประสิทธิภาพการเผาไหม้พบว่า ถ่านที่ไม่มีการผสมลิกไนท์ให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้สูงสุด แม้ว่าจะมีค่าความร้อนต่ำกว่าถ่านไม้เล็กน้อย แต่ในการใช้งานจริง ถ่านที่ไม่มีการผสมลิกไนท์ไม่สูญเสียพลังงานออกไปในรูปของควันและเขม่าเหมือนกับที่เกิดขึ้นกับถ่านไม้ ส่วนถ่านที่มีการผสมลิกไนท์ให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ต่ำกว่าอย่างเห็นได้ชัด จึงกล่าวได้ว่าไม่มีความจำเป็นที่ต้องผสมลิกไนท์เข้าไปในแท่งเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของแกลบและชานอ้อย ในกรณีที่ใช้วิธีการอัดแท่งโดยใช้ความร้อนด้วยเครื่องอัดแบบสกรู

4.9 ปริมาณกำมะถันและการปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ในการทดลองหาปริมาณกำมะถัน จะวิเคราะห์หาปริมาณกำมะถันในรูปที่เผาไหม้เปลี่ยนเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้ ซึ่งจะแสดงอยู่ในรูป เปอร์เซ็นต์กำมะถัน ปริมาณกำมะถันของถ่านสัดส่วนต่างๆ ส่วนใหญ่มาจากลิกไนท์ที่ผสมเข้าไปก่อนทำให้แท่งเชื้อเพลิงเป็นถ่าน ซึ่งลิกไนท์ที่ใช้เป็นลิกไนท์เกรด A จากการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์กำมะถัน พบว่ามีค่าเท่ากับ 1.2% ปริมาณกำมะถันของถ่านที่ผสมลิกไนท์สัดส่วนต่างๆ แสดงในรูปที่ 4.9(ก)



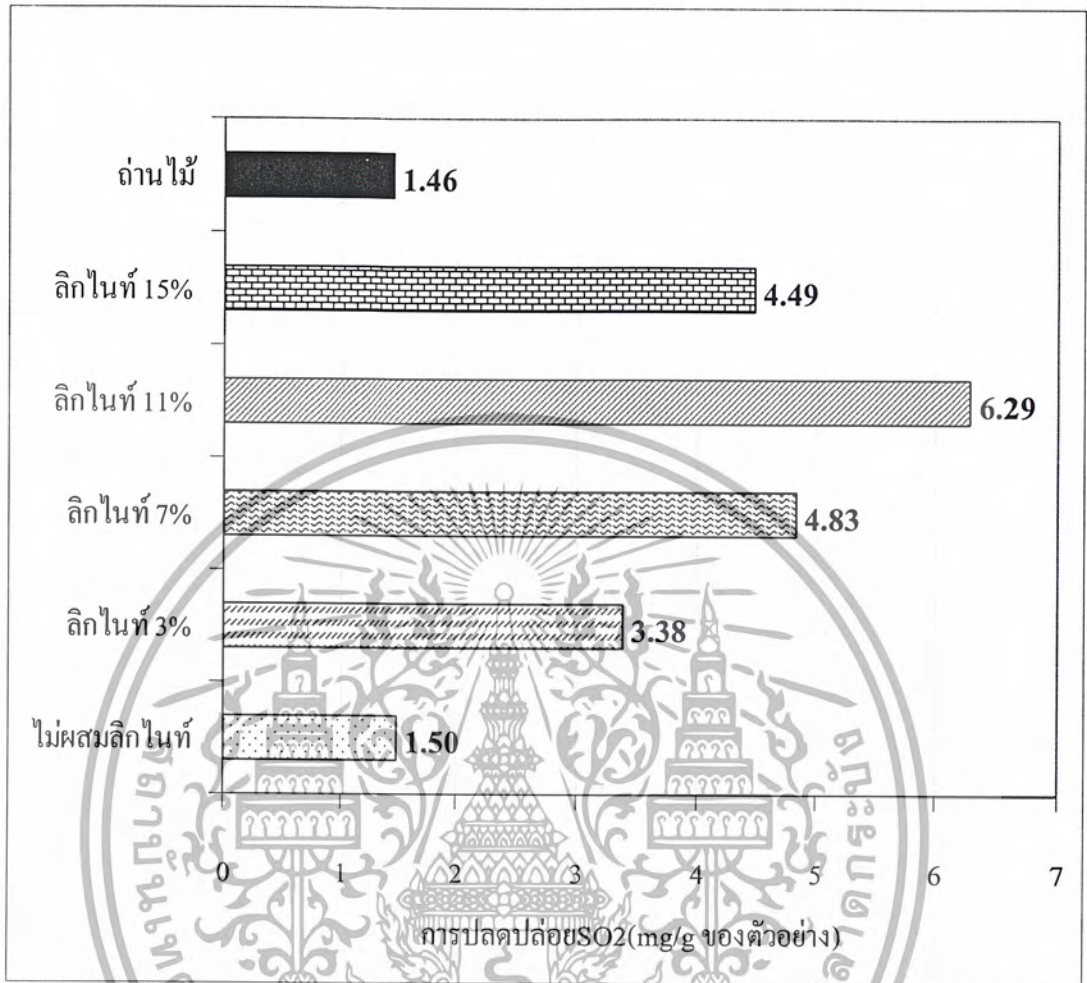
รูปที่ 4.9 (ก) แผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์ซัลเฟอร์ที่เผาไหม้ได้ของถ่านที่มีการผสมลิกไนท์ใน

สัดส่วนต่างๆ รวมถึงถ่านไม้และถ่านที่ไม่มีการผสมลิกไนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.9(ก) ปริมาณกำมะถันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนการผสมลิกไนท์ที่เพิ่มขึ้น ตั้งแต่ที่ไม่มีมีการผสมลิกไนท์เลยจนถึงถ่านที่มีการผสมลิกไนท์ 11% แต่เมื่อถึงสัดส่วนถ่านที่มีการผสมลิกไนท์ 15% ปริมาณกำมะถันกลับลดต่ำลง เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าปริมาณกำมะถันได้รับผลมาจากค่าความหนาแน่นที่แตกต่างกันของแท่งเชื้อเพลิง เพราะแท่งเชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นสูง สารประกอบของกำมะถันที่อยู่ในรูปของก๊าซที่เกิดจากการทำให้เป็นถ่าน จะกระจายตัวออกจากแท่งเชื้อเพลิงได้ยาก จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นเฉลี่ยโดยประมาณกับปริมาณกำมะถันของถ่านที่มีการผสมลิกไนท์ มีค่าเท่ากับ 0.82 ดังแสดงในภาคผนวก ค (ตารางที่ ค.9) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นเฉลี่ยโดยประมาณกับปริมาณกำมะถันของถ่านที่มีเปลือกหอย มีค่าเท่ากับ 0.72 ดังแสดงในภาคผนวก ค(ตารางที่ ค.10) แสดงว่าความหนาแน่นมีผลต่อปริมาณกำมะถันของถ่าน ค่าความหนาแน่นของถ่านที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณกำมะถันของถ่านเพิ่มขึ้น

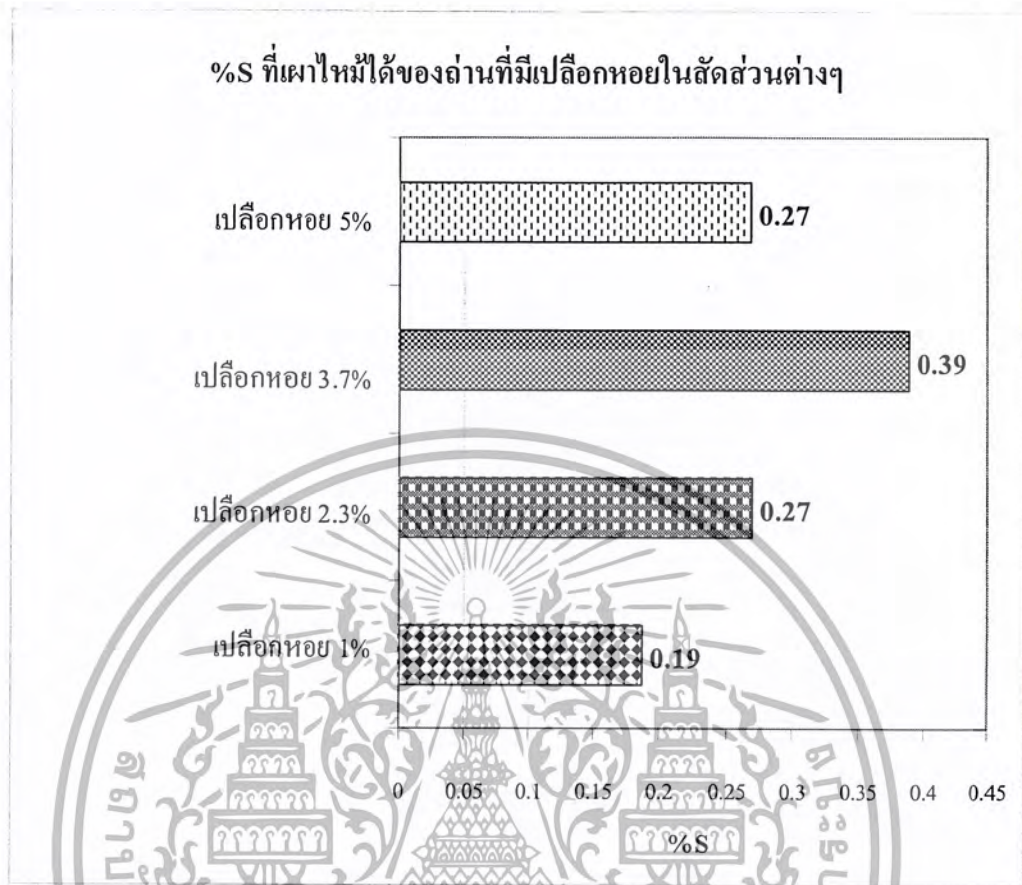
หากพิจารณาถึงคุณภาพของถ่านในด้านปริมาณกำมะถัน ถ่านที่ไม่มีมีการผสมลิกไนท์และถ่านไม่มีคุณภาพมากกว่าถ่านที่มีการผสมลิกไนท์ เพราะมีปริมาณกำมะถันน้อยกว่า เมื่อถ่านเผาไหม้ กำมะถันจะถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เป็นสารพิษ ซึ่งมีปริมาณการปลดปล่อยจะขึ้นตรงกับปริมาณกำมะถันในถ่าน ดังที่แสดงในรูป 4.9(ข) ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับรูปที่ 4.9(ก) ถ่านที่ไม่มีลิกไนท์และถ่านไม่ให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่ำสุด



รูปที่ 4.9 (ข) แผนภูมิแสดงการปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของถ่านที่มีการผสมลิกไนท์ในสัดส่วนต่างๆรวมถึงถ่านไม้และถ่านที่ไม่มีการผสมลิกไนท์

4.10 ประสิทธิภาพการยับยั้งซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของเปลือกหอย

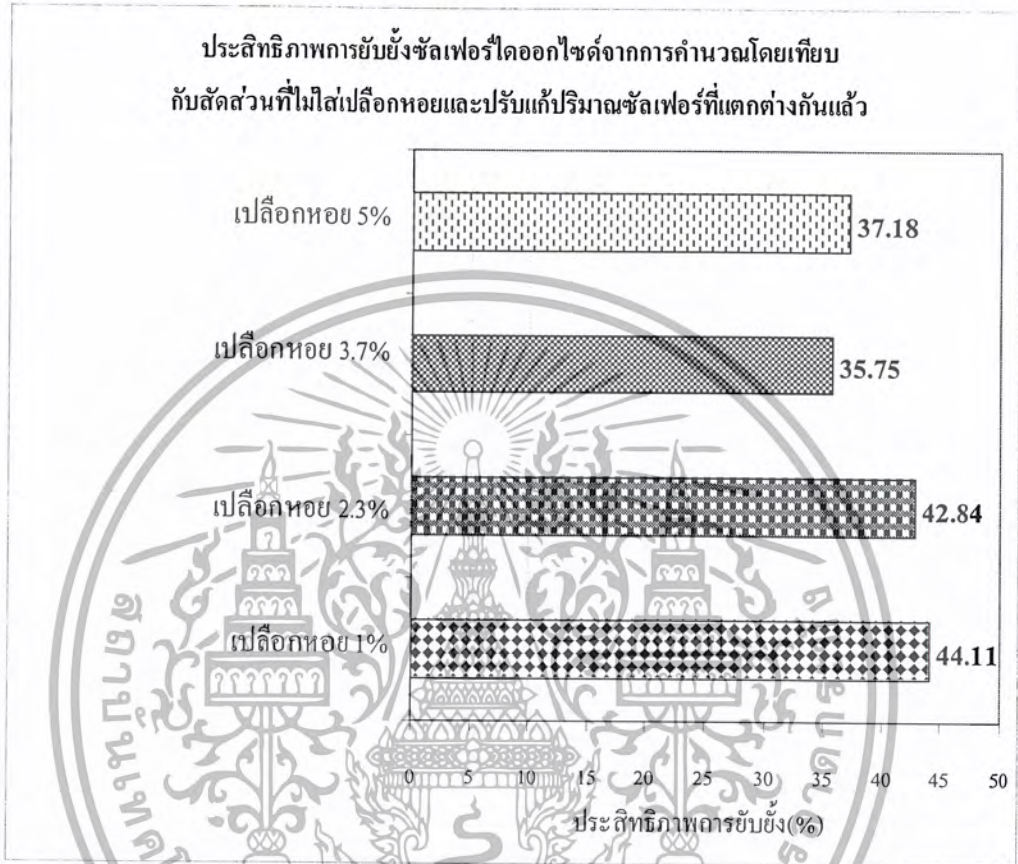
ปริมาณกำมะถันของถ่านที่มีเปลือกหอยในสัดส่วนต่างๆถูกแสดงดังรูปที่ 4.9(ก)



รูปที่ 4.9 (ก) แผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์ซัลเฟอร์ที่เผาไหม้ได้ของถ่านที่มีเปลือกหอยในสัดส่วนต่างๆ

จากรูปที่ 4.9(ก) ลักษณะของแผนภูมิจะใกล้เคียงกับแผนภูมิที่แสดงปริมาณกำมะถันของถ่านที่มีการผสมลิกไนท์แต่ไม่มีเปลือกหอย ในรูปที่ 4.9(ก) ซึ่งเป็นผลมาจากค่าความหนาแน่นเช่นเดียวกัน เพราะค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นเฉลี่ยโดยประมาณกับปริมาณกำมะถันในถ่านที่มีเปลือกหอย ได้ค่าเท่ากับ 0.72 ดังแสดงในภาคผนวก ค(ตารางที่ ค.10) แผนภูมิแสดง %S ที่เผาไหม้ได้ของถ่านที่มีเปลือกหอยแตกต่างกับแผนภูมิแสดง%S ที่เผาไหม้ได้ของถ่านที่มีการผสมลิกไนท์ ตรงที่ปริมาณกำมะถันมีค่าต่ำกว่าแสดงว่าเปลือกหอยอาจมีคุณสมบัติในการยับยั้งซัลเฟอร์รวมถึงซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในระหว่างการทำให้เป็นถ่านซึ่งสามารถพิสูจน์ได้จากการคำนวณหาประสิทธิภาพการยับยั้งซัลเฟอร์หรือซัลเฟอร์ไดออกไซด์ซึ่งจะใช้การเปรียบเทียบระหว่างปริมาณกำมะถันในสัดส่วนที่ไม่มีเปลือกหอยก่อนการทำให้เป็นถ่านกับสัดส่วนที่ผสมเปลือกหอยเข้าไปและทำให้เป็นถ่านแล้ว โดยนำค่าปริมาณกำมะถันที่มีอยู่ทั้งหมดใน

แต่ละสัดส่วนมาคำนวณด้วย เพื่อให้ไม่มีความผิดพลาดจากปริมาณค่ามอดินที่แตกต่างกันระหว่าง ตัวอย่างที่นำมาเปรียบเทียบ ผลที่ได้แสดงในรูปที่ 4.9(ข)



รูปที่ 4.9 (ข) แผนภูมิแสดงประสิทธิภาพการยับยั้งซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากการคำนวณโดยเทียบกับสัดส่วนที่ไม่ใส่เปลือกหอยและปรับแก้ปริมาณซัลเฟอร์ที่แตกต่างกันแล้ว

จากรูปที่ 4.9(ข) ถ้านผสมเปลือกหอย 3% ให้ประสิทธิภาพการยับยั้งซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงสุดที่ 44.11% รองมาเป็นถ่านผสมเปลือกหอย 7% จากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการยับยั้งซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับค่าความหนาแน่นของสัดส่วนที่มีเปลือกหอย ได้ค่าเท่ากับ -0.99 ดังแสดงในภาคผนวก ก(ตารางที่ ก.19) หมายความว่าค่าความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นของถ่านที่มีเปลือกหอยทำให้ประสิทธิภาพการยับยั้งซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของเปลือกหอยลดลงอย่างชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาหาสัดส่วนที่เหมาะสมของการผสมลิกไนท์ลงในเชื้อเพลิงอัดแท่ง จากการวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆของถ่านที่มีส่วนประกอบของลิกไนท์เมื่อใช้การอัดแท่งโดยใช้ความร้อนด้วยเครื่องอัดแบบสกรู พบว่าถ่านที่มีส่วนประกอบของลิกไนท์ที่มีคุณสมบัติที่ด้อยกว่าถ่านที่ไม่มีส่วนผสมลิกไนท์และถ่านไม้เกือบทุกด้านไม่ว่าจะเป็นในด้านค่าความร้อน ปริมาณกำมะถัน การจุดติดไฟ ดังตารางที่ 5.1 แต่ข้อเด่นของถ่านที่มีการผสมลิกไนท์คือเผาไหม้ได้ยาวนานกว่าถ่านไม้ หากนำไปใช้งานจึงควรนำไปใช้ในการปิ้งย่าง ที่ต้องการการให้ความร้อนในระยะเวลานาน เพื่อเป็นการประหยัดถ่าน ไม้เหมาะที่จะนำมาใช้หุงต้มอาหาร

พารามิเตอร์	ค่าความร้อน	ปริมาณกำมะถัน	การจุดติดไฟ	อัตราการเผาไหม้
ถ่านชนิดต่างๆ				
ถ่าน ไม้	สูงสุด	ต่ำ(0.15)	ติดง่ายที่สุด	เร็วที่สุด
ถ่านกลบผสม ขานอ้อย	ใกล้เคียงถ่าน ไม้	ต่ำ(0.15)	ติดยากกว่าถ่าน ไม้	ช้าที่สุด
ถ่านผสมลิกไนท์	ต่ำสุด	สูง(0.34-0.63)	ติดยากที่สุด	นานกว่าถ่าน ไม้

ตารางที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านต่างๆของถ่านแต่ละชนิด

ค่าความหนาแน่นที่สูงกว่าถ่าน ไม้ของถ่านทุกสัดส่วนที่ผลิตขึ้น ทำให้เผาไหม้ได้ยาก มีอัตราการเผาไหม้ที่ช้ากว่า เหลือเชื้อเถ้าจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์มากกว่า นอกจากนี้ค่าความหนาแน่นยังส่งผลต่อถ่านทุกสัดส่วนในเรื่องของค่าความชื้น ซึ่งถ่านที่มีความหนาแน่นมากจะมีค่าความชื้นต่ำกว่าถ่านที่มีความหนาแน่นน้อย ในด้านปริมาณกำมะถัน ความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นของแท่งเชื้อเพลิงทำให้ถ่านมีปริมาณกำมะถันสูงขึ้น ซึ่งโดยปกติแล้วการทำให้เป็นถ่านจะไล่กำมะถัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และธาตุอื่นๆออกจากแท่งเชื้อเพลิงให้เหลือแต่ธาตุคาร์บอน แสดงว่าในแท่งเชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นสูง กำมะถันถูกขับออกจากแท่งเชื้อเพลิงได้ลำบาก จึงเหลือปริมาณกำมะถันในถ่านมาก

ในด้านของประสิทธิภาพการขยับยั้งซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เปลือกหอยสามารถขยับยั้งซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้จริงในระหว่างการทำให้เป็นถ่าน ความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นทำให้ถ่านที่มีเปลือกหอยมีประสิทธิภาพการขยับยั้งซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลดลง แสดงว่าถ่านที่มีความหนาแน่นสูง ปฏิบัติการขยับยั้งซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะเกิดได้ยากขึ้น

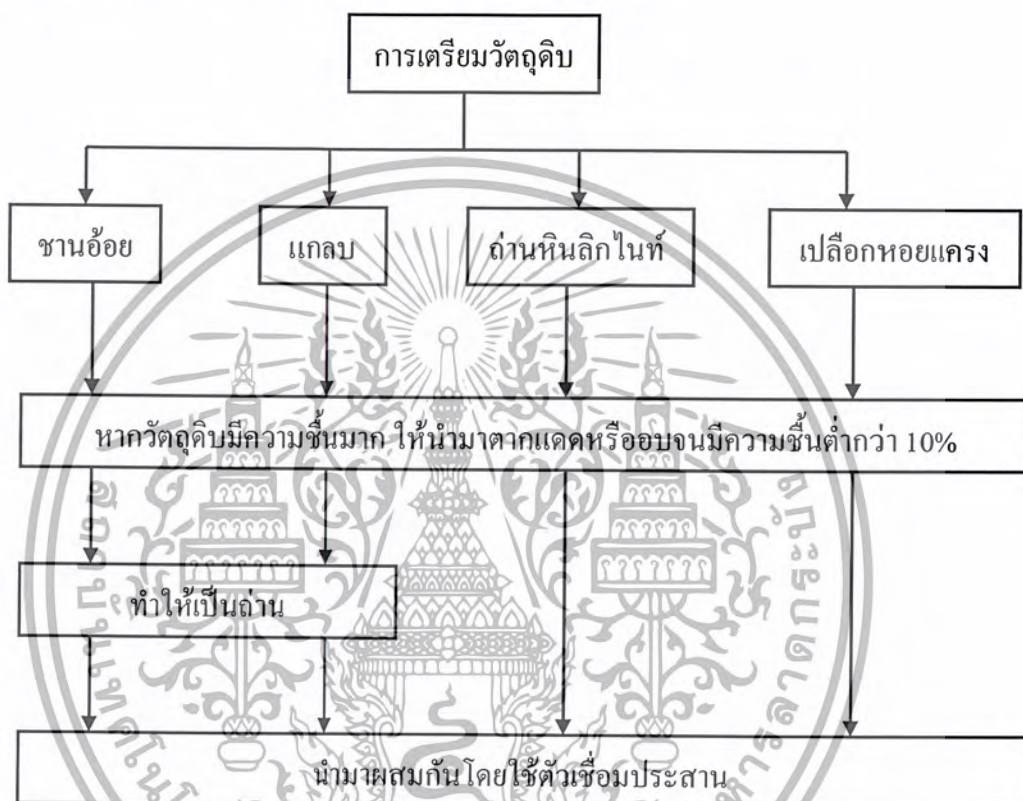
จากการวิเคราะห์เวลาในการจุดติดแสดงให้เห็นว่าการดูดความชื้นของถ่านมีผลต่อเวลาในการจุดติด จากผลการทดลองค่าความชื้นและเปอร์เซ็นต์การดูดความชื้น พบว่าถ่านที่เก็บไว้นานหนึ่งเดือนจะมีความชื้นสูงกว่าถ่านที่นำออกจากเตาเผาได้หนึ่งถึงสองวัน

