ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ถ่านอัดแท่ง จากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส

Briquette from eucalyptus bark

นายปรมินทร์ ไชยทองรักษ์
นางสาวจุฑาภรณ์ เสมวิลัย
นายนฤพนธ์ คำศรี

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ...../...../.....
เลขทะเบียน...i 50675 10 e.2
เลขเรียกหนังสือ...ป.ร. ป1819
มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2551

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล

หัวข้อโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล: ถ่านอัดแท่ง จากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส

(Briquette from eucalyptus bark)

ผู้ดำเนินงาน : นายปรมินทร์ ไชยทองรักษ์ รหัส 48380103

นางสาวจุฑาภรณ์ เสมวิลัย รหัส 48380320

นายนฤพนธ์ คำศรี รหัส 48380324

ที่ปรึกษาโครงงาน : อาจารย์สิทธิโชค ผูกพันธุ์

สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่อง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา : 2551

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานวิศวกรรมเครื่องกลฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล

.....ประธานกรรมการ

(อาจารย์สิทธิโชค ผูกพันธุ์)

.....กรรมการ

(อาจารย์นพรัตน์ สีหะวงษ์)

.....กรรมการ

(ผศ.ดร.ปฐมศก วิไลพล)

โครงงานวิจัย	: ถ่านอัดแท่ง จากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส
ผู้ดำเนินการ	: นายปรมินทร์ ไชยทองรักษ์ รหัส 48380103
	นางสาวจุฑาภรณ์ เสมวิลัย รหัส 48380320
	นายนฤพนธ์ คำศรี รหัส 48380324
ที่ปรึกษาโครงงานวิจัย	: อาจารย์สิทธิโชค ผูกพันธุ์
สาขา	: วิศวกรรมเครื่องกล
ภาควิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา	: 2551

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการนำเปลือกไม้ยูคาลิปตัส ที่เหลือจากการผลิตกระดาษมาทำให้เกิดประโยชน์ โดยศึกษาคุณสมบัติของเปลือกไม้ยูคาลิปตัสและคุณสมบัติถ่านอัดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส โดยการนำเปลือกไม้ยูคาลิปตัสมาแปรรูปเป็นผงถ่านและผงถ่านที่ได้มาแปรรูปเป็นถ่านอัด โดยแบ่งออกเป็นการอัดด้วยเครื่องไฮดรอลิกและการอัดด้วยเครื่องอัดสกรูเกลียว พบว่าค่าความชื้นของถ่านอัดเครื่องอัดสกรูเกลียวมีค่าเฉลี่ย 19.96 % ถ่านอัดจากเครื่องอัดไฮดรอลิกมีค่าเฉลี่ย 13.14 % และของเปลือกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าความชื้นเฉลี่ย 13.00 % ค่าความหนาแน่นของถ่านอัดจากเครื่องอัดไฮดรอลิกที่ความดัน 15 kg/cm^2 มีค่า 470 kg/cm^3 ถ่านอัดจากเครื่องอัดสกรูเกลียวมีความหนาแน่น 750 kg/cm^3 เปลือกไม้ยูคาลิปตัสมีความหนาแน่น 0.05 kg/cm^3 ค่าความร้อนของถ่านอัดมีค่าเฉลี่ย 16.72 MJ/kg ซึ่งใกล้เคียงกับผงถ่านและมีค่ามากกว่าค่าความร้อนของเปลือกไม้ยูคาลิปตัส 4.88 % จากนั้นนำไปใช้งานจริง โดยให้ความร้อนกับน้ำ พบว่าถ่านอัดถ้ามีน้ำหนัก 1 กิโลกรัม ที่ได้จากเครื่องอัดไฮดรอลิกสามารถให้กำลังความร้อน 0.342 kW ขณะที่ถ่านอัดด้วยเครื่องอัดสกรูเกลียวสามารถให้กำลังความร้อน 0.331 kW

Project Title : BRIQUETTE FROM EUCALYPTUS BARK

Name : Mr. Proramin Chaitongrak Code 48380103

: Miss. Jutapon samwilay Code 48380320

: Mr. Naruphon kamsi Code 48380324

Project Advisor : Mr. Sittichoke Pookpunt

Major : Mechanical Engineering

Department : Mechanical Engineering

Academic Year : 2008

Abstract

This project was to study the potential of eucalyptus bark that remains from a paper manufacturer. The objective was to study the properties of eucalyptus bark and coal briquette from its bark. The eucalyptus bark was transformed to be charcoal and was mashed to be powder. Then, the two pressed process was used by hydraulic pressed machine and screw pressed machine. The study of physical properties was examined such as moisture contents, densities and heating values of eucalyptus bark, its powder and its briquette. The moisture of compressed charcoal from screw pressed machine was 19.96 %, from hydraulic pressed machine was 13.14% and from the eucalyptus bark was 13.00 %. The density of compressed charcoal from hydraulic pressed machine at 15 kg/cm^2 was 470 kg/cm^3, from screw pressed machine was 750 kg/cm^3 and form the eucalyptus bark was 0.05 kg/cm^3. The heating value of compressed charcoal was 16.72 MJ/kg which close to the powder and higher than the heating value of its bark about 4.88 %. Finally, the application of briquettes used to heat up the amount of water. This found that if 1 kilogram of briquette compressed from hydraulic pressed machine can gives power about 0.342 kW and from the screw pressed machine was 0.331 kW.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความช่วยเหลือและการสนับสนุนจากหลายฝ่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ อาจารย์สิทธิโชค ผูกพันธุ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานวิจัยที่ได้ให้คำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น และตรวจสอบโครงงานวิจัยฉบับนี้ให้กับข้าพเจ้า รวมทั้งคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยนเรศวรที่ได้ให้ความรู้และคำแนะนำต่าง ๆ แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยนเรศวรสำหรับความอนุเคราะห์ทุนการศึกษาเพื่อเป็นค่าใช้จ่ายในการศึกษาตลอดหลักสูตร

ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ รวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการช่วยเหลือให้โครงงานวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ท้ายสุดนี้ขอมอบความดีของโครงงานวิจัย เพื่อเป็นกตเวทิตาคุณแด่บิดา มารดา และคณาจารย์ทุกท่าน พร้อมกันนี้ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงงานวิจัยฉบับนี้จะก่อประโยชน์ต่อสังคมและประเทศชาติสืบไป

คณะผู้จัดทำโครงงาน

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
สารบัญกราฟ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขต	2
1.4 ขั้นตอนทำโครงงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6 สถานที่ปฏิบัติงาน	4
1.7 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้	4
1.8 งบประมาณ	4
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	5
2.1 ลักษณะทั่วไปและคุณสมบัติของต้นยูคาลิปตัส	5
2.2 ทฤษฎีหรือเอกสารที่เกี่ยวข้อง	6
2.3 เครื่องมือในการผลิตถ่าน	7
2.4 ส่วนประกอบที่สำคัญของเตาเผาถ่าน	7
2.5 คุณลักษณะของเตาเผาถ่านที่ดี	8
2.6 เตาเผาถ่าน	8
2.7 กระบวนการทำงานของเตาเผา	9
2.8 งานความร้อนที่ได้รับจากชีวมวลแต่ละประเภท	10

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการศึกษา 11

3.1 กระบวนการศึกษาคุณสมบัติของเปลือกไม้ยูคาลิปตัส 11

3.2 กระบวนการแปรรูปเปลือกไม้ยูคาลิปตัสเป็นถ่าน และศึกษาคุณสมบัติของผงถ่าน 14

3.3 กระบวนการอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกไม้ยูคาลิปตัส 15

3.4 ขั้นตอนในการศึกษาคุณสมบัติของถ่านอัดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส 17

บทที่ 4 ผลการทดลอง 19

4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติของเปลือกไม้ยูคาลิปตัส 19

4.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติของผงถ่านไม้ยูคาลิปตัส 21

4.3 ผลการศึกษาคุณสมบัติของถ่านอัดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส 22

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 31

บรรณานุกรม 32

ประวัติผู้จัดทำโครงงาน 33

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติ	10
4.1.1 ค่าความชื้นของเปลือกไม้ยูคาลิปตัสต่อน้ำหนัก	19
4.1.2 ค่าความร้อนของเปลือกไม้ยูคาลิปตัส	20
4.1.3 ค่าความหนาแน่นของเปลือกไม้ยูคาลิปตัส	21
4.2.1 ค่าความร้อนของผงถ่านเปลือกไม้ยูคาลิปตัส	21
4.3.1 แสดงค่าความชื้นของถ่านอัดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส (เครื่องอัดไฮดรอลิก)	22
4.3.2 แสดงค่าความชื้นของถ่านอัดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส (เครื่องอัดสกรูเกลียว)	23
4.3.3 แสดงคุณสมบัติทางกายของถ่านอัดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส	24
4.3.4 ค่าความร้อนของถ่านอัดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส	26
4.3.5 อุณหภูมิโดยการต้มน้ำ (เครื่องอัดสกรูเกลียว)	27
4.3.6 อุณหภูมิโดยการต้มน้ำ (เครื่องอัดไฮดรอลิก)	29

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ลักษณะต้นยูคาลิปตัส	5
3.1	เปลือกไม้ยูคาลิปตัส	11
3.2	เครื่องอบ ยี่ห้อ Memmert รุ่น D 06062 Model 600	12
3.3	เครื่องชั่ง ยี่ห้อ METTLER TOLEDO รุ่น AB104	13
3.4	เครื่องบอมบ์คาลอริมิเตอร์ ยี่ห้อ PARR 1261	13
3.5	เริ่มต้นเผาเปลือกไม้	14
3.6	เมื่อเผาเสร็จ	14
3.7	เครื่องอัดถ่าน ยี่ห้อ ฝานิด อุตสหกรรม	15
3.8	บดถ่าน	16
3.9	ถ่านอัด	16
3.10	เครื่องอัดไฮดรอลิก	17
3.11	กาต้มน้ำ	18
4.1	ถ่านอัดแปลือกไม้ยูคาลิปตัส โดยใช้เครื่องอัดสกรูเกลียว	25
4.2	ถ่านอัดแปลือกไม้ยูคาลิปตัส โดยใช้เครื่องอัดไฮดรอลิก	25

สารบัญกราฟ

กราฟที่		หน้า
4.1.1	แสดงค่าความชื้นของเปลือกไม้ยูคาลิปตัสต่อน้ำหนัก	20
4.3.1	แสดงค่าความชื้นของถ่านอัดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัสต่อน้ำหนัก (เครื่องอัดไฮดรอลิก)	22
4.3.2	แสดงค่าความชื้นของถ่านอัดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัสต่อน้ำหนัก (เครื่องอัดสกรูเกลียว)	23
4.3.5	แสดงค่ากำลังความร้อนโดยการต้มน้ำ (เครื่องอัดสกรูเกลียว)	28
4.3.6	แสดงค่ากำลังความร้อนโดยการต้มน้ำ (เครื่องอัดไฮดรอลิก)	30