จากผลการทดลองทั้งหมดจึงสามารถสรุปได้ว่า ถิกไนท์ไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการให้ความร้อนในแท่งเชื้อเพลิงด้วยการอัดแท่งแบบใช้ความร้อนด้วยเครื่องอัดแบบสกรู เพราะเนื้อถ่านหินถิกไนท์บางส่วนจะสูญเสียไปเป็นเถ้าระหว่างกระบวนการเผาให้เป็นถ่าน



5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรใช้วิธีการเตรียมวัตถุดิบและอัดแท่งแบบใหม่ โดยนำวัตถุดิบแต่ละชนิดไปเผาให้เป็นถ่านก่อนแล้วจึงนำมาอัดแท่งโดยใช้ตัวเชื่อมประสาน(แป้งมัน ดินเหนียว ฯลฯ) เพื่อลดการสูญเสียคาร์บอนของลิกไนท์ระหว่างกระบวนการเผาให้เป็นถ่าน



รูปที่ 5.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการผลิตถ่านในแนวคิดใหม่

2. ในกรณีที่ต้องการอัดแท่งแบบใช้ความร้อนด้วยเครื่องอัดแบบสกรู ควรมีการออกแบบเครื่องอัดแท่งให้สามารถอัดชานอ้อยให้เป็นแท่งเชื้อเพลิงที่สมบูรณ์ได้ เนื่องจากการทดลองในครั้งนี้ใช้เครื่องอัดแท่งที่ออกแบบมาสำหรับการอัดแท่งแกลบเท่านั้น ประสิทธิภาพของแท่งเชื้อเพลิงจึงไม่ดีเท่าที่ควร

3. ควรนำส่วนผสมชนิดอื่น ซึ่งมีค่าความร้อนสูงและมีอยู่เป็นจำนวนมากในธรรมชาติ ซึ่งอาจจะเป็นวัสดุเหลือใช้รวมทั้งมีราคาที่ถูก นำมาทดลองผสมพร้อมทั้งอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิง เช่น กะลามะพร้าว ชังข้าวโพด กากปาล์ม เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

ชัชชนก โชคชัยเจริญ, พิมสิรินทร์ แดงสระน้อย, และอาทิตย์ วาณิชชิตศักดิ์. (2545). ปัจจัยที่มีผลต่อการคงตัวของถ่านที่ผลิตจากการเผาไหม้ถ่านแกลบ. รายงานวิจัยโครงการพิเศษ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

Fuel Switching. (ม.ป.ป.). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

http://www.efe.or.th/Bio_Article/Fuel_Switching.htm. (วันที่ค้นข้อมูล : 12 สิงหาคม 2546).

พลังงานชีวมวล. (ม.ป.ป.). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

http://www.dedp.go.th/renew/bio_p.htm. (วันที่ค้นข้อมูล : 12 สิงหาคม 2546).

Biomass Briquetting: Technology and Practices. (2002, December) [Online].

Available : <http://www.rwedp.org/fd46ch1.html>. (Access date : October 16, 2003).

Product Informations. (n.d.) [Online].

Available : http://my.netian.com/~gnccoltd/product_informations.html.

(Access date : October 18, 2003).

Characterization of Rice Straw. (n.d.) [Online].

Available : <http://www.syix.com/rrb/94rpt/RiceStraw.htm>.

(Access date : October 18, 2003).

Basic principles of biomass combustion. (n.d.) [Online].

Available : <http://www.ieabcc.nl/overview/basicprinciples.html>.

(Access date : August 25, 2003).

Country Report - Thailand MAE MOH LIGNITE MINE. (1997, December) [Online].

Available : <http://www.icemap.org/rs-en-c10.htm>.

(Access date : October 20, 2003).

Co-combustion. (n.d.) [Online].

Available : <http://www.ieabcc.nl/overview/cocombustion.html>.

(Access date : August 25, 2003).

Kim, H., LU, G., LI T., & Sadakata, M. (2002). Binding and Desulfurization

Characteristics of Pulp Black Liquor in Biocoal briquettes. (pp. 1607-1612).

Environmental Science & Technology.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
ข้อมูลชีวมวลชนิดต่างๆในประเทศไทย

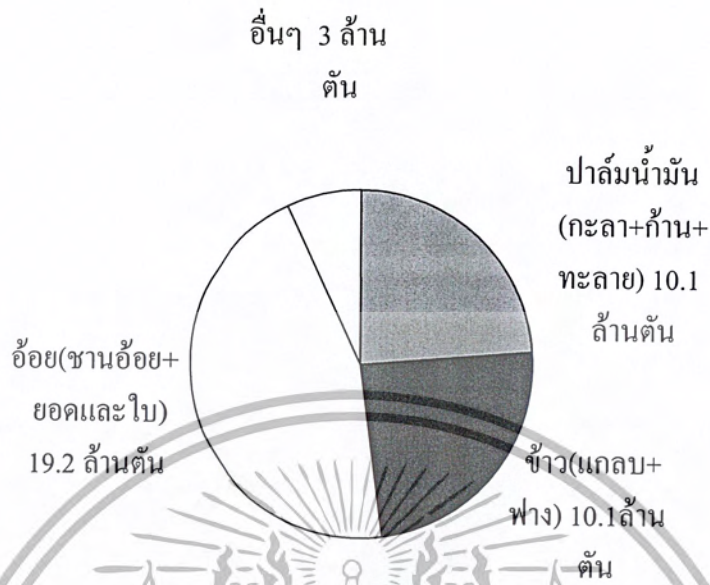
ตารางที่ ก.1 การเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด

ชนิดของเชื้อเพลิง ปัจจัยเปรียบเทียบ	น้ำมันเตา Bunker Oil C	ลิกไนท์ Lignite	กะลาปาล์ม Oil palm shell	เศษไม้ต่างๆ Parawood	แกลบ Rice husk	ฟางข้าว Rice straw	กากมันสำปะหลัง Tapioca slurry
ค่าความร้อน (เมกะจูล/กก.)	41.1	9-19	17	8.6	12.8	13.5	8*
(กิโลแคลอรี /กก.)	(9,823)	-	(4,063)	(2,055)	(3,059)	(3,227)	(1,912)
ราคาชีวมวลรวมค่าขนส่ง ** (บาท/ตัน)	8,000	-	600	350	500	1,000	450
ต้นทุน บาท/ 1000 กิโลแคลอรี	0.81	0.30	0.15	0.17	0.16	0.31	0.24

*ที่ความชื้น 50 เปอร์เซ็นต์

**คิดที่ค่าขนส่ง 200 กม.

ที่มา www.dedp.go.th/renew/bio_g.html



รูปที่ ก.1 สัดส่วนและปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรของประเทศไทยที่ถูกทิ้งในปี พ.ศ. 2543
 (ที่มา : www.dedp.go.th/renew/bio_g.html)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

กระบวนการผลิตและวิธีวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่าน

กระบวนการผลิตถ่าน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่าน

1. ความคงตัวของถ่าน วิเคราะห์โดยใช้ค้อนน้ำหนัก

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

ถ่านของตัวอย่างที่ได้จากการเผาแล้ว

ค้อนน้ำหนักแสดงดังรูปที่ ก.1

แผ่นสังกะสี

เตาอังโล

การเตรียมตัวอย่าง

1. นำตัวอย่างถ่าน 150 กรัม มาเผาโดยแบ่งเป็น 3 ท่อนเท่าๆกัน ก้อนละประมาณ 50 กรัม โดยตัดให้พื้นผิวหน้าตัดของถ่านตัวอย่างมีลักษณะเรียบเสมอกันทั้ง 2 ด้าน
2. จากนั้นนำไปเผาในเตาอังโลจนได้ถ่านออกมา
3. ร่อนกระทั่งถ่านเย็น จากนั้นนำถ่านไปชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักถ่าน

วิธีการทดลอง

1. วางแผ่นสังกะสีลงบนถ่าน (ทำการทดลองกับตัวอย่างถ่านทีละครั้ง)
2. จากนั้นวางค้อนน้ำหนักลงบนแผ่นสังกะสี โดยเริ่มจากค้อนน้ำหนักที่มีน้ำหนักเบา ก่อน แล้วจึงทำการเพิ่มน้ำหนักค้อนเหล็กขึ้นไปเรื่อยๆ จนกระทั่งถ่านนั้นแตกออก
3. บันทึกน้ำหนักค้อนเหล็ก จากนั้นทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง โดยน้ำหนักถ่านที่นำมาทำการทดลอง ครั้งต่อไปจะต้องมีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด

2. ปริมาณเถ้า วิเคราะห์มาตรฐาน ASTM No.D.3516

1. เผาครุชชีเบล พร้อมฝาปิดในเตาเผา(Muffle furnace)ที่ตั้งอุณหภูมิไว้ 575 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำไปวางในเดสสิเคเตอร์จนกระทั่งอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วชั่งน้ำหนักโดยให้มีทศนิยม 4 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนัก
2. ชั่งตัวอย่างใส่ลงในครุชชีเบลโดยให้ตัวอย่าง จากนั้นนำไปอบในเตาเผา (Muffle furnace) ที่ตั้งอุณหภูมิ 575 องศาเซลเซียส (ปิดฝา)เป็นเวลา 1 ชั่วโมง(ทำการแบ่งชั่งตัวอย่าง เพื่อนำมาอบ ตามวิธีวิเคราะห์ความชื้น เพื่อหาค่า oven dry cellulose in specimen ,%)
3. เมื่อทำการเผาเสร็จให้นำครุชชีเบลพร้อมตัวอย่าง วางลงทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดลงบางส่วน จากนั้นนำไปวางไว้ในเดสิเคเตอร์จนกระทั่งอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก โดยให้มีทศนิยม4 ตำแหน่ง
4. ทำการเผาอีกครั้ง เป็นเวลา 15 นาที วางในเดสิเคเตอร์นำไปชั่งน้ำหนัก ทำซ้ำต่อไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้น้ำหนักคงที่

การคำนวณปริมาณเถ้า

$$\text{เถ้า}\% = \frac{(C-B)(100)(100)}{(A)(D)}$$

- เมื่อ
- A = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)
 - B = น้ำหนักครุชชีเบลพร้อมฝาปิด (กรัม)
 - C = น้ำหนักของตัวอย่างรวมกับครุชชีเบลพร้อมฝาปิด(กรัม)
 - D = oven dry cellulose in specimen ,%

3. การดูความชื้นของถ่าน

วิเคราะห์โดยชั่งน้ำหนักก่อนเชื้อเพลิงทั้งหมด ก่อนและหลังการเก็บถ่านไว้ในถุงพลาสติกที่เปิดดูเป็นเวลา 1 เดือนในที่ที่มีอากาศถ่ายเทสะดวก แล้วนำค่าน้ำหนักมาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็น%การดูความชื้นของถ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ความชื้น วิธีวิเคราะห์มาตรฐาน ASTM No. D.1348