บทที่ 1

บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยที่สำคัญในการตอบสนอง ความต้องการขั้นพื้นฐานของประชาชน และเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรมการเกษตร

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ไม้ยูคาลิปตัสถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างหรือแปรรูปเป็นเยื่อกระดาษ แผ่นอัดใยสังเคราะห์และแผ่นอัดซีเมนต์ มีความต้องการทางอุตสาหกรรมมากขึ้น ทำให้การปลูกต้นยูคาลิปตัสมากขึ้น เมื่อนำแปรรูปก็จะเหลือเศษเปลือกไม้ยูคาลิปตัสจำนวนมาก ที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

โครงงานนี้ศึกษาคุณสมบัติของเปลือกไม้ยูคาลิปตัสและคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส เพื่อใช้ในการอุปโภค

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อนำเศษวัสดุที่เหลือใช้นำกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์
2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของเปลือกไม้ยูคาลิปตัส เมื่อมาผลิตเป็นถ่าน
3. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของถ่านอัดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส
4. ศึกษาคุณสมบัติค่าความชื้นของเปลือกไม้ยูคาลิปตัสและถ่านอัดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส

1.3 ขอบเขต

ศึกษาคุณสมบัติ

- ค่าความร้อน (เปลือกไม้ยูคาลิปตัส, ถ่าน)
- เปอร์เซ็นต์ความชื้น (เปลือกไม้ยูคาลิปตัส, ถ่าน)
- ความหนาแน่นของถ่านอัด

1.4 ขั้นตอนในทำโครงงาน

1.4.1 คัดเลือกขนาดไม้ยูคาลิปตัสให้ขนาดที่เราต้องการ 3 ขนาดเท่า ๆ กันยาวไม่เกิน 20 cm

1.4.2 นำเปลือกไม้ที่คัดขนาดแล้วมาลดความชื้น (Dehydration) หา % ความชื้นออกมาและบันทึกผล

1.4.3 นำเปลือกไม้ที่ได้ทำการเผา (Carbonization) โดยสังเกตความคืบหน้าของกระบวนการจากควัน

ลักษณะของควัน ตามลำดับ				
สีดำ หนาทึบ	สีขาวหนาทึบเป็นชั้นๆคล้ายคลื่นเนื่องจากความชื้นถูกขับออก	สีเหลืองไม้บางส่วนเริ่มที่จะกลายเป็นถ่าน	สีฟ้าหนาขึ้นถ่านเริ่มถูกเผา	ไม่มีควัน

1.4.4 พอได้ถ่านเปลือกไม้ออกมาแล้ว ก็นำไปทดสอบหาค่าความร้อน และทดสอบโดยนำถ่านไปเผา แล้วจับเวลา

การวัดค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวะมวล มีวิธีการวัด 2 แบบ คือ

1.ค่าความร้อนต่ำ หรือ Lower Heating Value (LHV) หมายถึง การนำชีวมวลหนัก 1 kg มาหาค่าความร้อน ค่าที่วัดได้คือ ค่าความร้อนต่ำ (LHV) ต่อกิโลกรัม

2.ค่าความร้อนสูงหรือ Higher Heating Value (HHV) หมายถึง การนำชีวมวลหนัก 1 kg มาลดความชื้นหรือกำจัดน้ำออกให้หมด จากนั้นนำมาหาค่าความร้อนค่าที่วัดได้คือ ค่าความร้อนสูง (HHV) ต่อกิโลกรัมและมีความสัมพันธ์กับค่าความร้อนต่ำดังนี้

HHV = LHV + 5.72(9H + M) kcal/kg หรือ HHV = LHV + 23.95 (9H + M) kJ/kg

เมื่อ H เท่ากับปริมาณเปอร์เซ็นต์ของธาตุไฮโดรเจนในชีวมวลและเมื่อ M เท่ากับปริมาณเปอร์เซ็นต์ของความชื้นในชีวมวล

1.4.5 นำถ่านไปทำการบด (Grinding) เป็นผงโดยการใช้เครื่องบด หรือ การบดด้วยมืออาจใช้ครกและสากเป็นอุปกรณ์ และไปทดสอบหาค่าความร้อนอีกครั้ง

1.4.6 นำถ่านที่บดได้แล้วไปผสมกับตัวผสาน คือ แป้งมันสำปะหลังอย่างดี กับน้ำอัตราส่วน ถ่าน 100 kg ผสมกับแป้ง 5-7 kg และน้ำ 30-35 kg

1.4.7 อัดให้ถ่านก้อนหรือแท่ง (Compaction) ใช่ท่อหรือหลอดช่วยในการผลิต

1.4.8 การทำให้แห้ง (Drying) นำถ่านถ่านที่อัดเป็นแท่ง แล้วนำไปลดความชื้น โดยการอบหรือ ตากแดด (Solar Dryer) เพื่อลดความชื้น

1.4.9 หาค่าความร้อนเป็นครั้งสุดท้าย

ระยะเวลาและแผนการปฏิบัติงาน

กิจกรรม	พ.ศ. 2551						พ.ศ. 2552
	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค
1.ค้นคว้ารวบรวมข้อมูลเปลือกไม้-ยูคาลิปตัสและติดต่อซื้อวัสดุ	▬	▬					
2.ตรวจสอบความพร้อมของห้องปฏิบัติการ			▬	▬	▬		
3.เตรียมวัสดุในการเผาถ่าน			▬	▬	▬		
4.ดำเนินการวิจัย			▬	▬	▬	▬	▬
5.ศึกษาผลการทดลองของผงถ่าน				▬	▬	▬	
6.สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง						▬	▬
7.จัดทำรายงานวิจัย				▬	▬	▬	▬

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

5.1 สามารถนำของเหลือทิ้งจากภาคเกษตรและอุตสาหกรรมใช้ประโยชน์

5.2 เพื่อมูลค่าของเศษเปลือกไม้ยูคาลิปตัส

5.3 ผู้ประกอบการได้ข้อมูลในการศึกษาวิจัยนี้เพื่อเป็นทางเลือกในการเพิ่มรายได้

1.6 สถานที่ปฏิบัติงาน

โรงปฏิบัติงานวิศวกรรมเครื่องกล ณ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้

1. เปลือกไม้ยูคาลิปตัส
2. เตาโลหะ (เตาอบความชื้น)
3. น้ำมันเชื้อเพลิง
4. เครื่องทดสอบค่าความร้อน (Bomb Calorimeter)
5. ท่อพลาสติก PVC
6. เครื่องอัดสกรูเกลียว
7. เครื่องอัดไฮดรอลิก

1.8 งบประมาณ

1. ค่าวัสดุสำนักงาน	500	บาท
2. ค่าวัสดุก่อสร้าง (เปลือกไม้ยูคาลิปตัส)	1,000	บาท
3. ค่าวัสดุน้ำมันหรือเชื้อเพลิง	500	บาท
4. ค่าวัสดุแป้งมันสัปปะหลังอย่างดี	500	บาท
5. ค่าจ้างถ่ายเอกสารและจัดทำรูปเล่ม	500	บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น	3,000	บาท

*หมายเหตุ ขออนุมัติถัวเฉลี่ยทุกรายการ

มหาวิทยาลัยนเรศวร

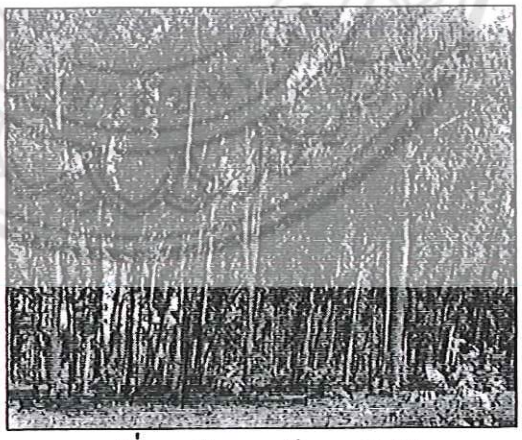
บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

ถ่านอัดแท่งเป็น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติ นำเปลือกไม้ยูคาลิปตัส มาเผาจนเป็นถ่าน นำมาบดเป็นผงแล้วอัดเป็นแท่งตามรูปที่ต้องการ ซึ่งเป็นการนำวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตรมาทำการเปลี่ยนคุณสมบัติ เพื่อนำมาใช้ในรูปของพลังงานความร้อนทดแทนการใช้ไม้จากป่าธรรมชาติที่นำมาเป็นวัตถุดิบในการเผาถ่าน เป็นการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยการนำเอาทรัพยากรที่เหลือใช้ กลับมาใช้ใหม่

2.1 ลักษณะทั่วไปและคุณสมบัติต้นยูคาลิปตัส

ต้นยูคาลิปตัส เป็นพันธุ์ไม้ที่มีการเจริญเติบโตเร็ว ปลูกง่าย ทนต่อสภาพแห้งแล้งสามารถขึ้นได้ในพื้นที่ดิน เสื่อมโทรมที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีรูปทรงลำต้นตรงสูงโปร่ง สามารถตัดเพื่อใช้ประโยชน์ได้ตั้งแต่อายุ 3 – 5 ปี และตอต้นยูคาลิปตัสยังสามารถแตกหน่อได้ดี โดยไม่ต้องปลูกใหม่



รูปที่ 2.1 ลักษณะต้นยูคาลิปตัส

ประโยชน์ทางตรง	ประโยชน์ทางอ้อม
1. ทำไม้ใช้สอย เฟอร์นิเจอร์ เครื่องเรือน ทำรั้ว 2. ทำฟืน เผาถ่าน ถ่านไม้ยูคาลิปตัส ไม้ฟืนยูคาลิปตัสให้พลังงานความร้อน 4,800 แคลอรี่ต่อกรัม พลังงานความร้อน 7,400 แคลอรี่ต่อกรัม 3. ทำเยื่อไม้ ไม้ยูคาลิปตัสสามารถแปรรูปทำเยื่อไม้ยูคาลิปตัสผลผลิตเยื่อไม้ราคาตัน 17,000 บาท โดยไม้ท่อนยูคาลิปตัส 4.5 ตัน ผลิตเยื่อไม้ 1 ตัน 4. ผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด แผ่นใยไม้อัด แผ่นปาร์ติ-เกิล	1. เห็ดยูคา ซึ่งมีอยู่หลายชนิด เช่น เห็ดเสม็ด เห็ดไข่ เห็ดระโงกขาว สามารถนำมาทานได้ 2. เลี้ยงผึ้ง ดอกยูคาลิปตัส มีน้ำหวานล่อแมลงมาผสมเกสรและดูดเอาน้ำหวานไปสร้างรวงผึ้ง 3. สิ่งแวดล้อม ช่วยทำให้เกิดความสมดุลตามธรรมชาติ เช่น เพิ่มความชุ่มชื้นให้แก่พื้นที่ 4. เศรษฐกิจ ก่อให้เกิดการปลูกสร้างสวนป่าเชิงพาณิชย์อย่างครบวงจร จะมีแหล่งตลาดรองรับผลผลิตอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เกิดความมั่นคงในอาชีพ และรายได้

แต่ส่วนใหญ่จะใช้ประโยชน์จากเนื้อไม้ยูคาลิปตัส จึงเหลือเปลือกไม้ยูคาลิปตัสจำนวนมาก ทางผู้จัดทำจึงต้องการศึกษาเปลือกไม้ยูคาลิปตัส ว่าสามารถนำมาเป็นมาผลิตเป็นถ่านที่มีคุณภาพมากน้อยแค่ไหน

2.2 กระบวนการคาร์บอไนเซชั่น

ถ่าน คือ ของแข็งคาร์บอนที่ได้จากกระบวนการคาร์บอไนเซชั่น (Carbonization) ซึ่งหมายถึง การเผาไหม้เศษเปลือกไม้ในที่ที่มีออกซิเจนจำกัดและมีอุณหภูมิสูงจะได้แก๊สผสมไฮโดรคาร์บอน ขี้เถ้า แร่ธาตุต่าง ๆ รวมถึงของแข็งคาร์บอนในรูปถ่าน โดยถ่านที่ได้สามารถให้พลังงานความร้อนสูงขึ้นและไม่มีควัน

กระบวนการคาร์บอนไนเซชั่น (Carbonization) มีอยู่ 4 ขั้นตอน คือ

1. การไล่ความชื้น เป็นการให้ความร้อนแก่ชีวมวลที่อุณหภูมิบรรยากาศจนถึง 180 °C ช่วงนี้ชีวมวลจะคายน้ำที่ดูดซับอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ และน้ำที่อยู่ในผนังเซลล์ ควันที่ออกมาจะมีสีขาวปนน้ำเงินอ่อนซึ่งจะมีแต่ไอน้ำ ไม่มีกลิ่นฉุน ไม่แสบตาและจมูก

2. การไล่สารระเหิด เป็นการให้ความร้อนแก่ชีวมวลที่อุณหภูมิประมาณ 180-270 °C ช่วงนี้เฮมิเซลลูโลสจะสลายตัวออกมาจนไปหมดที่อุณหภูมิประมาณ 270 °C เตาเผาถ่านที่ดีจะรักษาอุณหภูมิระดับนี้ไว้นานและใกล้เคียงกันทั่วทุกจุดของเตา ควันที่ออกมาในช่วงนี้จะเริ่มมีสีจาง ๆ เจือปนอยู่ด้วย และจะมีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กรดน้ำส้ม และเมธานอลเจือปนออกมากับควันด้วย แต่มีปริมาณต่ำมาก นำไปใช้ประโยชน์ไม่ได้

3. การเปลี่ยนชีวมวลเป็นถ่าน อุณหภูมิจะอยู่ประมาณ 270- 400 °C ช่วงนี้ชีวมวลสลายตัวด้วยตัวเองจากปฏิกิริยาคายความร้อน อันเกิดจากความร้อนที่สะสมไว้ เซลลูโลสจะเริ่มสลายตัวอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิประมาณ 275 °C ควันที่ออกมาจะมีสีขาวปนเหลือง มีกลิ่นฉุนจัด สามารถติดไฟได้ การดักเก็บน้ำส้มควันไม้ที่มีคุณภาพจะทำได้ในช่วงนี้ ลิกนิน จะเริ่มสลายตัวที่อุณหภูมิประมาณ 310 °C จนถึงอุณหภูมิประมาณ 400 °C หลังจากกระบวนการนี้ชีวมวลจะกลายเป็นถ่านทั้งหมดแล้ว

4. การทำให้ถ่านบริสุทธิ์ แม้ว่าชีวมวลจะกลายเป็นถ่านแล้วที่อุณหภูมิประมาณ 400 °C แต่ยังคงมีน้ำมันดินในปริมาณที่สูง เมื่อนำไปใช้ปิ้งย่าง น้ำมันดินที่เผาไหม้ในเตาถ่านจะเกิดเป็นสารประกอบ เบนโซไพเรน และไดเบนซานทราเซน ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง จึงยังเป็นถ่านที่มีคุณภาพต่ำ ควรอบถ่านต่อไปที่อุณหภูมิในช่วง 500-600 °C ต่อไปอีกระยะหนึ่งเพื่อไล่น้ำมันดินให้หมดไป

2.3 เครื่องมือในการผลิตถ่าน

หน้าที่ของเครื่องมือในการผลิตถ่าน คือการควบคุมปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้แบบไม่ให้เกิดเปลวไฟ (Nonflammable) ในกระบวนการคาร์บอไนเซชั่น

เตาเผาแบบโดยตรงกัน เราเรียกว่า "Kiln" และเตาเผาถ่านแบบการให้ความร้อนจากด้านนอกผ่านผนังเตา ซึ่งเรียกว่า "Retort"

2.4 ส่วนประกอบที่สำคัญของเตาเผาถ่าน (Kiln)

2.4.1 แหล่งความร้อน (Heat Source) ต้องมีการจัดเตรียมแหล่งความร้อนในการจุดเตาเพื่อการเผาไหม้ ซึ่งอาจทำได้โดยการจุดไม้เล็ก ๆ บาง ๆ ให้ลุกไหม้ หรือจุดถ่านหินจากภายนอกแล้วนำไปเผาไหม้ในเตาถ่าน

2.4.2 การถมกลบ/ผาปิด (Cover) ใช้ในการควบคุมปริมาณของออกซิเจนให้พอเหมาะกับวัตถุดิบที่ใช้ โดยทั่วไปวัสดุที่ใช้ในการทำมีหลายประเภท เช่น ดิน โลหะ ซีเมนต์

2.4.3 ช่องระบายอากาศ (Vent) มีไว้เพื่อให้มีอากาศปริมาณเล็กน้อยเข้าไปยังเตาเผาถ่านเพื่อช่วยในการคาร์บอไนเซชั่นจนกระทั่งถึงกระบวนการคายความร้อน ลักษณะของช่องอากาศอาจจะเป็นแบบช่องทะลุผ่านฝาปิด ใช้ความพรุนของดินที่กลบคลุมซึ่งอากาศสามารถไหลผ่านได้ หรือช่องอากาศแบบอัตโนมัติ

2.4.4. ช่องปล่องไอเสีย (Exhaust) ในบางกรณีช่องอากาศเข้า และช่องไอเสียอาจเป็นช่องเดียวกัน แต่โดยปกติแล้วจะมีช่องอากาศสำหรับไอเสียแยกต่างหาก ซึ่งจะเป็นช่องอากาศทะลุผ่านฝาปิด หรืออาจจะเป็นแบบปล่องไฟ (Chimney) ก็ได้

2.5 คุณลักษณะของเตาเผาถ่านที่ดี

ความเหมาะสมกับสังคมและวัฒธรรมท้องถิ่น (Socio-cultural Fit) เตาเผาถ่านจะต้องมีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในแต่ละท้องถิ่น สอดคล้องกับความต้องการทรัพยากร และความชำนาญของคนในท้องถิ่น เตาเผาถ่านที่ดีควรจะถูกพัฒนาโดยคนในท้องถิ่นซึ่งเป็นคนใช้

ต้นทุนต่ำ (Low Cost) โดยเน้นการใช้ประโยชน์จากวัสดุที่มีประจำท้องถิ่น ดังนั้นจึงพยายามที่จะใช้เงินในการลงทุนไม่มากนักโดยให้ได้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าที่สุด

การสะสมของไอระเหย (Volatiles Collection) ไอระเหยที่เกิดขึ้นสามารถทำให้ควบแน่นได้โดยการติดแผ่นกันไว้ในปล่องไฟ (Baffled chimney) ซึ่งไอระเหยที่ควบแน่นอาจถูกนำไปใช้ในการรักษาคุณภาพของเปลือกไม้ยูคาลิปตัส หรือนำไปแยกเป็นสารประกอบทางเคมีพื้นฐานได้

ความเร็ว (Speed) เตาที่มีการทำงานที่รวดเร็วจะช่วยให้คุณภาพและปริมาณของถ่านที่ได้จากการคาร์บอนไนเซชั่นที่ดีกว่าซึ่งจะช่วยให้ผู้ผลิตถ่านได้ปริมาณถ่านที่มากกว่าและมีรายได้สูงขึ้น

2.6 เตาเผาถ่าน

เตาเผาถ่านแบบใช้ดินถมกลบ (Earth Covered Kilns) เตาแบบนี้ง่ายที่สุด โดยการเรียงไม้เป็นกองอย่างเป็นระเบียบแล้วถมกลบด้วยเศษหญ้าเศษดิน เตานี้สามารถทำการคาร์บอไนเซชั่นไม้ได้เกือบทึกขนาดและสามารถที่เปลี่ยนแปลงรูปร่างและขนาดที่เหมาะสมตามความต้องการ

เตาถ่านแบบโลหะ (Metal Kilns) เป็นเตาเผาถ่านซึ่งอาจใช้โลหะในการสร้างเพียงอย่างเดียวอาจมีวัสดุประเภทอื่น ๆ ประกอบในการสร้าง

2.7 กระบวนการทำงานของเตาเผาถ่าน

2.7.1 อิทธิพลของสภาวะอากาศ มีอิทธิพลต่อกระบวนการทำงานของเตาเผาถ่านเป็นอย่างดีมากที่เห็นได้ชัดเจน คือ ฝนซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ช่วงเวลาของกระบวนการคาร์บอไนเซชั่นนานขึ้น และมีส่วนทำให้ผลผลิตลดลงด้วย ขณะเดียวกันความชื้นของดินจะเป็นตัวกำหนดในการสร้างเตาเผาแบบใช้ดินกลบ

2.7.2 การเลือกสถานที่ ควรเลือกที่วางเตาให้ใกล้กับแหล่งไม้ และจัดเตรียมพื้นที่ด้วยการกำจัดเศษอิฐ หิน และเศษดิน ออกจากพื้นที่วางเตา โดยรอบในรัศมีประมาณ 3 m แม้ว่าพื้นที่ ๆ จัดเตรียมมีขนาดเล็กและอาจไม่เพียงพอเมื่อพิจารณาถึงเรื่องความปลอดภัยจากการทำงานของเตา และยังเป็นการช่วยลดปริมาณสิ่งเจือปนเปื้อนมากับถ่าน

2.7.3 การจัดเตรียมเปลือกไม้ยูคาลิปตัส เป็นขั้นตอนในการตัดเปลือกไม้ยูคาลิปตัสให้ได้ขนาดยาวประมาณไม่เกิน 20 cm