1. อบครุชิลที่อุณหภูมิ 105 ± 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พร้อมฝาปิด จากนั้นนำไปวางในเดซิเคเตอร์จนกระทั่งเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วชั่งน้ำหนักโดยให้มีทศนิยม 4 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนัก
2. ใส่ตัวอย่างจำนวนประมาณ 10 กรัม ลงในครุชิลที่ถูกทำให้แห้งสนิท และปิดฝาให้เรียบร้อย จากนั้นนำชั่งน้ำหนักโดยให้มีทศนิยม 4 ตำแหน่ง กำหนดให้น้ำหนักที่ชั่งได้ คือ M
3. เปิดฝาและนำครุชิลที่มีตัวอย่างอยู่และฝาปิดไปวาง ในตู้อบที่ตั้งอุณหภูมิไว้ 105 ± 3 องศาเซลเซียส ทำการอบเป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยมีการผ่านอากาศแห้งเข้าไปทางด้านใต้ตู้อบตลอดระยะเวลาการอบ (ถ้าไม่มีการผ่านอากาศแห้งจะทำการอบเป็นเวลา 4 ชั่วโมง)
4. เมื่อเสร็จจากการอบ ให้ปิดฝาดังเดิมอย่างรวดเร็ว จากนั้นนำครุชิลออกจากตู้อบ แล้วนำไปเก็บไว้ในเดซิเคเตอร์ เพื่อให้เย็นเป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยจะเปิดฝาครุชิลออกชั่วคราวเพื่อให้ความดันภายในและภายนอกครุชิลเท่ากัน จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักให้มีทศนิยม 4 ตำแหน่ง
5. นำตัวอย่างกลับเข้าไปในตู้อบอีกครั้งทำการอบตัวอย่างตามวิธีข้างต้นอย่างน้อย 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวางไว้ในเดซิเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนักทำตามข้อ 3 ทำข้อ 4 ซ้ำไปเรื่อยๆ จนกระทั่งน้ำหนักที่ได้แตกต่างกับน้ำหนักที่ได้ก่อนหน้านี้ไม่มากกว่า 0.005 กรัม (หรือจนกระทั่งได้ค่าน้ำหนักเท่าเดิม) กำหนดให้ค่าน้ำหนักที่ได้นี้ คือ D
6. ห้ามวางตัวอย่างเพิ่มเข้าไปในตู้อบจนกว่าตัวอย่างแรกจะได้อัตราที่คงที่แล้ว

การคำนวณค่าความชื้น

$$\text{ค่าความชื้น ; \%} = [(M-D)/(M-T)] \times 100$$

$$\text{Moisture, Drybasis, (regain), \%} = [(M-D)/(D-T)] \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ M = มวลเริ่มต้นของตัวอย่างรวมกับครุชชีเบิล และฝาปิด (กรัม)

D = มวลแห้งของตัวอย่างรวมกับครุชชีเบิล และฝาปิด (กรัม)

T = มวลของครุชชีเบิลและฝาปิด (กรัม)

5. ค่าความร้อนและปริมาณกำมะถัน วิธีวิเคราะห์มาตรฐาน ASTM No.D.2015 และ No.D.3177
Method B(ดูรูป ก.1 และก.2 ประกอบ)

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างใส่ลงในครุชชีเบิลโลหะ โดยควรจะใช้น้ำหนักตัวอย่างเมื่อเกิดการเผาไหม้แล้ว มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นประมาณ 3 เคลวิน โดยน้ำหนักของตัวอย่างแต่ละประเภทควรเป็นดังนี้
เชื้อเพลิงตัวอย่าง ประมาณ 1 กรัม
Benzoic Acid ประมาณ 1.2 กรัม
2. นำครุชชีเบิลใส่ลงใน Ring support จากนั้นผูกลวดให้ความร้อน (firing wire) ที่มีความยาว 90 มิลลิเมตร จากอิเล็กโทรดหนึ่ง ไปยังอีกอิเล็กโทรดหนึ่ง แล้วนำด้ายสำลี (cotton) ที่ยาวประมาณ 30 มิลลิเมตร ผูกที่กึ่งกลางของลวดให้ความร้อน โดยให้ปลายของด้ายสำลี(cotton) สัมผัสกับตัวอย่างในครุชชีเบิล (ควรใช้ความยาวของลวดและด้ายคงที่ในแต่ละครั้งของการทดลอง)
3. บีบเปิดน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร ใส่ลงใน Bomb เพื่อดูดกลืนไอน้ำจากการสันดาป ประกอบ Bomb แล้วปิดฝาให้แน่น
4. ก่อয়อัดก๊าซออกซิเจนลงใน Bomb ผ่านทาง filling tube อย่างช้าๆเพื่อป้องกันออกซิเจนที่เข้าไปเผาตัวอย่างหกจากครุชชีเบิลทำการอัดก๊าซให้ได้ความดันประมาณ 30 บาร์ เมื่อได้ความดันที่ต้องการแล้วใช้ sealing cap ปิด filling tube ให้แน่น เพื่อป้องกันก๊าซออกซิเจนซึมออก
5. นำน้ำประปา 2100 กรัม ใส่ลงใน calorimeter vessel จากนั้นนำ Bomb ที่ใส่ตัวอย่างและก๊าซออกซิเจนเรียบร้อยแล้วใส่ลงไป สังเกตฟองอากาศที่รั่วออกมาจากฝา Bomb ถ้ามีให้รีบแก้ไขโดยนำ Bomb ขึ้นจาก calorimeter vessel แล้ว release ก๊าซออกซิเจนออก แล้วทำข้อ 4 ใหม่จนกว่าจะไม่มีก๊าซออกซิเจนรั่วออกมา
6. ถ้าไม่มีก๊าซออกซิเจนรั่วออกมาแล้ว ให้เลื่อนฝาปิด calorimeter vessel ลงมา โดยให้ Bomb firing plug เสียบเข้าไปในรูของ electrode socket ที่ด้านบนของ Bomb

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เราสามารถตรวจสอบความถูกต้องได้โดยกดปุ่มเปิดเครื่อง ON/OFF แล้วตามด้วยกดปุ่ม TEST บนแผงควบคุมจะต้องมีสัญญาณไฟติด
7. กรณีถ้าน้ำใน water jacket กับใน calorimeter vessel มีอุณหภูมิต่างกัน ควรจะทำให้น้ำทั้ง 2 ส่วนมีอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน โดยปรับที่ Balance control โดยถ้าหมุนตามเข็มนาฬิกาจะเพิ่มอุณหภูมิของน้ำใน jacket แต่ถ้าหมุนทวนเข็มนาฬิกาจะลดอุณหภูมิของน้ำใน jacket
 8. เมื่อสัญญาณไฟขึ้นที่ปุ่ม READY แสดงว่าเครื่องพร้อมที่จะทำงานแล้ว ให้ทำการวัดอุณหภูมิตอนเริ่มต้น (T₁) ให้กดปุ่ม THERMOMETER READER/VIBRATOR จากนั้นตามด้วยปุ่ม FIRE เพื่อเป็นการจุดระเบิด โดยต้องกดปุ่มนาน 2 วินาที และเพื่อจะตรวจสอบการจุดระเบิดว่าสำเร็จหรือไม่ ให้กดปุ่ม TEST จะต้องไม่มีสัญญาณไฟติด
 9. ให้อ่านค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 10 วินาที ไปจนกว่าอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นสูงสุดและคงที่ (T₂) (ประมาณ 6-8 นาที) อุณหภูมิสุดท้ายไม่ควรจะต่างกันเกิน 0.002 องศาเซลเซียส
 10. นำ Bomb ออกจาก calorimeter vessel ทำการปล่อยก๊าซออกซิเจนที่เหลือออกก่อน จากนั้นเปิดฝา
 11. Bomb นำ wash solution (เตรียม โดยเติม Methyl Orange 1 ml. ลงในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร) มาล้างกรูชิลข้างในตัวและฝา Bomb จนกระทั่งหมดความเป็นกรด สังเกตได้จากน้ำที่ล้างออกมาไม่เป็นสีชมพูแล้ว โดยเก็บน้ำที่ล้างแล้วไว้ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร ทำการวัดความยาวหลอดที่เหลือหลังการเผาไหม้ แล้วบันทึกผล
 12. นำน้ำที่ได้จากข้อ 11. มาไตเตรทกับสารละลาย Na₂CO₃ เข้มข้น 0.0725 นอร์มัล จนได้จุดยุติเป็นสีเหลือง บันทึกปริมาตรที่ใช้ไปเพื่อนำไปคำนวณค่าความร้อนของตัวอย่าง
 13. นำสารละลายจากข้อ 12. มาทำการปรับพีเอชด้วยสารละลาย NH₄OH ให้มีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 5.5-7.0 โดยทดสอบด้วยกระดาษวัดพีเอช
 14. ต้มสารละลายที่ปรับพีเอชแล้วจนเดือด นำมากรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 และล้างด้วยน้ำร้อนต่อ 5-6 ครั้ง ปรับปริมาตรด้วยน้ำร้อนให้ได้ 250 มิลลิลิตร
 15. หยด HCl 1:1 (เตรียมโดยผสมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นกับน้ำกลั่นในปริมาตรที่เท่ากัน) จำนวน 1 มิลลิลิตร ลงไป นำสารละลายที่ได้ไปต้มให้เดือด ขณะเดียวกันก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เติมสารละลาย BaCl_2 เข้มข้น 100 กรัมต่อลิตร ลงไป 10 มิลลิลิตร ด้วยปิเปตอย่าง
ช้าๆ พร้อมคนไปด้วยตลอดเวลา

16. นำไปต้มให้เดือดนาน 15 นาที แล้วนำมาตั้งทิ้งไว้ไม่ต่ำกว่า 2 ชั่วโมง หลังจากนั้น
นำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 ที่เป็น fine ashless paper แล้วล้างตะกอน
ด้วยน้ำร้อนหลายๆครั้งจนหมดคลอไรด์ ซึ่งทดสอบโดยใช้ซิลเวอร์ไนเตรท
(AgNO_3)
17. นำ porcelain crucible พร้อมฝามาทำการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 1
ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเคสลิเคเตอร์ซึ่งน้ำหนักแล้วบันทึกผล
18. นำกระดาษกรองที่กรองตะกอนของ BaSO_4 มาใส่ใน porcelain crucible แล้วเผา
กระดาษกรองจนไหม้หมด โดยใช้ตะเกียงเบนเสน จากนั้นนำเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ
700 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง
19. นำ porcelain crucible มาทิ้งไว้ให้เย็นในเคสลิเคเตอร์ บันทึกน้ำหนักของครุซิเบิล
กระเบื้องพร้อมกระดาษกรองหลังอบ
20. คำนวณหาปริมาณกำมะถันและค่าความร้อนของตัวอย่าง

หมายเหตุ ก่อนทำการหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิง ควรทำการปรับเทียบเครื่องเสีย ก่อน
โดยใช้ตัวอย่างเป็น Benzoic Acid ประมาณ 1.2 กรัม
ข้อมูลเพิ่มเติม

- heat release from firing cotton = 4,180 แคลอรีต่อกรัม
- heat release from firing wire = 335 แคลอรีต่อกรัม
- heat of formation of sulfuric acid = 22.6 แคลอรีต่อซัลเฟอร์ 1 เปอร์เซ็นต์

heat of formation of nitric acid = 1.4 แคลอรีต่อมิลลิลิตรของ nitric acid formed

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

- สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณกำมะถัน

$$\% \text{ sulfur in analysis sample} = \frac{(\text{weight BaSO}_4)(13.738)}{\text{weight sample}}$$

- สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาค่าความร้อนของตัวอย่าง

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

เมื่อ ΔT = อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ($T_2 - T_1$); ($^{\circ}\text{C}$)

W = Energy equivalent of calorimeter; ($\text{cal}/^{\circ}\text{C}$)

= 2500 $\text{cal}/^{\circ}\text{C}$

e_1 = การแก้ค่าความร้อนของการเกิด HNO_3 ; (cal)

= 1.4 x ml. ของ 0.0725 N Na_2CO_3

e_2 = การแก้ค่าความร้อนของการเกิด H_2SO_4 ; (cal)

= 22.6 x (%S)

e_3 = การแก้ค่าความร้อนของขดลวด; (cal)

= $(335 \times 2.479 \times 10^{-3})$ (ความยาวลวดที่ถูกเผาไหม้)

e_4 = การแก้ค่าความร้อนของด้ายสำลี; (cal)

= (4180)(น้ำหนักด้ายสำลี)

6. ประสิทธิภาพการเผาไหม้

1. ชั่งตัวอย่างถ่าน 150 กรัม เศษไม้ประมาณ 15 กรัม และน้ำ 1000 กรัม
2. จุดตัวอย่างในเตาโดยมีเศษไม้ช่วยในการติดไฟ
3. บันทึกเวลาเริ่มต้นเมื่อวางตัวอย่างลงในเตาจนหมด เวลาเมื่อตัวอย่างเริ่มติดไฟ และเวลาที่วันหมด
4. เมื่อวันหมด ยกภาชนะขึ้นวางบนเตา วัดอุณหภูมิน้ำเริ่มต้น บันทึกเวลาน้ำเดือด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเมื่อน้ำเดือดเปิดฝากาน้ำปล่อยให้ไอน้ำระเหย

5. บันทึกเวลาและน้ำหนักน้ำ เมื่อน้ำเริ่มมีอุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส
6. บันทึกเวลาและน้ำหนักน้ำ เมื่อตัวอย่างลูกไหม้จนไฟราสั้งเกิดปริมาณควันที่ เกิดและลักษณะของถ่านขณะเผาไหม้

7. ค่าความหนาแน่นโดยประมาณ

ค่าความหนาแน่น โดยประมาณหาได้โดย



-วัดรัศมีวงนอกและวงใน รวมทั้งความยาวของก้นถ่าน/ก้นพื้น

-ปริมาตรแห่งถ่านจะเท่ากับปริมาตรทรงกระบอกวงนอกลบปริมาตรทรงกระบอกวงในที่

$$\text{กลวง} = (L \cdot \pi \cdot R_2^2) - (L \cdot \pi \cdot R_1^2) = L \cdot \pi \cdot ((R_2^2) - (R_1^2))$$

นำแห่งถ่านนี้มาชั่งน้ำหนัก นำค่าน้ำหนักที่ได้มาหารด้วยปริมาตรจะได้ความหนาแน่นของแห่งถ่าน สำหรับถ่านไม้จะใช้วิธีการวัดความกว้าง ความยาว และความสูง โดยเลือกจากชิ้นตัวอย่างที่มีรูปร่างสมมาตรที่สุด แล้วนำมาชั่งน้ำหนักคำนวณหาความหนาแน่น

8. เปรอร์เซ็นต์การดูดความชื้น

1. นำตัวอย่างถ่านมาชั่งน้ำหนักและบันทึกน้ำหนักไว้

2. เก็บตัวอย่างถ่านในที่ที่มีอากาศถ่ายเทสะดวกเป็นเวลาหนึ่งเดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

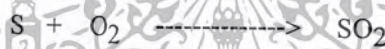
3. นำตัวอย่างถ่านออกมาชั่งน้ำหนักและบันทึกน้ำหนักไว้
4. คำนวณเปอร์เซ็นต์การดูดความชื้น จากค่าน้ำหนักถ่าน ก่อนและหลังเก็บไว้หนึ่งเดือน

$$\text{เปอร์เซ็นต์การดูดความชื้น} = (\text{น้ำหนักหลังเก็บ} - \text{น้ำหนักก่อนเก็บ}) / \text{น้ำหนักก่อนเก็บ}$$

9. การปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

คำนวณจากปริมาณกำมะถันที่ได้จากการทดลอง โดยสมมติว่าเกิดการเผาไหม้สมบูรณ์ กำมะถันถูกเปลี่ยนไปเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งหมด ตัวอย่างการคำนวณแสดงได้ดังนี้

1. ถ่านไม้มีปริมาณกำมะถัน 0.146 % โดยน้ำหนัก แสดงว่ามีกำมะถัน 0.146 กรัมในถ่าน 100 กรัม
2. การเผาไหม้ซัลเฟอร์ไปเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์แสดงได้ดังสมการเคมีต่อไปนี้



ซัลเฟอร์หนึ่ง โมลหนัก 32 กรัม ก๊าซออกซิเจนหนึ่ง โมลหนัก 32 กรัม ทำปฏิกิริยากันเกิด ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์หนึ่ง โมลที่มีน้ำหนัก 64 กรัม แสดงว่าซัลเฟอร์หนึ่งกรัมจะให้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 2 กรัมหรือเป็นสองเท่าของปริมาณกำมะถัน

3. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากการเผาไหม้กำมะถัน 0.146 กรัม เท่ากับ $0.146 \times 2 = 0.292$ กรัม หรือ 0.292 กรัม/100 กรัมของถ่านไม้ หรือ 2.92 มิลลิกรัม/กรัมของถ่านไม้

10. ประสิทธิภาพการยับยั้งก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ประสิทธิภาพการยับยั้งก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์หากปริมาณกำมะถันของตัวอย่างที่ใส่สารยับยั้งก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เท่ากับปริมาณกำมะถันในตัวอย่างที่ไม่ได้ใส่สารยับยั้งก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

$$= ((S - D)/S) \times 100\%$$

เมื่อ S = ปริมาณ SO₂ จากตัวอย่างที่ไม่ใส่สารยับยั้งก๊าซ SO₂

D = ปริมาณ SO₂ จากตัวอย่างที่ใส่สารยับยั้งก๊าซ SO₂

ประสิทธิภาพการยับยั้งก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์หากปริมาณกำมะถันของตัวอย่างที่ใส่สารยับยั้งก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่เท่ากับปริมาณกำมะถันในตัวอย่างที่ไม่ได้ใส่สารยับยั้งก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \frac{[(S/s) - (D/d)]}{(S/s)} \times 100\%$$

$$= [1 - (D/s) \cdot (S/d)] \times 100\%$$

เมื่อ S = ปริมาณSO₂จากตัวอย่างที่ไม่ใส่สารยับยั้งก๊าซ SO₂

D = ปริมาณSO₂จากตัวอย่างที่ใส่สารยับยั้งก๊าซ SO₂

s = ปริมาณกำมะถันจากตัวอย่างที่ใส่สารยับยั้งก๊าซ SO₂

d = ปริมาณกำมะถันจากตัวอย่างที่ไม่ใส่สารยับยั้งก๊าซ SO₂

11. การคำนวณปริมาณการผสมเปลือกหอย

ปฏิกิริยาการยับยั้งก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกไซด์ต่างๆได้ด้วยสมการเคมีต่อไปนี้



Ca มีน้ำหนัก 40 กรัม/ 1 โมล

S มีน้ำหนัก 32 กรัม/ 1 โมล

สัดส่วนน้ำหนักของ Ca/S ในการทำปฏิกิริยาพอดี = $\frac{40}{32} = 1.25$

แต่ในการทดลองใช้ Ca/S = 14.5 เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาได้สมบูรณ์

ในการคำนวณใช้ Ca ที่มาจากเปลือกหอย และ S ที่มาจากลิกไนท์

1. ยกตัวอย่างด้วยถ่านผสมลิกไนท์ 3%

ถ่านผสมลิกไนท์ 3% X กรัม ผสมเปลือกหอยปริมาณ Y กรัม ที่ทำให้ Ca/S = 14.5

2. หาน้ำหนัก Ca จากการใช้เปลือกหอยปริมาณ Y กรัม

เปลือกหอยมี %Ca = 50

เปลือกหอย Y กรัมมี Ca = $(50/100) \cdot Y = 0.5 \cdot Y$

3. หาน้ำหนัก S จากการใช้ถ่านผสมลิกไนท์ 3% X กรัม

สัดส่วนที่ใช้ลิกไนท์ 3% มีลิกไนท์ 3 กรัมในตัวอย่าง 100 กรัม

ลิกไนท์มี %S = 1.168

สัดส่วนที่ใช้ลิกไนท์ 3% มี S = $(1.168/100) \cdot 3$ กรัม/ตัวอย่าง 100 กรัม

= 0.00035 กรัม/ตัวอย่าง 1 กรัม

S ใน X กรัม = $0.00035 \cdot X$

4. จัดให้อยู่ในรูปสมการคณิตศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{Ca/S} = (0.5*Y)/(0.00035*X) = 14.5 \text{ -----(1)}$$

$$\text{ให้ } X + Y = 100 \text{ กรัม}$$

$$Y = 100 - X \text{ -----(2)}$$

แทนค่า (2) ใน (1)