2.7.4 การเตรียมเตาเผา เมื่อเตาถูกติดตั้งหรือทำการสร้างขึ้นบนพื้นที่ที่จัดเตรียมไว้ และทำการเรียงไม้เข้าเตา

2.7.5 การทำงานของช่องอากาศ จะมีความสำคัญต่อการควบคุมปริมาณอากาศสำหรับกระบวนการคาร์บอไนเซชั้น ถ้าปล่อยให้อากาศปริมาณมากเข้าสู่เตาอาจทำให้เปลือกไม้ยูคาลิปตัสเผาไหม้จนหมด ดังนั้นการควบคุมการทำงานช่องอากาศต้องดูแลอย่างระมัดระวัง ขั้นตอนในการควบคุมการทำงานของช่องอากาศของเตาเผาผนังไม้ระหว่างกระบวนการคาร์บอไนเซชั่น โดยการเคลื่อนตัวเกิดกระบวนการคาร์บอไนเซชั่นจะเริ่มจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัสส่วนแรกที่เริ่มคาร์บอไน-เซชั่น จากเตาด้านหนึ่งไปยังส่วนปลายของเตาด้านอื่นจนทั่ว

2.7.6 การสังเกต

ลักษณะของควัน ตามลำดับ				
สีดำ หนาทึบ	สีขาว หนาทึบ เป็นชั้น ๆ คล้ายคลื่น เนื่องจากความชื้นถูกขับออก	สีเหลือง ไม้บางส่วนเริ่มที่จะกลายเป็นถ่าน	สีฟ้า หนาขึ้น ถ่านเริ่มถูกเผา	ไม่มีควัน

2.8 งานความร้อนที่ได้จากชีวมวลแต่ละประเภท

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติชีวมวล

คุณสมบัติชีวมวลต่างๆ	Moisture (%)	Ash (%)	Volatile Matter (%)	Fixed Carbon (%)	HHV (kJ/kg)	LHV (kJ/kg)
แกลบ (Rice Husk)	12	12.65	56.46	18.88	14,755	13,517
ฟางข้าว (Rice Straw)	10	10.39	60.7	18.9	13,650	12,330
ชานอ้อย (Biogases)	50.73	1.43	41.98	5.86	9,243	7,368
ใบอ้อย (Cane Trash)	9.2	6.1	67.8	16.9	16,794	15,479
ไม้ยางพารา (Para wood)	45	1.59	45.7	7.71	10,365	8,600
เส้นใยปาล์ม (Palm Fiber)	38.5	4.42	42.68	14.39	13,127	11,400
กะลาปาล์ม (Palm Shell)	12	3.5	68.2	16.3	18,267	16,900
ทะลายปาล์ม (Empty Fruit Bunch)	58.6	2.03	30.46	8.9	9,196	7,240
ต้นปาล์ม (Palm Trunk)	48.4	1.2	38.7	11.7	9,370	7,556
ซังข้าวโพด (Corncob)	40	0.9	45.42	13.68	11,298	9,615
ลำต้นข้าวโพด (Corn Stalk)	41.7	3.7	46.46	8.14	11,704	9,830
เหง้ามันสำปะหลัง (TapiocaRhizome)	59.4	1.5	31	8.1	7,451	5,494
เปลือกไม้ยูคาลิปตัสสด (Eucalyptus Bark)	60	2.44	28	9.56	6,811	4,917

*ที่มา : ศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม

บทที่ 3

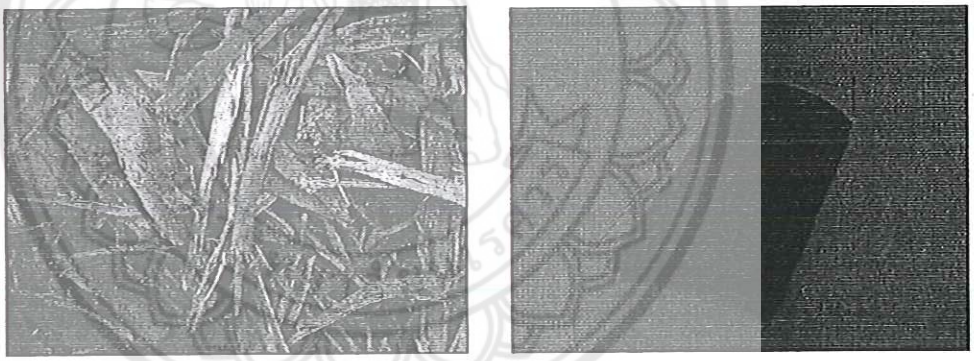
วิธีการดำเนินการศึกษา

การดำเนินงานถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส เพื่อศึกษาคุณสมบัติ โดยมีลำดับการศึกษาและวิธีการทำถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 กระบวนการศึกษาคุณสมบัติของเปลือกไม้ยูคาลิปตัส

3.1.1 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ

การศึกษากระทำโดยนำเปลือกไม้ยูคาลิปตัส มาทำการวัดหาค่าความสูง ปริมาตรและน้ำหนัก โดยในการวัดค่าดังกล่าวจะใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์, ไม้บรรทัด, เครื่องชั่ง (METTLER-TOLEDO รุ่น AB104) ตามลำดับ



รูปที่ 3.1 เปลือกไม้ยูคาลิปตัส

3.1.2 ศึกษาค่าความชื้นและค่าความร้อนของเปลือกไม้ยูคาลิปตัส

การทดสอบหาค่าความชื้นของเปลือกไม้ยูคาลิปตัสโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้คือ

<u>วิธีการทดลอง</u>

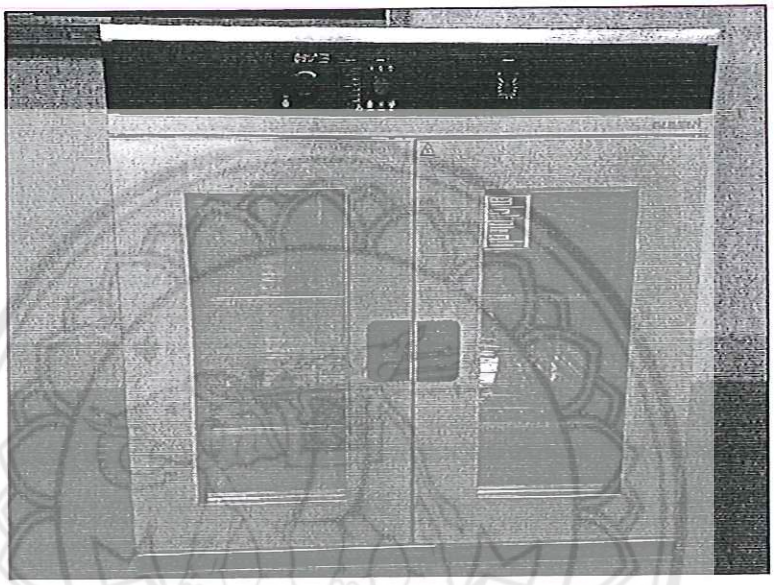
(1) นำเปลือกไม้ยูคาลิปตัส ที่ต้องการหาความชื้นมาทำการชั่งน้ำหนัก แล้วบันทึกค่าไว้

(2) จากนั้นนำเปลือกไม้ยูคาลิปตัส ที่ชั่งน้ำหนักแล้วจากข้อ 1 มาทำการอบในตู้อบลดความชื้นที่มีอุณหภูมิ 90 °C โดยใช้เวลาในการอบ 4 ชั่วโมง แล้วบันทึกน้ำหนักทุก ๆ 1 ชั่วโมง

(3) หลังจากนั้นทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาอีก 1 เดือน แล้วนำมาเข้าตู้อบลดความชื้นที่อุณหภูมิ 90 °C ใช้เวลาในการอบอีก 7 ชั่วโมง แล้วบันทึกน้ำหนัก

(4) จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าความชื้น ดังนี้

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{\text{มวลวัตถุก่อนอบ - มวลวัตถุหลังอบ}}{\text{มวลวัตถุก่อนอบ}} \times 100$$



รูปที่ 3.2 เครื่องอบ ยี่ห้อ Memmert รุ่น D 06062 Model 600

ทดสอบค่าความร้อนด้วยเครื่องบอมบ์คาลอริมิเตอร์

วิธีการทดสอบ

(1) นำผงเปลือกไม้ยูคาลิปตัส 4 ตัวอย่าง น้ำหนักประมาณ 0.1-0.4 g บันทึกน้ำหนัก

(2) นำผงเปลือกไม้ยูคาลิปตัสใส่ใน bomb head ตัด fuse wire ยาว 10 cm แล้วร้อยเข้าที่รูขั้วอิเลคโทรดทั้งสองข้าง โดยจัดให้ fuse สัมผัสกับสารตัวอย่าง และอย่าให้สัมผัสกับถ้วย

(3) นำ bomb head ที่ใส่ผงเปลือกไม้และ fuse เรียบร้อยแล้ว ใส่ใน body bomb

(4) อัดออกซิเจนโดยเสียบหัวอัดเข้าที่วาล์วบรรจุที่ bomb head แล้วกดคีย์ O_2Fill เพื่อเริ่มทำการอัด เมื่ออัดเสร็จเครื่องจะส่งสัญญาณเสียง beep บอกและหน้าจอจะหยุดกระพริบ

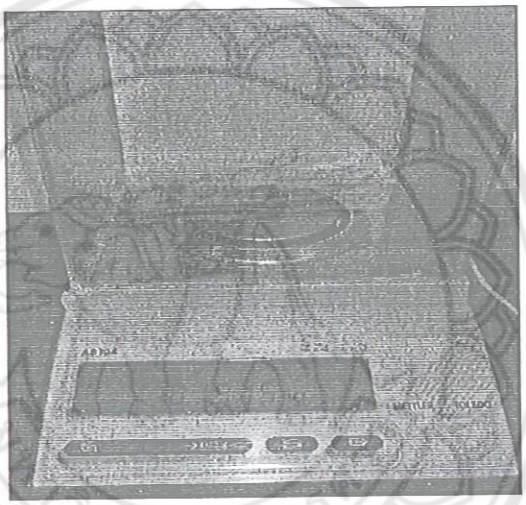
(5) นำ bomb body จุ่มลงใน bucket ซึ่งภายในจะมีน้ำอยู่ แล้วจึงเสียบขั้วอิเลคโทรดทั้งสองข้างกับที่ขั้ว bomb head แล้วจึงปิดฝาเครื่อง

(6) กดปุ่ม START แล้วรอ สัญญาณ SAMPLE จะกระพริบเพื่อให้ใส่หมายเลขตัวอย่าง จากนั้นสัญญาณ WEIGHT จะกระพริบเพื่อให้ใส่ค่ามวลของสารตัวอย่าง

(7) เมื่อทำการป้อนค่ามวลเสร็จเครื่องก็จะเริ่มทำการทดสอบสารตัวอย่าง เมื่อเผาไหม้สมบูรณ์เครื่องจะให้สัญญาณ beep เครื่องก็จะแสดงค่าความร้อนที่คำนวณได้บนจอ แล้วจะทำการพิมพ์ข้อมูลค่าต่าง ๆ ออกมา

(8) ทำการทดลองเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 1-9 โดยเปลี่ยนเป็นตัวอย่างเปลือกไม้ยูคาลิปตัส ตามลำดับ

(9) นำข้อมูลการทดลองที่ได้ไปบันทึกผล



รูปที่ 3.3 เครื่องชั่ง ยี่ห้อ METTLER TOLEDO รุ่น AB104

รูปที่ 3.4 เครื่องบอมบ์คาลอริมิเตอร์ ยี่ห้อ PARR 1261

3.2 กระบวนการแปรรูปเปลือกไม้ยูคาลิปตัสเป็นถ่านและการศึกษาคุณสมบัติของผงถ่าน

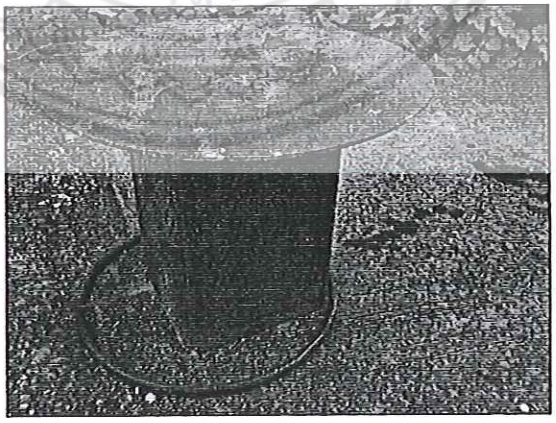
3.2.1 ขั้นตอนการเผาเปลือกไม้ยูคาลิปตัส

(1) เตรียมเครื่องมือวัสดุอุปกรณ์ ได้แก่ ปี๊บ เปิดฝาแล้ว

(2) เทเปลือกไม้ยูคาลิปตัสลงไป ¼ ของภาชนะ แล้วจุดไฟให้ติด และค่อย ๆ เติมเปลือกไม้ยูคาลิปตัสจนเต็ม ไฟจะเผาเปลือกไม้ยูคาลิปตัสให้เป็นถ่าน (เมื่อเปลือกไม้ไหม้หมดให้เติมเปลือกไม้ลงไปเรื่อย ๆ จนไม่สามารถที่จะใส่เปลือกไม้ลงไปได้อีก)

(3) นำถ่านที่ได้ออกจากภาชนะนำน้ำมาดับไฟ แล้วตากแดดให้แห้ง

รูปที่ 3.5 เริ่มต้นเผาเปลือกไม้



รูปที่ 3.6 เมื่อเผาเสร็จ

3.2.2 ทดสอบค่าความร้อนด้วยเครื่องบอมบ์คาลอริมิเตอร์

การหาค่าความร้อนด้วนเครื่องบอมบ์คาลอริมิเตอร์ เป็นเครื่องมือที่ใช้หาค่าความร้อนของเชื้อเพลิง 4 ตัวอย่าง

3.3 กระบวนการอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกไม้ยูคาลิปตัส

3.3.1 ขั้นตอนการบดและอัดแท่งเปลือกไม้ยูคาลิปตัส (ใช้เครื่องอัดสกรูเกลียว)

ขั้นที่1 เตรียมถ่านเปลือกไม้ยูคาลิปตัส มาบดกับเครื่องอัดสกรูเกลียว

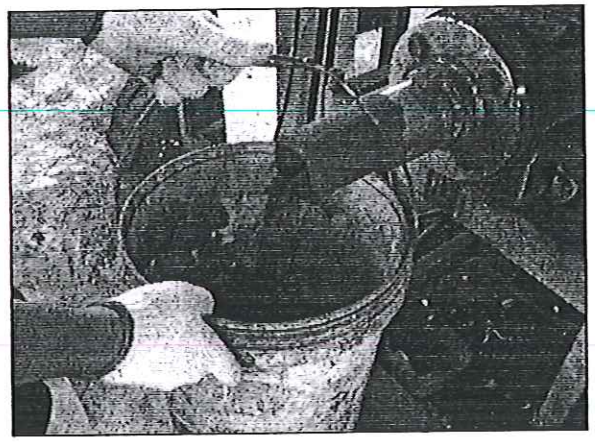
ขั้นที่2 นำมาผสมกับแป้งมันสัปปะหลัง อัตรา 10 : 1(ถ่าน 10 กิโลกรัม/ แป้งมันสัปปะหลัง 1 กิโลกรัม เนื่องจากการที่เลือกใช้อัตราส่วนนี้ เพราะทดลองใช้อัตราส่วน 11: 1, 12: 1, 13: 1 ถ่านเริ่มมีการแตกร้าวและไม่เกาะตัวกัน)

ขั้นที่3 เทน้ำเปล่าลงไปผสม 7-8 ลิตร / ถ่านบด 10 กิโลกรัม

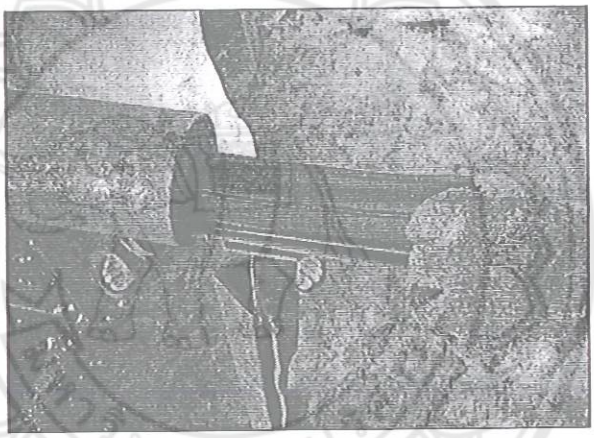
ขั้นที่4 นำมาเข้าเครื่องอัดสกรูเกลียวอัดให้เป็นแท่งถ่าน

ขั้นที่5 นำแท่งถ่านที่อัดมาเข้าเครื่องอบในอุณหภูมิ 90 °C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง บันทึกค่าทุกๆ 4 ชั่วโมง

รูปที่ 3.7 เครื่องอัดถ่านสกรูเกลียว ยี่ห้อ ฝานิดอุตสาหกรรม



รูปที่ 3.8 บดถ่าน



รูปที่ 3.9 ถ่านอัดจากเครื่องอัดสกรูเกลียว

3.3.2 ขั้นตอนการบดและอัดแท่งเปลือกไม้ยูคาลิสตัส (ใช้เครื่องอัดไฮดรอลิก)

ขั้นที่1 นำถ่านที่ได้จากการเผาเปลือกไม้ยูคาลิปตัสมาทุบ

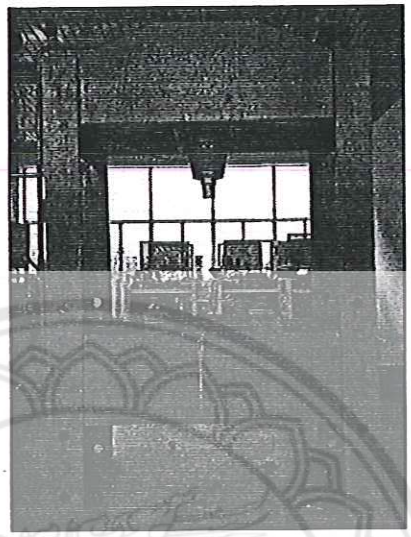
ขั้นที่2 ผสมกับแป้งมันสัปปะหลัง อัตรา 10 : 1 (ถ่าน 10 กิโลกรัม / แป้งมันสัปปะหลัง 1 กิโลกรัม) เนื่องจากการเลือกใช้อัตราส่วนนี้ เพราะว่าทดลองใช้อัตราส่วน 11: 1, 12: 1, 13: 1 ถ่านเริ่มมีการแตกร้าวแล้วไม่เกาะตัวกัน)

ขั้นที่3 เทน้ำเปล่าลงไปผสม 7-8 ลิตร / ถ่านบด 10 กิโลกรัม

ขั้นที่4 นำถ่านที่ผสมแล้วมาใส่ในท่อ PVC เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้วที่ผ่าครึ่งแล้วนำลวดมายึดไว้

ขั้นที่5 นำไปวางบนแท่น ใช้เครื่องอัดไฮดรอลิกกดลงในท่อ PVC ที่แรงกด 15 kg/cm^2

ขั้นที่6 นำถ่านที่ได้ออกจากท่อ เข้าเครื่องอบในอุณหภูมิ 90 °C ใช้เวลา 12 ชั่วโมงบันทึกค่าทุก ๆ 4 ชั่วโมง



รูปที่ 3.10 เครื่องอัดไฮดรอลิก

3.4 ขั้นตอนในการศึกษาคุณสมบัติของถ่านอัดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส

3.4.1 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ

การศึกษากระทำโดยนำเปลือกไม้ยูคาลิปตัส มาทำการวัดหาค่าความสูง ปริมาตร น้ำหนักและค่าความหนาแน่นของถ่านอัดแท่ง โดยในการวัดค่าดังกล่าวจะใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์, ไม้บรรทัด, เครื่องชั่ง (ยี่ห้อMETTLER TOLEDO รุ่น AB104) ตามลำดับ

การทดสอบหาค่าความหนาแน่นสามรถทดสอบ โดยแต่ขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

<u>วิธีการทดลอง</u>

(1) นำถ่านอัดแท่งที่ต้องการทดลองไปชั่งน้ำหนัก

(2) นำถ่านอัดแท่งจาก ข้อ 1 ไปทำการหาค่าปริมาตรโดยสามารถคำนวณได้จาก

สูตร ปริมาตรทรงกระบอก = $(\pi d^2 / 4) h$

ปริมาตรห้าเหลี่ยม = [((1/2) x สูง x ผลบวกของด้านคู่ขนาน) + (1/2 x ฐาน x สูง) - $(\pi d^2 / 4)$] h

(3) จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าความหนาแน่นของถ่าน

ความหนาแน่น = น้ำหนักถ่าน / ปริมาตรของแท่งถ่าน

3.4.2 ศึกษาค่าความชื้นและค่าความร้อนของถ่านอัดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส

การทดสอบหาค่าความชื้นของถ่านอัดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้คือ

<u>วิธีการทดลอง</u>

(1) นำถ่านถ่านอัดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส ที่ต้องการหาความชื้นมาทำการชั่งน้ำหนัก แล้วบันทึกค่าไว้ประมาณผลเริ่มต้น