$$[0.5*(100 - X)]/(0.00035*X) = 14.5$$

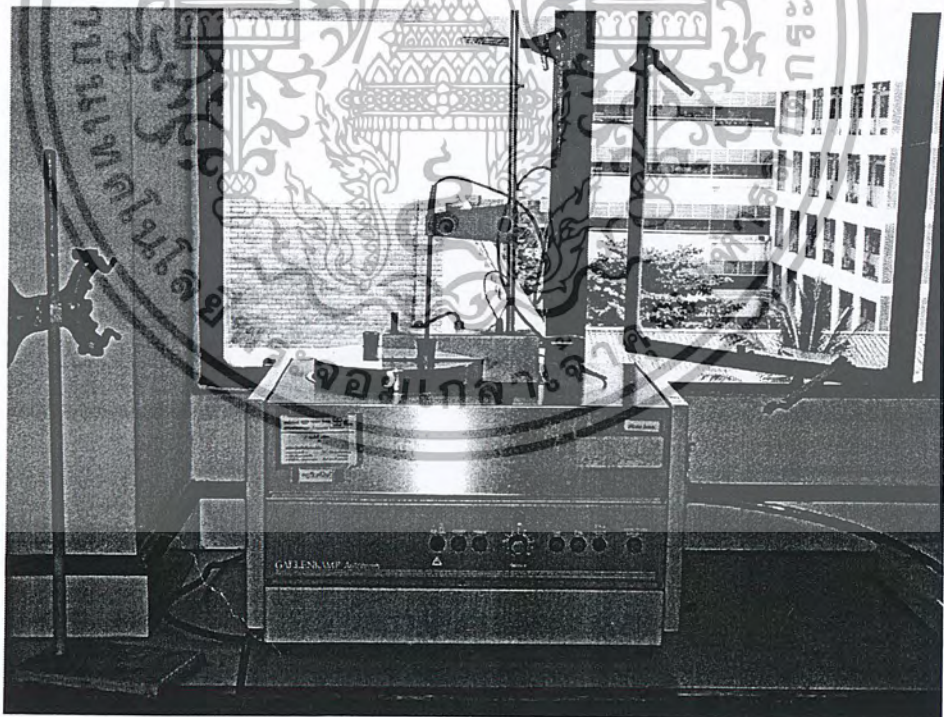
$$0.01015*X = 100 - X$$

$$1.01015*X = 100$$

$$X = 98.995 = 99$$

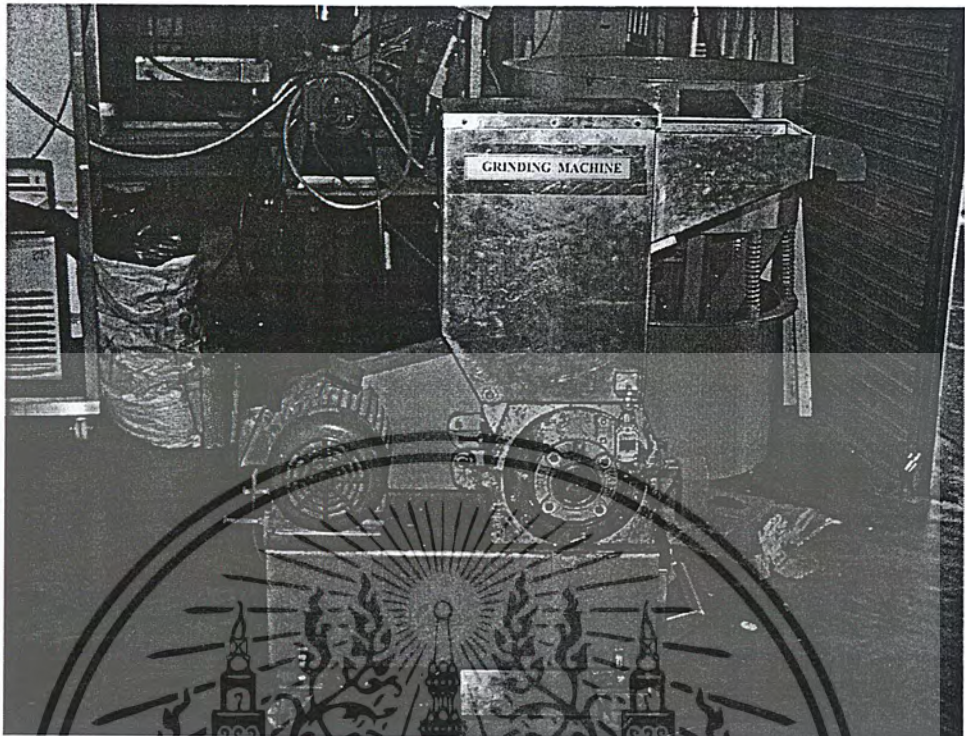
$$Y = 100 - 99 = 1$$

5. สรุปว่าใช้เปลือกหอย 1 กรัม ผสม ด้านผสมลิกไนท์ 3% 99 กรัม ในการผลิตถ่านผสมเปลือกหอย 1%



รูปที่ ข.1 ด้านหน้าของเครื่องมือวิเคราะห์หาค่าความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.2 เครื่องบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. ค่าความชื้น

ผลการทดลอง

ตารางที่ ค.1 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าความชื้นโดยเฉลี่ยของถ่านแต่ละสัดส่วน

สัดส่วนต่างๆ	ค่าความชื้น(เปอร์เซ็นต์)		
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย
ฟืนขานอ้อย 65% แกลบ 35%	4.84	4.84	4.84
ถ่านผสมลิกไนท์ 3%	3.10	3.03	3.07
ถ่านผสมลิกไนท์ 7%	1.77	2.07	1.92
ถ่านผสมลิกไนท์ 11%	2.26	2.38	2.32
ถ่านผสมลิกไนท์ 15%	1.73	1.86	1.80
ถ่านผสมเปลือกหอย 1%	3.46	2.64	3.05
ถ่านผสมเปลือกหอย 2.3%	2.39	2.54	2.47
ถ่านผสมเปลือกหอย 3.7%	1.55	1.72	1.64
ถ่านผสมเปลือกหอย 5%	1.75	1.99	1.87
ฟืนผสมเปลือกหอย 5%	4.15	4.23	4.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 แสดงค่าความชื้นของถ่านแต่ละสัดส่วน

สัดส่วนต่างๆ	ครั้งที่	น้ำหนักครุฑิเบิล พร้อมฝา(กรัม)	น้ำหนักครุฑิเบิลพร้อมฝา รวมตัวอย่าง(กรัม)	น้ำหนักครุฑิเบิลพร้อมฝา รวมตัวอย่างหลังอบ(กรัม)	%ความชื้น	%ความชื้น เฉลี่ย
ฟืนขานอ้อย 65% แกลบ 35%	ครั้งที่ 1	54.6880	64.6086	64.1285	4.8394	4.84
	ครั้งที่ 2	54.6972	68.1940	67.5412	4.8367	
ถ่านผสมลิกไนท์ 3%	ครั้งที่ 1	46.1710	52.8134	52.6074	3.1013	3.06
	ครั้งที่ 2	44.3510	52.1249	51.8896	3.0268	
ถ่านผสมลิกไนท์ 7%	ครั้งที่ 1	44.5285	53.7381	53.5750	1.7710	1.92
	ครั้งที่ 2	44.5339	56.0126	55.7754	2.0664	
ถ่านผสมลิกไนท์ 11%	ครั้งที่ 1	39.1811	49.2330	49.0055	2.2633	2.32
	ครั้งที่ 2	39.1888	48.9428	48.7107	2.3795	
ถ่านผสมลิกไนท์ 15%	ครั้งที่ 1	43.0029	52.8325	52.6628	1.7264	1.80
	ครั้งที่ 2	43.0110	52.9310	52.7462	1.8629	
ถ่านผสมเปลือกหอย 1%	ครั้งที่ 1	42.2070	50.3800	50.0970	3.4626	3.05
	ครั้งที่ 2	44.0427	53.2679	53.0246	2.6373	

ตารางที่ ค.2 แสดงค่าความชื้นของถ่านแต่ละสัดส่วน (ต่อ)

สัดส่วนต่างๆ	ครั้งที่	น้ำหนักครุฑิเบิลพร้อมฝา (กรัม)	น้ำหนักครุฑิเบิลพร้อมฝารวม ตัวอย่าง(กรัม)	น้ำหนักครุฑิเบิลพร้อมฝา รวมตัวอย่างหลังอบ(กรัม)	%ความชื้น	%ความชื้น โดยเฉลี่ย
ถ่านผสมเปลือกหอย 2.3%	ครั้งที่ 1	43.5747	51.0630	50.8843	2.3864	2.46
	ครั้งที่ 2	43.5821	50.6741	50.4941	2.5381	
ถ่านผสมเปลือกหอย 3.7%	ครั้งที่ 1	40.0628	51.2338	51.0609	1.5478	1.63
	ครั้งที่ 2	40.0716	52.1119	51.9051	1.7176	
ถ่านผสมเปลือกหอย 5%	ครั้งที่ 1	39.2244	48.7931	48.6258	1.7484	1.87
	ครั้งที่ 2	43.4895	53.3345	53.1382	1.9939	
ฟืนผสมเปลือกหอย 5%	ครั้งที่ 1	43.4840	53.6074	53.1870	4.1528	4.19
	ครั้งที่ 2	39.2352	51.3087	50.7975	4.2341	

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. ศึกษาผลของค่าความหนาแน่นเฉลี่ยโดยประมาณที่มีต่อค่าความชื้น โดยเฉลี่ย

Correlations

		VAR00001	VAR00002
VAR00001	Pearson Correlation	1	-.849(**)
	Sig. (2-tailed)	.	.008
	N	8	8
VAR00002	Pearson Correlation	-.849(**)	1
	Sig. (2-tailed)	.008	.
	N	8	8

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ตารางที่ ค.3 แสดงผลจากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้น โดยเฉลี่ยของถ่าน และค่าความหนาแน่นเฉลี่ยโดยประมาณของถ่านทุกสัดส่วนด้วยโปรแกรม SPSS

$$\text{สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์} = -0.849$$

ความหนาแน่นเฉลี่ยโดยประมาณและค่าความชื้น โดยเฉลี่ยส่งผลต่อกันในทิศทางตรงกันข้าม หมายความว่า ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยโดยประมาณสูงขึ้นทำให้ค่าความชื้น โดยเฉลี่ยลดลง

2.ปริมาณถ้ำ

ผลการทดลอง

ตารางที่ ค.4 แสดงปริมาณถ้ำของแต่ละสัดส่วน

สัดส่วนต่างๆ	น้ำหนักครุฑิเบิล พร้อมฝา(กรัม)	น้ำหนักครุฑิเบิลพร้อม ฝารวมตัวอย่าง(กรัม)	น้ำหนัก ตัวอย่าง (กรัม)	น้ำหนักครุฑิเบิลพร้อม ฝารวมตัวอย่างหลัง เผาครั้งที่ 2 (กรัม)	น้ำหนักตัวอย่าง หลังเผา(กรัม)	%ถ้ำ
ฟีนชานอ้อย 65% แกลบ 35%	54.7173	64.3991	9.6818	55.2958	0.578	5.975
ถ่านชานอ้อย 65% แกลบ 35%	39.5352	49.7084	10.1732	41.2692	1.734	17.045
ถ่านผสมลิกไนท์ 3%	44.3668	52.3345	7.9677	45.4569	1.090	13.681
ถ่านผสมลิกไนท์ 7%	44.5509	53.7371	9.1862	46.1125	1.562	16.999
ถ่านผสมลิกไนท์ 11%	39.2041	48.8833	9.6792	41.2962	2.092	21.641
ถ่านผสมลิกไนท์ 15%	43.0284	53.4098	10.3814	45.2556	2.227	21.454
ถ่านผสมเปลือกหอย 1%	44.0598	52.2576	8.1978	45.2730	1.213	14.799

ตารางที่ ก.4 แสดงปริมาณเข้าของแต่ละสัดส่วน (ต่อ)

สัดส่วนต่างๆ	น้ำหนักครุฑีเบิลพร้อมฝา(กรัม)	น้ำหนักครุฑีเบิลพร้อมฝารวมตัวอย่าง(กรัม)	น้ำหนักตัวอย่าง(กรัม)	น้ำหนักครุฑีเบิลพร้อมฝารวมตัวอย่างหลังเผาครั้งที่ 2 (กรัม)	น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา(กรัม)	%เข้า
ถ่านผสมเปลือกหอย 2.3%	43.5982	51.7276	8.1294	45.2082	1.610	19.805
ถ่านผสมเปลือกหอย 3.7%	40.0858	49.3963	9.3105	42.6266	2.541	27.290
ถ่านผสมเปลือกหอย 5%	39.2495	50.7937	11.5442	41.8858	2.636	22.837
ฟืนผสมเปลือกหอย 5%	43.5045	52.2266	8.7221	44.1446	0.640	7.339
ถ่านไม้	54.6661	60.7053	6.0392	54.9045	0.238	3.948

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. ศึกษาผลของค่าความหนาแน่นเฉลี่ยโดยประมาณที่มีต่อค่าปริมาณเถ้า

Correlations

		VAR00001	VAR00002
VAR00001	Pearson	1	.833(**)
	Correlation		
	Sig. (2-tailed)	.	.005
	N	9	9
VAR00002	Pearson	.833(**)	1
	Correlation		
	Sig. (2-tailed)	.005	.
	N	9	9

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ตารางที่ ค.5 แสดงผลจากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณเถ้าและค่าความหนาแน่นเฉลี่ยโดยประมาณของถ่านทุกสัดส่วนด้วยโปรแกรม SPSS

$$\text{สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์} = 0.833$$

ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยโดยประมาณและค่าปริมาณเถ้าส่งผลต่อกันในทิศทางตรงกันข้ามหมายความว่า ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยโดยประมาณที่สูงขึ้นทำให้ปริมาณเถ้าของถ่านทุกสัดส่วนเพิ่มขึ้น