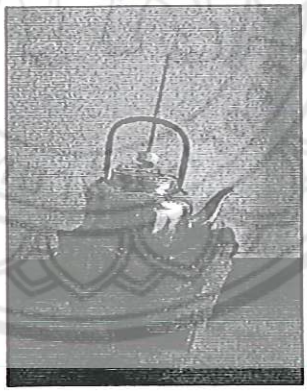
(2) จากนั้นนำถ่านอัดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส ที่ชั่งน้ำหนักแล้วจาก ข้อ 1 มาทำการอบในตู้อบลดความชื้นที่มีอุณหภูมิ 90 °C โดยใช้เวลาในการอบ 4 ชั่วโมง แล้วบันทึกน้ำหนักทุก ๆ 1 ชั่วโมง

(3) จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าความชื้น (dry basis moisture) ดังนี้

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{\text{มวลวัตถุก่อนอบ-มวลวัตถุหลังอบ}}{\text{มวลวัตถุก่อนอบ}} \times 100$$

ทดสอบค่าความร้อนด้วยเครื่องบอมบ์คาลอริมิเตอร์ 4 ตัวอย่าง

3.4.3 การทดสอบค่าความร้อนโดยการต้มน้ำ



รูปที่ 3.11 กาต้มน้ำ

<u>วิธีการทดสอบกำลังความร้อน</u>

นำถ่านอัดแท่งเปลือกไม้ยูคาลิปตัสที่ได้จากเครื่องอัดสกรูเกลียวและเครื่องอัดไฮดรอลิกไปให้ความร้อนแก่น้ำ 600 กรัม ทำการบันทึกค่าอุณหภูมิทุก ๆ 2 นาที จนถ่านไม่สามารถให้กำลังความร้อนได้อีก แล้วทิ้งให้เตาเย็นตัวลง ทำการเปลี่ยนถ่าน เป็นก้อนที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ และบันทึกค่า หาค่ากำลังความร้อน

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ข้อมูลแสดงผลการทดลองของถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส

-ผลการศึกษาคุณสมบัติของ เปลือกไม้ยูคาลิปตัส

-ผลการศึกษาคุณสมบัติของ ผงถ่าน จากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส

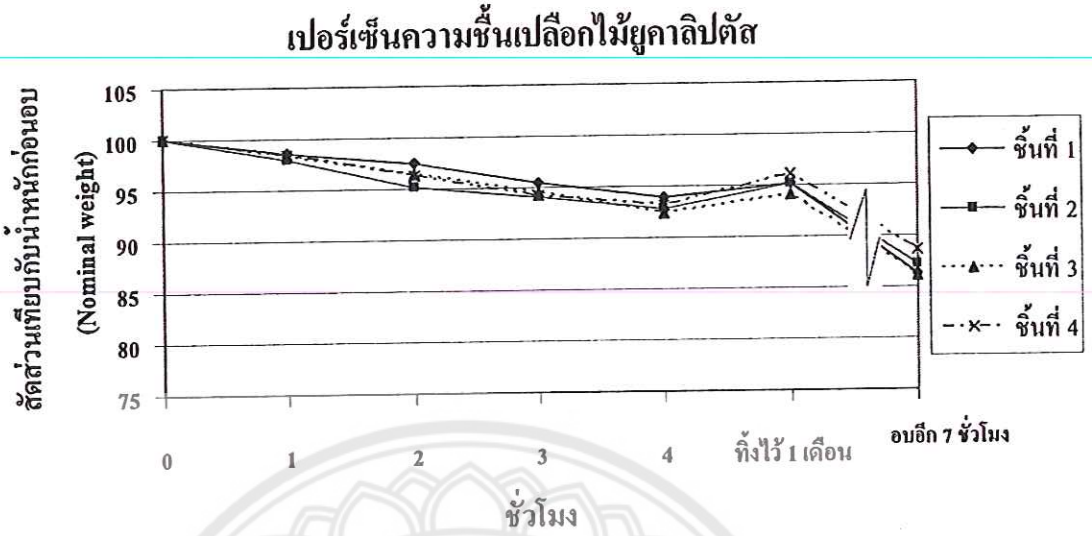
-ผลการศึกษาคุณสมบัติของ ถ่านอัด จากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส

4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติของ เปลือกไม้ยูคาลิปตัส

ตารางที่ 4.1.1 ค่าความชื้นของเปลือกไม้ยูคาลิปตัสต่อน้ำหนัก

ค่าความชื้นของเปลือกไม้ยูคาลิปตัสต่อน้ำหนัก (g)				
ชั่วโมงการอบ	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 3	ชิ้นที่ 4
เริ่มต้น	21.22	9.98	12.66	10.62
1	20.93	9.77	12.45	10.46
2	20.67	9.51	12.20	10.21
3	20.26	9.39	11.97	10.00
4	19.91	9.27	11.69	9.90
ทิ้งไว้ 1 เดือน	20.20	9.50	11.90	10.20
น้ำหนักสุดท้าย อบ 11 ชั่วโมง (90°C)	**18.30**	**8.70**	**10.90**	**9.40**

จากการทดลอง เปลือกไม้ยูคาลิปตัสมีความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 13.00 %



กราฟ 4.1.1 ค่าความชื้นของเปลือกไม้ยูคาลิปตัสต่อน้ำหนัก

จากกราฟแสดงผลการทดลอง การอบเปลือกไม้ยูคาลิปตัสที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง โดยบันทึกค่าความชื้นทุก ๆ 1 ชั่วโมง และทิ้งเปลือกไม้ยูคาลิปตัสไว้อีกประมาณ 1 เดือน เพื่อสังเกตดูค่าความชื้น และนำไปอบอีก 7 ชั่วโมง บันทึกค่า จากการทดลอง เปลือกไม้ยูคาลิปตัสมีความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 13 %

ตารางที่ 4.1.2 ค่าความร้อนของเปลือกไม้ยูคาลิปตัส

ค่าความร้อนของเปลือกไม้ยูคาลิปตัส		
ครั้งที่	**น้ำหนัก (g)**	**ค่าความร้อน (MJ/kg)**
1	0.25	15.03
2	0.35	17.50
3	0.20	15.46
4	0.37	15.89

จากการทดลอง เปลือกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 15.97 *MJ / kg*

ตารางที่ 4.1.3 ค่าความหนาแน่นของเปลือกไม้ยูคาลิปตัส

ค่าความหนาแน่นเปลือกไม้ยูคาลิปตัส					
ชิ้นที่	ความกว้าง (cm)	ความยาว (cm)	ความหนา (cm)	น้ำหนัก (g)	ความหนาแน่น (kg/cm^3)
1	2.50	3.80	0.02	1.30	0.07
2	2.00	3.50	0.03	0.90	0.04
3	2.50	3.50	0.03	1.90	0.04
4	2.30	3.20	0.03	1.20	0.05
				เฉลี่ย	**0.05**

จากการทดลอง เปลือกไม้ยูคาลิปตัสมีความหนาแน่นเฉลี่ย 0.05 kg/cm^3

4.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติของ ผงถ่าน จากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส

ตารางที่ 4.2.1 ค่าความร้อนของผงถ่านเปลือกไม้ยูคาลิปตัส

ค่าความร้อนของผงถ่านเปลือกไม้ยูคาลิปตัส		
ครั้งที่	น้ำหนัก (g)	ค่าความร้อน (MJ/kg)
1	0.38	16.38
2	0.36	16.85
3	0.39	17.65
4	0.33	16.42

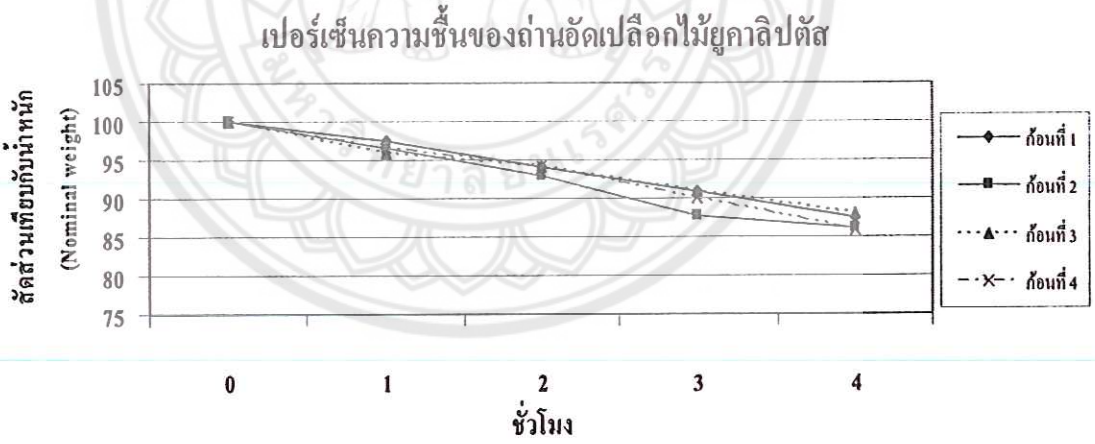
จากการทดลอง ผงถ่านเปลือกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 16.82 MJ/kg เมื่อเทียบกับเปลือกไม้ยูคาลิปตัส มีค่าความร้อนเพิ่มขึ้น 5.32 %

4.3 ผลการศึกษาคุณสมบัติของ ถ่านอัด จากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส

ตารางที่ 4.3.1 แสดงค่าความชื้นของถ่านอัดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส (เครื่องอัดไฮดรอลิก)

เปอร์เซ็นความชื้นอัดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัสต่อน้ำหนัก				
ชั่วโมงการอบ	ก้อนที่ 1	ก้อนที่ 2	ก้อนที่ 3	ก้อนที่ 4
เริ่มต้น	120	115	100	120
1	117	111	96	116
2	113	107	94	113
3	109	101	91	108
4	105	99	88	103

จากการทดลอง ค่าความชื้นของถ่านอัดเปลือกไม้ยูคาลิปตัสจากเครื่องอัดไฮดรอลิก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.14 %



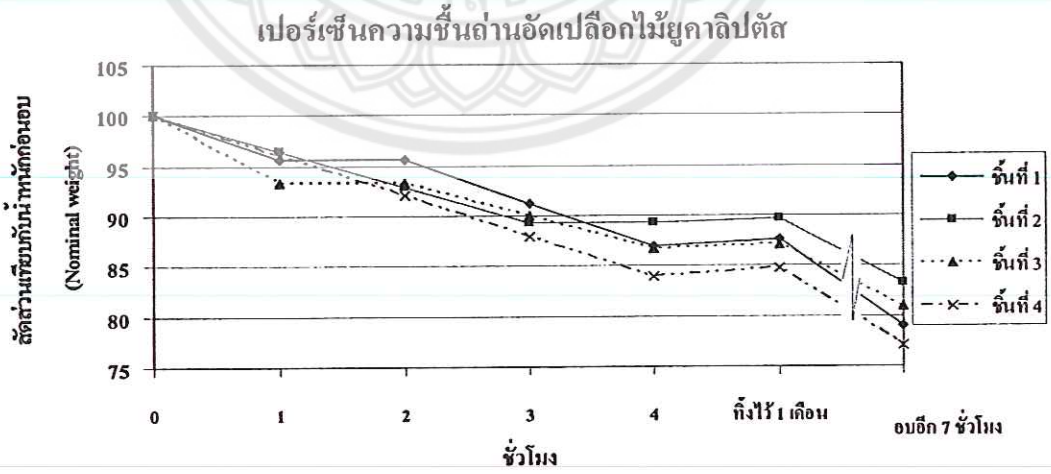
กราฟที่ 4.3.1 ค่าความชื้นของถ่านอัดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัสต่อน้ำหนัก (โดยใช้เครื่องอัดไฮดรอลิก)

จากกราฟ ค่าความชื้นของถ่านอัดเปลือกไม้ยูคาลิปตัสจากเครื่องอัดไฮดรอลิกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.14 %

ตารางที่ 4.3.2 แสดงค่าความชื้นของถ่านอัดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส (เครื่องอัดสกรูเกลียว)

เปอร์เซ็นความชื้นอัดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัสต่อน้ำหนัก (g)				
ชั่วโมงการอบ	ก้อนที่ 1	ก้อนที่ 2	ก้อนที่ 3	ก้อนที่ 4
เริ่มต้น	115.00	140.00	150.00	125.00
1	110.00	135.00	140.00	120.00
2	110.00	130.00	140.00	115.00
3	105.00	125.00	135.00	110.00
4	100.00	125.00	130.00	105.00
ทิ้งไว้ 1 เดือน	100.80	125.70	130.60	105.90
น้ำหนักสุดท้าย อบ 11ชั่วโมง (90°C)	90.80	116.50	121.40	96.30

จากการทดลอง ค่าความชื้นของถ่านอัดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัสเครื่องอัดสกรูเกลียว ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.96 %



กราฟที่ 4.3.2 ค่าความชื้นของถ่านอัดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัสต่อน้ำหนัก (โดยใช้เครื่องอัดสกรูเกรียว)

จากกราฟแสดงผลการทดลอง การอบเปลือกไม้ยูคาลิปตัสที่อุณหภูมิประมาณ 90 °C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง โดยบันทึกค่าความชื้นทุก ๆ 1 ชั่วโมง และทิ้งเปลือกไม้ยูคาลิปตัสไว้อีก 1 เดือน เพื่อสังเกตดูค่าความชื้น และนำไปอบอีก 7 ชั่วโมง จากการทดลอง ค่าความชื้นของถ่านอัดเปลือกไม้ยูคาลิปตัสจากเครื่องอัดสกรูเกลียวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.96 %

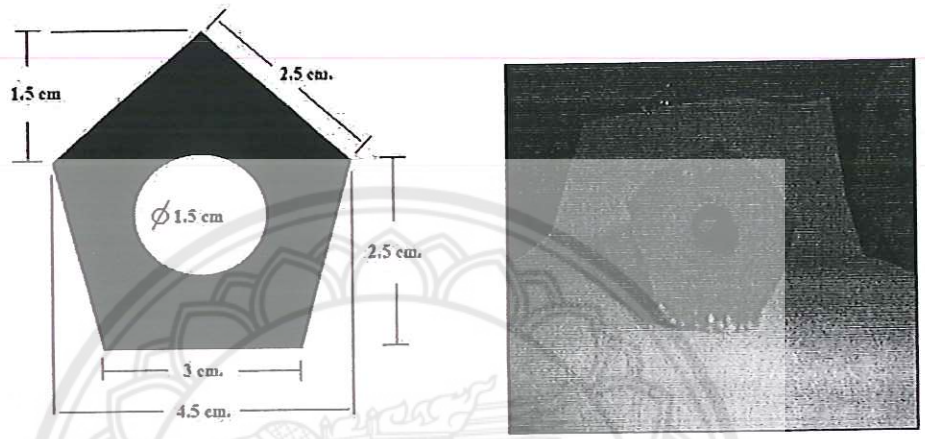
ตารางที่ 4.3.3 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพของถ่านอัดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส

ตารางความหนาแน่นของถ่าน						
ชนิดเครื่องอัด	น้ำหนัก (g)	ความยาว (cm)	เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (cm)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	ปริมาตร (cm^3)	ความหนาแน่น ($kg./cm^3$)
เครื่องอัดไฮดรอลิก	105	10.00	0.00	20.27	202.70	520
	105	11.00	0.00	20.27	222.97	470
	111	12.00	0.00	20.27	243.24	460
	120	13.50	0.00	20.27	273.64	440
					ค่าเฉลี่ย	470
เครื่องอัดสกรูเกลียว	105	12.00	1.50	10.98	131.79	790
	125	16.00	1.50	10.98	175.72	710
	135	16.00	1.50	10.98	175.72	770
	110	14.00	1.50	10.98	153.76	710
					ค่าเฉลี่ย	750

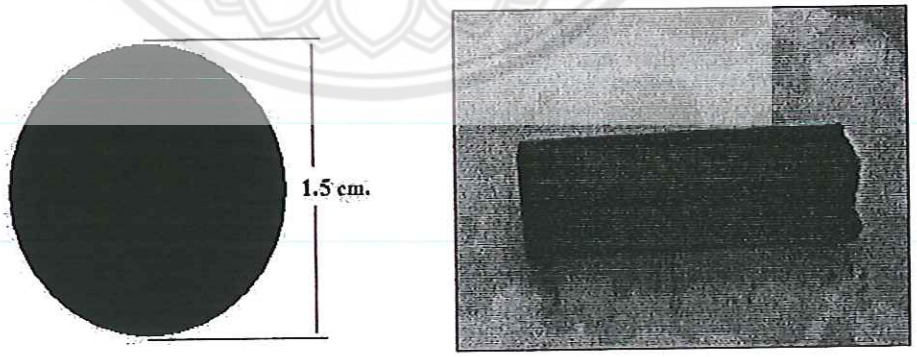
จากผลการทดลอง การอัดถ่านเปลือกไม้ยูคาลิปตัสด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกมีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 470 kg/cm^3 และการอัดด้วยเครื่องอัดสกรูเกลียวมีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 750 kg/cm^3 ซึ่งจะเห็นได้ว่าการอัดด้วยเครื่องอัดสกรูเกลียวมีความหนาแน่นมากกว่าเครื่องอัดไฮดรอลิก

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปร.
ป1693
2548
ค.2
i 5067510



รูปที่ 4.1 ถ่านอัดเปลือกไม้ยูคาลิปตัส โดยใช้เครื่องอัดสก**รูเกลียว**



รูปที่ 4.2 ถ่านอัดเปลือกไม้ยูคาลิปตัส โดยใช้เครื่องอัดไฮดรอลิก

ตารางที่ 4.3.4 ค่าความร้อนของถ่านอัดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส

ค่าความร้อนของถ่านอัดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส			
ชนิดเครื่องอัด	**ครั้งที่**	**น้ำหนัก (g)**	**ค่าความร้อน(MJ/kg)**
เครื่องอัดไฮดรอลิก	**1**	0.38	17.46
	2	0.35	16.99
	3	0.32	15.30
	4	0.37	17.15
	เฉลี่ย		16.72
เครื่องอัดสกรูเกลียว	1	0.36	16.56
	2	0.33	15.80
	3	0.32	16.87
	4	0.35	16.66
	เฉลี่ย		16.47

จากการทดลอง ถ่านอัดจากเครื่องอัดสกรูเกลียวมีความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 16.47 *MJ / kg* ถ่านอัดจากเครื่องอัดไอดรอลิกมีความร้อนเฉลี่ย 16.72 *MJ / kg* ซึ่งจะได้ค่าความร้อนใกล้เคียงกับผงถ่านเปลือกไม้ยูคาลิปตัส

ตารางที่ 4.3.5 อุณหภูมิการต้มน้ำจากถ่านอัดเปลือกไม้ยูคาลิปตัสหนักประมาณ 120 กรัม (เครื่องอัดสกรูเกลียว)

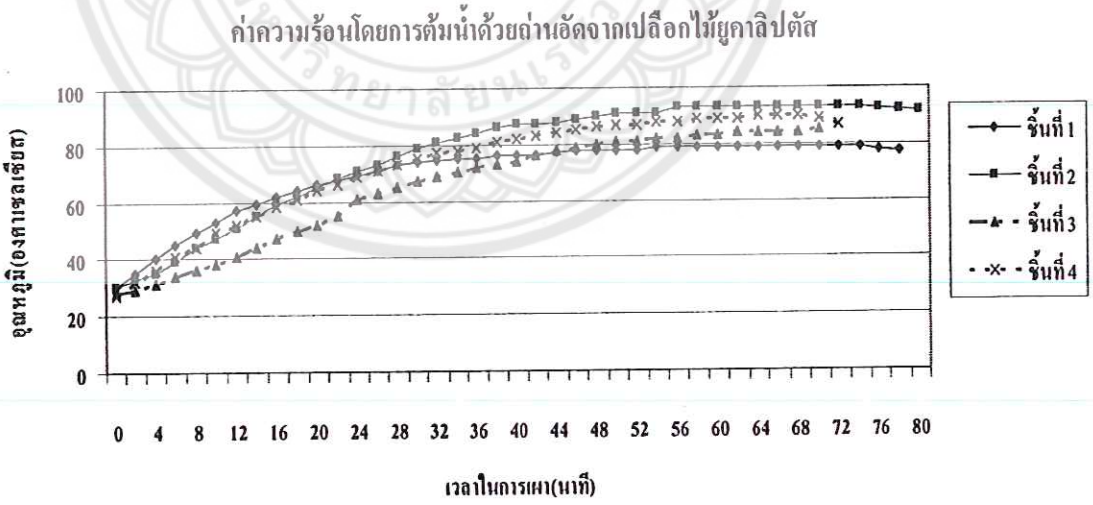
เวลาในการเผา (นาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			
	ก้อนที่ 1	ก้อนที่ 2	ก้อนที่ 3	ก้อนที่ 4
0	30.00	30.00	28.00	27.00
2	35.00	33.00	29.00	32.00
4	40.00	35.00	31.00	36.00
6	45.00	39.00	34.00	41.00
8	49.00	44.00	36.00	44.00
10	53.00	47.00	38.00	49.00
12	57.00	51.00	41.00	52.00
14	59.00	55.00	44.00	55.00
16	62.00	59.00	47.00	58.00
18	64.00	62.00	50.00	61.00
20	66.00	65.00	52.00	64.00
22	67.50	68.00	55.00	66.00
24	69.50	71.00	61.00	69.00
26	71.00	73.00	63.00	71.00
28	73.00	76.00	65.00	73.00
30	74.00	79.00	67.00	75.00
32	74.50	81.00	69.00	77.00
34	75.00	82.50	70.50	78.00
36	75.00	84.00	72.00	79.00
38	76.00	86.00	73.00	81.00
40	76.00	87.50	74.00	82.00
42	76.00	87.50	76.00	83.00
44	77.00	88.00	78.00	84.00