3. เปรอ์เซ็นต์การดูความชื้น

ผลการทดลอง

ตารางที่ ๑.๖ แสดงค่าการดูดความชื้นของถ่านแต่ละสัดส่วน

สัดส่วนต่างๆ	ครั้งที่ 1		%การดูด ความชื้น	ครั้งที่ 2		%การดูด ความชื้น	ครั้งที่ 3		%การดูด ความชื้น	%เฉลี่ย
	ก่อน	หลัง		ก่อน	หลัง		ก่อน	หลัง		
ฟืนขานอ้อย 65% แกลบ 35%	181.15	184.29	1.73	180.09	184.35	2.37	144.11	146.93	1.96	2.02
ถ่านขานอ้อย 65% แกลบ 35%	45.86	47.52	3.62	57.22	59.65	4.25	48.81	50.29	3.03	3.63
ถ่านผสมลิกไนท์ 3%	72.50	75.34	3.92	97.65	101.06	3.49	63.21	65.73	3.99	3.80
ถ่านผสมลิกไนท์ 7%	88.52	93.60	5.74	87.13	91.21	4.68	83.15	87.86	5.66	5.36
ถ่านผสมลิกไนท์ 11%	154.74	161.50	4.37	144.65	152.53	5.45	116.03	121.02	4.30	4.71
ถ่านผสมลิกไนท์ 15%	172.42	179.71	4.23	194.61	201.33	3.45	140.76	144.04	2.33	3.34
ถ่านผสมเปลือกหอย 1%	73.90	76.26	3.19	86.37	89.73	3.89	78.43	81.24	3.58	3.56
ถ่านผสมเปลือกหอย 2.3%	83.84	87.20	4.01	86.32	89.40	3.57	78.02	80.79	3.55	3.71
ถ่านผสมเปลือกหอย 3.7%	54.84	57.02	3.98	78.38	81.87	4.45	64.80	67.54	4.23	4.22
ถ่านผสมเปลือกหอย 5%	65.44	67.52	3.18	81.81	85.11	4.03	100.51	103.77	3.24	3.49
ถ่านผสมเปลือกหอย 5%	121.58	125.58	3.29	263.14	270.11	2.65	182.01	186.28	2.35	2.76

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. ศึกษาผลของเปอร์เซ็นต์การดูความชื้นเฉลี่ยที่มีต่อเวลาที่ใช้ในการจุดติดของถ่านที่มีลิกลินท์

Correlations

		VAR00001	VAR00002
VAR00001	Pearson	1	.830
	Correlation		
	Sig. (2-tailed)	.	.170
	N	4	4
VAR00002	Pearson	.830	1
	Correlation		
	Sig. (2-tailed)	.170	.
	N	4	4

ตารางที่ ค.7 แสดงผลจากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การดูความชื้นเฉลี่ยและเวลาที่ใช้ในการจุดติดของถ่านที่มีลิกลินท์ด้วยโปรแกรม SPSS

$$\text{สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์} = 0.830$$

เปอร์เซ็นต์การดูความชื้นเฉลี่ยและเวลาที่ใช้ในการจุดติดของถ่านที่มีลิกลินท์ส่งผลต่อกันในทิศทางเดียวกัน หมายความว่า เปอร์เซ็นต์การดูความชื้นที่สูงขึ้นทำให้เวลาที่ใช้ในการจุดติดของถ่านที่มีลิกลินท์เพิ่มขึ้น

4. ค่าความหนาแน่นโดยประมาณ

ผลการทดลอง

ตารางที่ ค.8 แสดงค่าความหนาแน่นโดยประมาณของสัดส่วนต่างๆ

ความหนาแน่นโดยประมาณของสัดส่วนต่างๆ(g/cm ³)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
พื้นชานอ้อย 65% แกลบ 35%	1.09	1.02	1.055
ถ่านชานอ้อย 65% แกลบ 35%	0.63	0.68	0.655
ถ่านผสมลิกไนท์ 3%	0.53	0.49	0.51
ถ่านผสมลิกไนท์ 7%	0.7	0.57	0.635
ถ่านผสมลิกไนท์ 11%	0.71	0.75	0.73
ถ่านผสมลิกไนท์ 15%	0.69	0.74	0.715
ถ่านผสมเปลือกหอย 1%	0.54	0.5	0.52
ถ่านผสมเปลือกหอย 2.3%	0.51	0.51	0.51
ถ่านผสมเปลือกหอย 3.7%	0.85	0.75	0.8
ถ่านผสมเปลือกหอย 5%	0.77	0.78	0.775
พื้นผสมเปลือกหอย 5%	1.17	1.18	1.175
ชานอ้อย	0.11	0.19	0.15
ถ่านไม้	0.45	0.52	0.485

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. ศึกษาผลของค่าความหนาแน่นเฉลี่ยโดยประมาณที่มีต่อปริมาณกำมะถันของถ่านที่มีลิกไนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Correlations

		VAR00001	VAR00002
VAR00001	Pearson Correlation	1	.819
	Sig. (2-tailed)	.	.181
	N	4	4
VAR00002	Pearson Correlation	.819	1
	Sig. (2-tailed)	.181	.
	N	4	4

ตารางที่ ค.9 แสดงผลจากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นเฉลี่ย โดยประมาณและปริมาณกำมะถันของถ่านที่มีลิคไนท์ด้วยโปรแกรม SPSS

$$\text{สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์} = 0.819$$

ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยโดยประมาณและปริมาณกำมะถันของถ่านที่มีลิคไนท์ส่งผลต่อกันในทิศทางเดียวกัน หมายความว่า ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยโดยประมาณที่สูงขึ้นทำให้ปริมาณกำมะถันของถ่านที่มีลิคไนท์เพิ่มขึ้น

2. ศึกษาผลของค่าความหนาแน่นเฉลี่ย โดยประมาณที่มีต่อปริมาณกำมะถันของถ่านที่มีเปลือกหอย

Correlations

		VAR00001	VAR00002
VAR00001	Pearson Correlation	1	.720
	Sig. (2-tailed)	.	.280
	N	4	4
VAR00002	Pearson Correlation	.720	1
	Sig. (2-tailed)	.280	.
	N	4	4

ตารางที่ ค.10 แสดงผลจากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นเฉลี่ย โดยประมาณและปริมาณกำมะถันของถ่านที่มีเปลือกหอยด้วยโปรแกรม SPSS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์} = 0.720$$

ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยโดยประมาณและปริมาณกำมะถันของถ่านที่มีเปลือกหอยส่งผลต่อกันในทิศทางเดียวกัน หมายความว่า ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยโดยประมาณที่สูงขึ้นทำให้ปริมาณกำมะถันของถ่านที่มีเปลือกหอยเพิ่มขึ้น

3. ศึกษาผลของค่าความหนาแน่นเฉลี่ยโดยประมาณที่มีต่อ%การดูดความชื้นเฉลี่ยของถ่านทุกสัดส่วน

Correlations

		VAR00001	VAR00002
VAR00001	Pearson Correlation	1	.148
	Sig. (2-tailed)		.726
	N	8	8
VAR00002	Pearson Correlation	.148	1
	Sig. (2-tailed)	.726	
	N	8	8

ตารางที่ ค.11 แสดงผลจากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นเฉลี่ยโดยประมาณและ%การดูดความชื้นเฉลี่ยของถ่านทุกสัดส่วนด้วยโปรแกรม SPSS

$$\text{สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์} = 0.148$$

ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยโดยประมาณและ%การดูดความชื้นเฉลี่ยของถ่านทุกสัดส่วนไม่

5. ค่าความร้อน

ผลการทดลอง

ตารางที่ ค.12 แสดงค่าความร้อนของสัดส่วนต่างๆ

สัดส่วน	ค่าความร้อน(kJ/g)
ถ่านชานอ้อย 65% แกลบ 35%	29.780
ถ่านผสมลิกไนท์ 3%	27.782
ถ่านผสมลิกไนท์ 7%	27.075
ถ่านผสมลิกไนท์ 11%	26.794
ถ่านผสมลิกไนท์ 15%	27.898
ถ่านไม้	29.875
ถ่านผสมเปลือกหอย 1%	27.516
ถ่านผสมเปลือกหอย 2.3%	27.066
ถ่านผสมเปลือกหอย 3.7%	25.269
ถ่านผสมเปลือกหอย 5%	26.377

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. ศึกษาของผลเปอร์เซ็นต์ลิกไนท์ในตัวอย่างถ่านที่มีต่อค่าความร้อนของถ่านที่มีลิกไนท์

Correlations

		VAR00001	VAR00002
VAR00001	Pearson	1	.016
	Correlation		
	Sig. (2-tailed)	.	.984
	N	4	4
VAR00002	Pearson	.016	1
	Correlation		
	Sig. (2-tailed)	.984	.
	N	4	4

ตารางที่ ค.13 แสดงผลจากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์คลิกในตัวอย่าง
ถ่านและค่าความร้อนของถ่านที่มีคลิกในตัวอย่างด้วยโปรแกรม SPSS

$$\text{สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์} = 0.016$$

เปอร์เซ็นต์คลิกในตัวอย่างถ่านและค่าความร้อนของถ่านที่มีคลิกในตัวอย่างไม่มีผลต่อกัน

2. ศึกษาผลเปอร์เซ็นต์เปลือกหอยในตัวอย่างถ่านที่มีต่อค่าความร้อนของถ่านที่มีเปลือกหอย

Correlations

		VAR00001	VAR00002
VAR00001	Pearson	1	-.689
	Correlation		
	Sig. (2-tailed)	.	.311
	N	4	4
VAR00002	Pearson	-.689	1
	Correlation		
	Sig. (2-tailed)	.311	.
	N	4	4

ตารางที่ ค.14 แสดงผลจากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์เปลือกหอยใน
ตัวอย่างถ่านและค่าความร้อนของถ่านที่มีเปลือกหอยด้วยโปรแกรม SPSS

$$\text{สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์} = -0.689$$

เปอร์เซ็นต์เปลือกหอยในตัวอย่างถ่านและค่าความร้อนของถ่านที่มีเปลือกหอยส่งผลต่อกัน
ในทิศทางตรงข้ามกัน

หมายความว่า เปอร์เซ็นต์เปลือกหอยที่สูงขึ้นทำให้ค่าความร้อนของถ่านที่มีเปลือกหอย

ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เวลาที่ใช้ในการจุดติด

ผลการทดลอง

ตารางที่ ค.15 แสดงเวลาที่ใช้ในการจุดติด

สัดส่วนต่างๆ	เวลาที่ใช้ในการจุดติด(นาที)
ถ่านไม้	1
ถ่านชานอ้อย 65% แกลบ 35%	1.85
ถ่านผสมลิกไนท์ 3%	1.17
ถ่านผสมลิกไนท์ 7%	3.7
ถ่านผสมลิกไนท์ 11%	2.4
ถ่านผสมลิกไนท์ 15%	2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ปริมาณกำมะถัน

ผลการทดลอง

ตารางที่ ค.16 แสดงปริมาณกำมะถันในสัดส่วนต่างๆ

สัดส่วน	% Sulfur	มิลลิกรัมของซัลเฟอร์/กรัม ของตัวอย่าง
ฟีนชานอ้อย 65% แกลบ 35%	0.221	2.21
ถ่านหินลิกไนท์	1.168	11.68
ถ่านชานอ้อย 65% แกลบ 35%	0.15	1.5
ถ่านผสมลิกไนท์ 3%	0.338	3.38
ถ่านผสมลิกไนท์ 7%	0.483	4.83
ถ่านผสมลิกไนท์ 11%	0.629	6.29
ถ่านผสมลิกไนท์ 15%	0.449	4.49
ถ่านผสมเปลือกหอย 1%	0.187	1.87
ถ่านผสมเปลือกหอย 2.3%	0.27	2.7
ถ่านผสมเปลือกหอย 3.7%	0.389	3.89
ถ่านผสมเปลือกหอย 5%	0.268	2.68
ฟีนผสมเปลือกหอย 5%	0.366	3.66
ถ่านไม้	0.146	1.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. การปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ผลการทดลอง

ตารางที่ ค.17 แสดงปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากการเผาไหม้สมบูรณ์ของวัสดุส่วนต่างๆ

วัสดุส่วน	% Sulfur	มิลลิกรัมของซัลเฟอร์/ กรัมของตัวอย่าง	ปริมาณซัลเฟอร์ก่อนที่ จะเป็นถ่าน(mg/g)	มิลลิกรัมของซัลเฟอร์ได- ออกไซด์/กรัมของตัวอย่าง
ฟืนขานอ้อย 65% แกลบ 35%	0.221	2.21	2.21	4.42
ถ่านขานอ้อย 65% แกลบ 35%	0.15	1.5	2.21	3
ถ่านผสมลิกไนท์ 3%	0.338	3.38	2.494	6.76
ถ่านผสมลิกไนท์ 7%	0.483	4.83	2.873	9.66
ถ่านผสมลิกไนท์ 11%	0.629	6.29	3.252	12.58
ถ่านผสมลิกไนท์ 15%	0.449	4.49	3.631	8.98
ถ่านผสมเปลือกหอย 1%	0.187	1.87	2.469	3.74
ถ่านผสมเปลือกหอย 2.3%	0.27	2.7	2.81	5.4
ถ่านผสมเปลือกหอย 3.7%	0.389	3.89	3.13	7.78
ถ่านผสมเปลือกหอย 5%	0.268	2.68	3.45	5.36
ถ่านผสมเปลือกหอย 5%	0.366	3.66	3.66	7.32
ถ่านไม้	0.146	1.46	1.46	2.92

8. ประสิทธิภาพการยับยั้งซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ผลการทดลอง

ตารางที่ ค.18 แสดงประสิทธิภาพการยับยั้งซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของเปลือกหอย

สัดส่วน	ประสิทธิภาพการยับยั้งซัลเฟอร์ไดออกไซด์เทียบกับ สัดส่วนที่ไม่ใส่เปลือกหอย(%)
ถ่านผสมเปลือกหอย 1%	44.11
ถ่านผสมเปลือกหอย 2.3%	42.84
ถ่านผสมเปลือกหอย 3.7%	35.75
ถ่านผสมเปลือกหอย 5%	37.18

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

- ศึกษาของผลของค่าความหนาแน่นเฉลี่ย โดยประมาณที่มีต่อประสิทธิภาพการยับยั้งซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของเปลือกหอย

Correlations

		VAR00001	VAR00002
VAR00001	Pearson Correlation	1	-.985(*)
	Sig. (2-tailed)		.015
	N	4	4
VAR00002	Pearson Correlation	-.985(*)	1
	Sig. (2-tailed)	.015	.
	N	4	4

..* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

ตารางที่ ค.19 แสดงผลจากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นเฉลี่ย โดยประมาณและประสิทธิภาพการยับยั้งซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของเปลือกหอยด้วย โปรแกรม SPSS

$$\text{สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์} = -0.985$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยโดยประมาณและประสิทธิภาพการยับยั้งซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของ
เปลือกหอยส่งผลต่อกันในทิศทางตรงข้ามกันอย่างชัดเจน

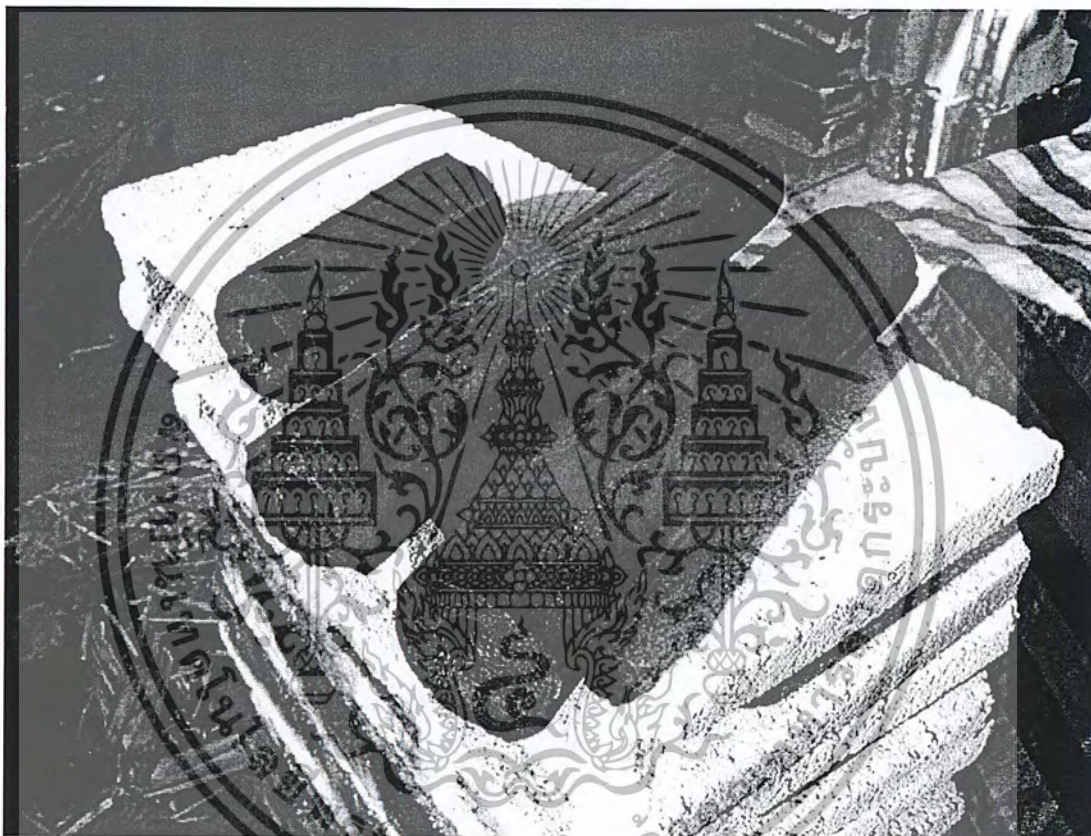
หมายความว่า ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยโดยประมาณที่สูงขึ้นทำให้ประสิทธิภาพการยับยั้ง
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของเปลือกหอยลดลงอย่างชัดเจน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

แสดงภาพของถ่านสัดส่วนต่างๆที่ได้จากการนำฟืนอัดแห้งไปเผา



ภาพที่ ง.1 แสดงภาพถ่านที่ใช้สัดส่วน แกลบ:ชานอ้อย(35:65) ผสมถิกไนท์ 9%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ๓.๒ แสดงภาพถ่านที่ไม่ผสมลิกไนท์



ภาพที่ ๓.๓ แสดงภาพถ่านผสมลิกไนท์ 3%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ๓.๔ แสดงภาพถ่านผสมลิกไนท์ 7%



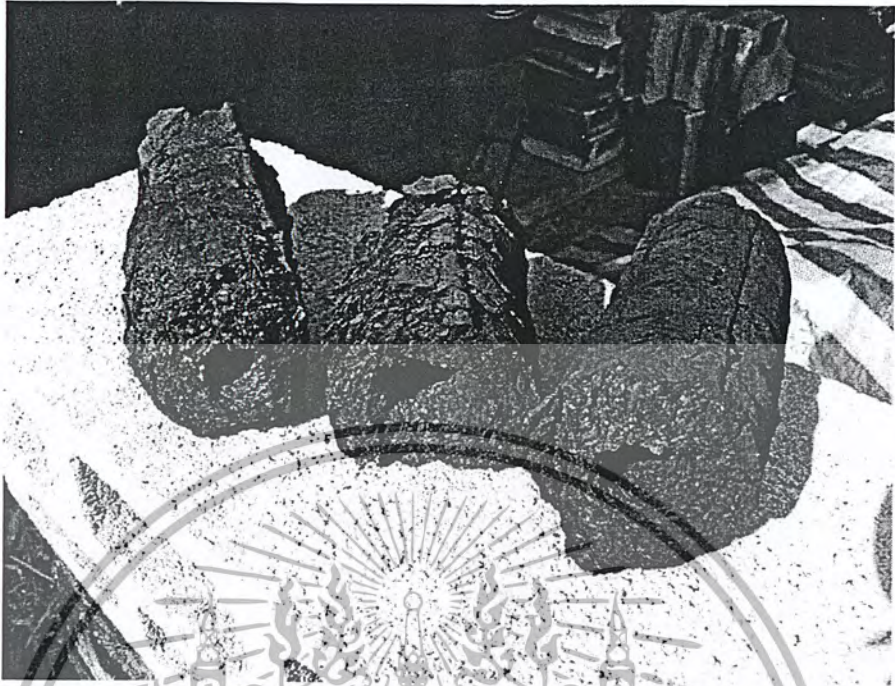
ภาพที่ ๓.๕ แสดงภาพถ่านผสมลิกไนท์ 11%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ๗.๗ แสดงภาพถ่านผสมเปลือกหอย 1%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

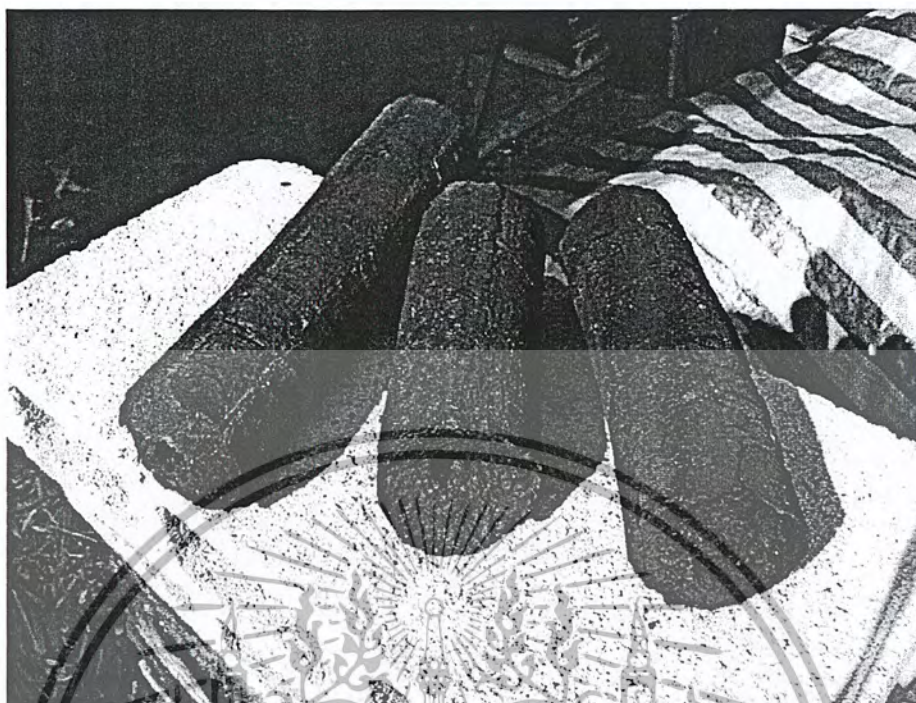


ภาพที่ ๘.8 แสดงภาพถ่านผสมเปลือกหอย 2.3%



ภาพที่ ๘.9 แสดงภาพถ่านผสมเปลือกหอย 3.7%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ง.10 แสดงภาพถ่านผสมเปลือกหอย 5%



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้