เวลาในการเผา (นาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) (ต่อ)			
	ก้อนที่ 1		ก้อนที่ 1	
46	78.00	89.00	79.00	85.00
48	78.00	90.00	80.00	86.00
50	78.00	91.00	81.00	87.00
52	78.00	91.00	81.00	87.00
54	79.00	91.00	82.00	88.00
56	79.00	93.00	82.00	88.00
58	79.00	93.00	83.00	89.00
60	79.00	93.00	83.00	89.00
กำลัง (kW)	0.034	0.044	0.038	0.043

จากการทดลองพบว่าการอัดด้วยเครื่องอัดสกรูเกลียวมีกำลังความร้อนเฉลี่ย 0.039 kW หา

ได้จากสมการ $Q = \frac{mC_p\Delta T}{t}$ เช่น $Q_1 = \frac{0.6 \times 4.186 \times (79-30)}{60 \times 60} = 0.034\,kW$

ดังนั้นถ่านอัด 1 kg มีค่ากำลังความร้อน = 0.034 x 1,000 / 120 = 0.325 kW



กราฟที่ 4.3.5 แสดงค่ากำลังความร้อนโดยการต้มน้ำ (เครื่องอัดสกรูเกลียว)

จากกราฟ ค่ากำลังความร้อนการต้มน้ำจากเครื่องอัดสกรูเกลียว มีกำลังความร้อนเฉลี่ย 0.039 kW

ตารางที่ 4.3.6 อุณหภูมิโดยการต้มน้ำจากถ่านอัดเปลือกไม้ยูคาลิปตัสหนักประมาณ 120 กรัม (เครื่องอัดไฮดรอลิก)

เวลาในการเผา (นาที)	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)			
	ก้อนที่ 1	ก้อนที่ 2	ก้อนที่ 3	ก้อนที่ 4
0	28.00	28.00	27.00	27.00
2	33.00	29.00	31.00	30.00
4	35.00	30.00	34.00	33.00
6	38.00	32.00	37.00	35.00
8	40.00	34.00	41.00	40.00
10	42.00	36.00	43.00	42.00
12	44.00	37.50	46.00	42.50
14	46.00	39.00	48.00	47.00
16	48.00	40.00	50.00	51.00
20	50.00	42.00	53.00	55.00
22	51.00	43.00	56.00	60.00
24	53.00	44.00	57.00	61.00
26	54.00	45.00	59.50	63.00
28	55.00	46.00	60.00	62.50
30	56.00	48.00	59.00	62.00
32	57.00	47.50	58.50	62.00
34	57.50	47.00	58.50	61.00
36	58.00	47.00	58.00	61.00
38	59.00	46.50	58.00	61.00
40	60.00	46.00	57.00	60.50
42	61.00	46.00	57.50	60.00

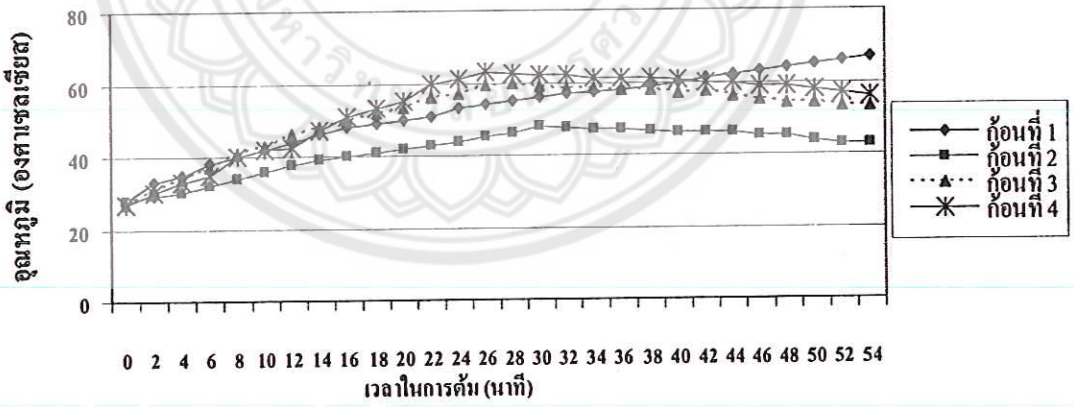
เวลาในการเผา (นาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) (ต่อ)			
	ก้อนที่ 1	ก้อนที่ 2	ก้อนที่ 3	ก้อนที่ 4
44	62.00	46.00	56.00	60.00
46	63.00	45.00	55.00	59.00
48	64.00	45.00	54.00	59.00
50	65.00	44.00	54.00	58.00
52	66.00	43.00	53.00	57.00
54	67.00	43.00	53.00	56.00
กำลัง (kW)	0.030	0.028	0.049	0.058

จากการทดลอง การอัดถ่านเปลือกไม้ยูคาลิปตัสด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก มีค่ากำลังความร้อนเฉลี่ย 0.041 *kW* หาได้จากสมการ

$$Q = \frac{mC_p\Delta T}{t} \text{ เช่น } Q_1 = \frac{0.6 \times 4.186 \times (67-28)}{60 \times 60} = 0.030\,kW$$

ดังนั้นถ่านอัด 1 kg มีค่ากำลังความร้อน = 0.030 x 1,000 / 120 = 0.342 *kW*

ค่าความร้อนโดยการต้มน้ำด้วยถ่านอัดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส



กราฟที่ 4.3.6 แสดงค่ากำลังความร้อนการต้มน้ำ (เครื่องอัดไฮดรอลิก)

จากกราฟ ค่าความร้อนการต้มน้ำด้วยถ่านอัดเปลือกไม้ยูคาลิปตัสจากเครื่องอัดไฮดรอลิก มีค่ากำลังความร้อนเฉลี่ย 0.041 *kW*

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

เนื่องจากไม้ยูคาลิปตัสที่ถูกใช้ในการแปรรูปเป็นกระดาษนั้นจะใช้เฉพาะเนื้อไม้ จึงเหลือเปลือกไม้เป็นจำนวนมากที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นจึงนำมาแปรรูปเป็นถ่านอัดเพื่อใช้ให้เกิดประโยชน์

จากการทดลองพบว่าเปลือกไม้ยูคาลิปตัสมีความหนาแน่นเฉลี่ย 5.09 g/cm^3 มีค่าความชื้นเฉลี่ย 13 % มีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 15.97 MJ/kg เมื่อนำเปลือกไม้ยูคาลิปตัสไปแปรรูปเป็นผงถ่านได้ค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 16.82 MJ/kg นำผงถ่านมาแปรรูปเป็นถ่านอัดแท่ง โดยแบ่งออกเป็นการอัดด้วยเครื่องอัดไอดรอริกมีความหนาแน่นเฉลี่ย 0.47 g/cm^3 และการอัดด้วยเครื่องอัดสกรูเกลียวมีความหนาแน่น 0.74 g/cm^3 มีค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ 16.72 MJ/kg เมื่อนำถ่านอัดที่ได้ไปให้ความร้อนกับน้ำ โดยการอัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอริกและที่แรงอัด 15 kg/cm^2 และเครื่องอัดสกรูเกลียวพบว่ากำลังความร้อนเฉลี่ยต่อ 1 kg เท่ากับ 0.342 kW และ 0.331 kW ตามลำดับซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน

จากการที่นำไปให้ความร้อนกับน้ำสามารถสรุปได้ว่า ถ้าถ่านอัดมีน้ำหนักเท่ากันและทำการอัดด้วยค่าความหนาแน่นที่ต่างกันจะทำให้ระยะเวลาในการเผาไหม้ต่างกัน โดยเมื่ออัดที่ความหนาแน่นมากจะได้ระยะเวลาในการเผาไหม้นาน

ข้อเสนอแนะ

ถ้าค่าความร้อนของถ่านอัดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัสมีค่าน้อย ไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้ใช้ก็สามารถเพิ่มค่าความร้อนของถ่านอัดจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัสได้โดยใช้เศษวัสดุเหลือใช้ที่มีค่าความร้อนสูงกว่ามาผสมกับเปลือกไม้ยูคาลิปตัสก็ได้ เช่น ฟางข้าว กะลามะพร้าว แกลบ ซัง-ข้าวโพด เป็นต้น

บรรณานุกรม

นิธิ สุวรรณเบญจกุล. ถ่าน : การผลิตที่ถูกวิธีและประโยชน์. กรุงเทพฯ : บริษัท อินทิเกรเต็ด โปรโมชั่น เทคโนโลยี จำกัด, 2544

อภิชัย พันธเสน, สมบูรณ์ ศิริประชัย, ชัยยุทธ ปัญญสวัสสิทธิ์.2534.หนังสือวิเคราะห์นโยบาย ยูคาลิปตัส.สถาบันนโยบายศึกษา สามคมสังคมศาสตร์แห่งประเทศไทย.กทม.

http://www.em-group.co.th/index.php?option=com_conten&tak=view&id=25&ltemid=31

ประวัติผู้จัดทำ

ชื่อ นายปรมินทร์ ไชยทองรักษ์
ภูมิลำเนา จังหวัดแพร่
วันเดือนปีเกิด วันที่ 13 มีนาคม พ.ศ. 2530
ระดับประถมศึกษา โรงเรียนอนุบาลลำปาง จังหวัดลำปาง
ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนพิริยาลัยจังหวัดแพร่ จังหวัดแพร่
ที่อยู่ บ้านเลขที่ 84 หมู่ 4 ซอย 3 ตำบลร่องกาศ
อำเภอสูงเม่น จังหวัดแพร่ 54130
ปัจจุบันศึกษาอยู่ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยานเรศวร

ชื่อ นายนฤพนธ์ คำศรี
ภูมิลำเนา จังหวัดนครสวรรค์
วันเดือนปีเกิด วันที่ 5 ธันวาคม พ.ศ. 2529
ระดับประถมศึกษา โรงเรียนลาซาลโชติรวีนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์
ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนสตรีนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์
ที่อยู่ บ้านเลขที่ 60/128 หมู่ 6 ตำบลนครสวรรค์ออก
อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ 60000
ปัจจุบันศึกษาอยู่ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยานเรศวร

ชื่อ นางสาวจุฑาภรณ์ เสมวิลัย
ภูมิลำเนา จังหวัดเพชรบูรณ์
วันเดือนปีเกิด วันที่ 14 ตุลาคม พ.ศ. 2530
ระดับประถมศึกษา โรงเรียนบ้านปากตก จังหวัดเพชรบูรณ์
ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์
ที่อยู่ บ้านเลขที่ 97 หมู่ 8 ถนนวังโป่ง – ชนแดน ตำบลยางงาม
อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ 67220
ปัจจุบันศึกษาอยู่ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยานเรศวร