สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าฉาดกระบัง

รายงานวิจัย

เรื่อง

การวิจัยและพัฒนาการผลิตถ่านกะลามะพร้าวในระดับเกษตรกร

The Development of Coconut Shell Charcoal Process for Framers

ผู้วิจัย

ลือพงษ์ ลือนาม

สมศักดิ์ คูหาสวรรค์เวช

สังกัด

ภาควิชาเทคนิคเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RCH
TP
841
ล527ก

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....80729
วัน,เดือน,ปี.....21 พ.ค. 2551

9 เมษายน 2551

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินงบประมาณ ปี 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b.11891817
i.....

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ประสบความสำเร็จได้ โดยการได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2550 ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะนักวิจัยใคร่ขอขอบคุณคณาจารย์ ข้าราชการ นักศึกษา เจ้าหน้าที่ ภาควิชาเทคนิคเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และอาจารย์พัฒนา พึ่งพันธุ์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตกาฬสินธุ์ ที่ให้คำปรึกษา อนุเคราะห์ข้อมูล ความรู้ และเสนอแนะการดำเนินการศึกษาวิจัย

นอกจากนี้คณะผู้ดำเนินการวิจัยใคร่ขอขอบคุณ บุคคล องค์กร หน่วยราชการ สถานประกอบการและที่ไม่ได้กล่าวนาม ซึ่งให้ความร่วมมือหรือมีส่วนช่วยให้มีการศึกษาครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี คณะผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

คณะผู้ดำเนินการวิจัย

เมษายน 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ การวิจัยพัฒนาเตาเผาถ่านและการผลิตถ่านกะลามะพร้าวในระดับเกษตรกร

ชื่อผู้วิจัย นาย ลือพงษ์ ลือนาม อาจารย์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.

นาย สมศักดิ์ คูหาสวรรค์เวช ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.

ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยประเภท การวิจัยและพัฒนา ประจำปี 2550 จำนวนเงิน 150,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ พฤศจิกายน 2549 ถึง ตุลาคม 2550

การศึกษาวิจัยนี้ เพื่อพัฒนาเตาเผาถ่านกะลามะพร้าว ให้สามารถเผากะลามะพร้าวได้อย่างต่อเนื่องหรือกึ่งต่อเนื่อง และทดสอบต้นแบบเตาเผาถ่านกะลามะพร้าวเบื้องต้น สรุปได้ดังนี้

1.กระบวนการและวิธีการผลิตถ่านกะลามะพร้าวที่เกษตรกรปฏิบัติด้วยเตาถังน้ำมัน 200 ลิตร พบว่า ระยะเวลาในการจุดเตาเฉลี่ย 2.7 นาที/ถัง การเติมกะลามะพร้าว เฉลี่ย 11.83 กิโลกรัม/ครั้ง/ถัง ซึ่งจะใช้เวลาเผาเฉลี่ย 35.62 นาที/ถัง โดยมีระยะเวลาในการเผาให้ได้ถ่านเต็มถังเฉลี่ย 6.72 ชั่วโมง/ถัง สำหรับการลดอุณหภูมิถ่านใช้เวลาเฉลี่ย 5.3 นาที/ถัง หลังจากนั้นพักถ่านไว้ในถังเฉลี่ย 15.95 ชั่วโมง ซึ่งกะลามะพร้าวที่ใช้ในการเผาเฉลี่ย 134.0 กิโลกรัม/ถัง จะได้ผลผลิตถ่านกะลามะพร้าวเฉลี่ย 37.7 กิโลกรัม/ถัง คิดเป็นปริมาณผลผลิตถ่านเฉลี่ย 28.2 % ของกะลาที่ใช้เผาต่อถัง โดยความสามารถในการเผาถ่านจริงเฉลี่ย 1.66 กิโลกรัม/ชั่วโมง ความสามารถของเตาในการเผาถ่านทางทฤษฎีเฉลี่ย 5.61 กิโลกรัม/ชั่วโมง และประสิทธิภาพเชิงเวลาในการเผาถ่านกะลามะพร้าวเฉลี่ย เท่ากับ 29.65 %

2.เตาเผาถ่านกะลามะพร้าวต้นแบบ ได้ออกแบบสร้างเป็นการป้อนและเผาอย่างต่อเนื่อง ประกอบด้วย 5 ส่วน คือ ช่องใส่วัสดุ รางป้อนวัสดุ ห้องเผาไหม้ ช่องถ่านออก และถังเก็บถ่าน ดำเนินการทดสอบเผาถ่านที่อัตราการป้อน 0.52 กิโลกรัม/นาที โดยการเผาถ่านตั้งแต่จุดเตาจนกระทั่งถ่านร้อน รวมระยะเวลาการเผาเฉลี่ย 30.6 นาที ใช้เวลาในการนำถ่านร้อนลงถังเก็บถ่าน 1.25 นาที/ครั้ง โดยการเผากะลามะพร้าว 120 กิโลกรัม ให้ได้ถ่านเต็มถังเก็บจะใช้เวลาเฉลี่ย 215.3 นาที และให้ผลผลิตถ่านเฉลี่ย 29.5 กิโลกรัม คิดเป็นปริมาณผลผลิตถ่าน 24.61% ทั้งนี้ความสามารถในการเผาถ่านจริงเฉลี่ย 8.19 กิโลกรัม/ชั่วโมง และความสามารถของเตาในการเผาถ่านทางทฤษฎีเฉลี่ย 8.23 กิโลกรัม/ชั่วโมง มีผลทำให้ประสิทธิภาพเชิงเวลาในการเผาถ่านกะลามะพร้าวเฉลี่ย เท่ากับ 99.54 %

การเผาถ่านด้วยเตาเผาต้นแบบ เป็นลักษณะการเผาแบบต่อเนื่อง ซึ่งสามารถลดขั้นตอนและระยะเวลาในการพักถ่านได้ถึง 16 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเผาถ่านของเกษตรกรปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

The objective of this study aimed to develop the process of a coconut shell charcoal production which using a semi-continuous combustion type kiln and preliminary testing the prototype kiln. The obtained results are summarized as follows:

1. The process and method of coconut shell charcoal production for villagers was apply by using a 200 liters tank. The production time of villagers process steps were detailed as follow: starting time for burning of coconut shell became to charcoal about 2.7 min/tank, shell was added 11.83 kg/batch/tank that burning time was 35.62 min/tank, finish of burning process about 6.72 hr/tank. The production time of decreasing of charcoal temperature process was 5.3 min/tank, after that, charcoal tempering process about 15.95 hr. The coconut shell 134.0 kg/tank were used in process, could be produced charcoal about 37.7 kg that production charcoal was 28.2 %. The kiln has an effective capacity was 1.66 kg/hr, theoretical capacity was 5.61 kg/hr and the kiln has time efficiency about 29.65 %.

2. The prototype kiln was designed and constructed for produce coconut charcoal which using a semi-continuous process. It was consisted of five sections such as hopper, feeding chute, burning chamber, charcoal outlet and charcoal bucket respectively. The preliminary testing had feed rate about 0.52 kg/min. The production time of prototype process steps were detailed as follow: after start burning of coconut shell became to charcoal about 30.6 min, the charcoal taken out during burning about 1.25 min/batch. The coconut shell about 120 kg was tested; production time was 215.3 min and could be produced charcoal about 29.5 kg that production charcoal was 24.61%. The kiln effective capacity was 8.19 kg/hr, theoretical capacity was 8.23 kg/hr and time efficiency about 99.54 %.

The prototype kiln was design as continuously process that could be reduced process step and saved production time about 16 hrs compared with the villagers method.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตการศึกษา	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 การผลิตมะพร้าวในประเทศไทย	5
2.2 วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร	6
2.3 วิวัฒนาการและการผลิตถ่าน	8
2.4 การใช้ประโยชน์จากถ่านไม้	9
2.5 การผลิตถ่านกะลามะพร้าวในประเทศไทย	11
2.6 ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว	12
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย	14
3.1 การศึกษาวิธีการผลิตถ่านกะลามะพร้าวที่เกษตรกรปฏิบัติ	14
3.2 การศึกษาพัฒนาต้นแบบเตาเผาผลิตถ่านกะลามะพร้าว	14
บทที่ 4 ผลการศึกษาและอภิปรายผล	17
4.1 ผลการศึกษาวิธีการผลิตถ่านกะลามะพร้าวที่เกษตรกรปฏิบัติ	17
4.2 ผลการศึกษาพัฒนาเตาเผาผลิตถ่านกะลามะพร้าว	21
4.3 อภิปรายผล	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 27

5.1 สรุปผลการศึกษาวิธีการผลิตถ่านกะลามะพร้าวที่เกษตรกรปฏิบัติ 27

5.2 สรุปผลการศึกษาพัฒนาเตาเผาผลิตถ่านกะลามะพร้าว 27

5.3 ข้อเสนอแนะในการศึกษาต่อไป 28

บรรณานุกรม 29

ภาคผนวก 31

ภาคผนวก ก. สภาพโดยทั่วไปของการผลิตถ่านกะลามะพร้าวที่เกษตรกรปฏิบัติ 32

ภาพผนวก ข. ข้อมูลทดสอบต้นแบบเตาเผาถ่านกะลามะพร้าว 33

ภาพผนวก ค. แบบภาพประกอบต้นแบบเตาเผาถ่านกะลามะพร้าว 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1.การประเมินศักยภาพพลังงานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร	7
ตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวด้วยเตาถังน้ำมัน 200 ลิตร	19
ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบเผาถ่านกะลามะพร้าวด้วยต้นแบบเตาเผาถ่าน	29
ตารางที่ ก.1 ผลการศึกษาการเผาถ่านด้วยเตาถังน้ำมัน 200 ลิตร	34
ตารางที่ ก.2 ข้อมูลความชื้นถ่านก่อนปิดปากถังที่เผาด้วยเตาถังน้ำมัน 200 ลิตร	35
ตารางที่ ข.1 การเปลี่ยนแปลงขณะเผากะลามะพร้าวด้วยต้นแบบเตาเผาถ่าน การทดลองครั้งที่ 1	37
ตารางที่ ข.2 การเปลี่ยนแปลงขณะเผากะลามะพร้าวด้วยต้นแบบเตาเผาถ่าน การทดลองครั้งที่ 2	41
ตารางที่ ข.3 การเปลี่ยนแปลงขณะเผากะลามะพร้าวด้วยต้นแบบเตาเผาถ่าน การทดลองครั้งที่ 3	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบของมะพร้าวปริมาณ 100 กิโลกรัม	6
ภาพที่ 2.2 เตาเผาถ่านแบบอิฐก่อ	8
ภาพที่ 3.1 กะลามะพร้าวที่ใช้ในการทดลองเผาถ่าน ด้วยต้นแบบเตาเผาถ่าน	15
ภาพที่ 4.1 สภาพโดยทั่วไปของกะลามะพร้าวที่เกษตรกรนำมาเผาการเผาถ่าน	17
ภาพที่ 4.2 กระบวนการเผาถ่านกะลามะพร้าวที่เกษตรกรปฏิบัติ ด้วยเตาถังน้ำมัน 200 ลิตร	18
ภาพที่ 4.3 แผนภูมิกรรมวิธี การผลิตถ่านกะลามะพร้าว ด้วยเตาถังนั้นมัน 200 ลิตร	20
ภาพที่ 4.4 ส่วนประกอบของต้นแบบเตาเผาถ่านกะลามะพร้าว	21
ภาพที่ 4.5 กระบวนการเผาถ่านกะลามะพร้าว ด้วยเตาต้นแบบเผาถ่าน	23
ภาพที่ 4.6 แผนภูมิกรรมวิธี การผลิตถ่านกะลามะพร้าว ด้วยต้นแบบเตาเผาถ่าน	25
ภาพที่ ก.1 สภาพโดยทั่วไปของการผลิตถ่านกะลามะพร้าวที่เกษตรกรปฏิบัติ	33
ภาพที่ ค.1 แบบภาพประกอบต้นแบบเตาเผาถ่านกะลามะพร้าว	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พลังงานเป็นปัจจัยที่สำคัญในการตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐาน ของประชากรและเกษตรกรในชุมชนต่างๆ ทั่วประเทศ ทั้งใช้ในการดำรงชีวิตและสนับสนุนกระบวนการผลิตทางการเกษตร โดยรัฐบาลมีแนวทางการพัฒนาสนับสนุนการใช้พลังงานภายในประเทศ ซึ่งต้องมีปริมาณที่เพียงพอ ในราคาที่เหมาะสม มีคุณภาพดี สอดคล้องกับสภาวะความต้องการของผู้ใช้ และมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยตระหนักถึงการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ซึ่งแนวทางของรัฐที่กำหนดให้จะต้องเลือกใช้เชื้อเพลิง ที่มีราคาถูก มีปริมาณแน่นอนเพียงพอ มีการกระจายแหล่งเชื้อเพลิงหลายชนิด และมีผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมน้อย ตลอดจนเป็นพลังงานที่ใช้ไม่หมด ที่สำคัญต้องมีแหล่งพลังงานอยู่ในประเทศ (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน: 2547)

ในอนาคตความต้องการด้านพลังงานมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ขณะที่พลังงานมีอยู่อย่างจำกัด พลังงานจากชีวมวลหรือวัสดุทางการเกษตร จึงเป็นแนวทางเลือกหนึ่งในการนำมาเป็นวัตถุดิบผลิตพลังงาน ด้วยเหตุผลที่มีอยู่เป็นจำนวนมากในประเทศ มีการผลิตอย่างต่อเนื่องไม่มีหมด มีราคาถูก และเป็นการช่วยลดปัญหาในการจัดเก็บหรือกำจัดทิ้ง รวมถึงนำมาใช้ให้ประโยชน์มากยิ่งขึ้น ตลอดจนลดการนำเข้าเชื้อเพลิงหรือพลังงานจากต่างประเทศอีกในทางหนึ่ง

กระบวนการผลิตทางการเกษตรของประเทศไทย อันได้มาซึ่งผลผลิตต่างๆ ส่งออกไปต่างประเทศมีมูลค่าปีละหลายพันล้านบาท ทำให้เกิดวัสดุทางการเกษตรจำนวนมาก ที่สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ จากวัสดุทางการเกษตรของพืช 10 ชนิด ได้แก่ อ้อย ข้าว มันสำปะหลัง ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ถั่วลิสง ถั่วเหลือง และฝ้าย ในปี พ.ศ. 2543 พบว่า ปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรประมาณ 63 ล้านตัน ใช้เป็นเชื้อเพลิงและวัตถุประสงค์อื่นประมาณ 16 ล้านตัน ส่วนที่เหลือยังไม่ได้ใช้ให้เกิดประโยชน์ ประมาณ 42 ล้านตัน (พลังชีวมวล : 2547) นอกจากนี้วัสดุที่สามารถนำมาผลิตพลังงานทดแทน ยังได้จากอุตสาหกรรมเกษตร อาทิเช่น แกลบจากโรงสี กากอ้อยจากโรงงานน้ำตาล กากปาล์ม เปลือกปาล์ม และกะลาปาล์มจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม กาบและกะลามะพร้าวจากโรงงานแปรรูปเนื้อมะพร้าว ขี้เลื่อยจากโรงงานแปรรูปไม้ เป็นต้น มีการประเมินว่า ศักยภาพพลังงานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ผลิตเป็นพลังงานทดแทนได้

ในระดับชุมชนเกษตรกร มีการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์ ทั้งทางด้านการบำรุงดินและด้านพลังงานความร้อน วัสดุที่นำมาใช้ประโยชน์ในด้านพลังงานความร้อนส่วนใหญ่ เป็นวัสดุที่ย่อยสลายได้ยาก เช่น กะลาปาล์ม กะลามะพร้าว ซังข้าวโพด เหง้ามันสำปะหลัง เป็นต้น การใช้ประโยชน์มีทั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเผาให้เกิดความร้อนโดยตรงหรือใช้เป็นฟืน และนำมาแปรสภาพเผาเป็นถ่านก่อนนำไปใช้งาน ซึ่งรายงานการใช้เชื้อเพลิงในปี 2542 มีปริมาณการใช้ฟืน 6.7 ล้านตัน ถ่านไม้ 3.3 ล้านต้น โดยใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำ ในอุตสาหกรรมอาหารอบนึ่ง ใช้กับเตาในอุตสาหกรรมเซรามิค การผลิตอิฐ และการผลิตปูนขาว ส่วนใหญ่ใช้หุงต้มประกอบอาหารในครัวเรือนชนบท ส่วนถ่านไม้ใช้ในอุตสาหกรรมครัวเรือน หุงต้มประกอบอาหารทั้งครัวเรือนชนบทและในเมือง ซึ่งรายงานกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานในปี 2539 มีแหล่งผลิตฟืนและถ่านเหลือเพียง 25.6 % โดยปริมาณการใช้ฟืนและถ่านคิดเป็น 16.7 % เทียบกับการใช้พลังงานอื่นๆ (พลังชีวมวล : 2547)

การนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาแปรเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน สำหรับการหุงต้มประกอบอาหารหรือในอุตสาหกรรมครัวเรือน เป็นสิ่งทดแทนแหล่งผลิตฟืนและถ่านที่เหลืออยู่น้อยแล้ว ยังเป็นสิ่งที่หาได้ง่าย มีกระจัดกระจายอยู่ตามท้องถิ่นชุมชนต่างๆ ของเกษตรกร อีกทั้งมีค่าใช้จ่ายไม่สูงมากนัก เมื่อเทียบกับพลังงานไฟฟ้าหรือก๊าซธรรมชาติ และเป็นการนำวัสดุทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่าต่อเกษตรกรและชุมชนเพิ่มมากยิ่งขึ้น ในขณะที่ประเทศไทยมีความต้องการใช้ถ่านในการประกอบอาหารตั้งแต่ระดับครัวเรือนจนกระทั่งภัตตาคารใหญ่ ประกอบกับปัจจุบันมีการเกิดขึ้นของร้านอาหารประเภทย่างและปิ้งในกรุงเทพมหานครและต่างจังหวัดมากมาย กรปอการเล็งเห็นถึงอันตรายจากการใช้แก๊สในการย่างหรือปิ้งอาหาร ดังนั้นจึงมีการใช้ถ่านในการประกอบอาหารเพิ่มมากขึ้น (พลังชีวมวล : 2547) ถ่านจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร จึงมีบทบาทเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากวัตถุดิบหาได้ง่าย มีราคาถูก และมีทุกภาคของประเทศไทย ซึ่งวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่นำมาแปรเปลี่ยนเป็นพลังงานใช้ในระดับเกษตรกรส่วนเป็นวัสดุที่ย่อยสลายได้ยาก เช่น กะลาปาล์ม กะลามะพร้าว ซังข้าวโพด เหง้ามันสำปะหลัง เป็นต้น แต่วัสดุดังกล่าวมีรูปทรงที่ไม่แน่นอน มีลักษณะเป็นชิ้นเล็ก เมื่อนำมาผลิตเป็นถ่านหุงต้ม จึงต้องใช้เต่าเผ่าถ่านที่แตกต่างจากเต่าเผ่าถ่านจากไม้ฟืนทั่วไป ซึ่งปัจจุบันได้มีการเผ่าในถังน้ำมัน 200 ลิตร ซึ่งมักประสบปัญหาอุปสรรคในปฏิบัติงาน โดยเฉพาะขั้นตอนการจุดและการเติมวัสดุลงถัง ที่ผู้ปฏิบัติงานต้องอยู่ในสภาพที่ร้อนและควันมาก อีกยังประสิทธิภาพในการเผาของเตาค่อนข้างต่ำ ผลผลิตถ่านที่ได้ยังมีบางส่วนที่ไม่กลายเป็นถ่านหรือไม่ถูกเผาไหม้

สำหรับกะลามะพร้าวเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ที่นิยมนำมาผลิตถ่านกะลามะพร้าวอย่างมาก เนื่องจากเมื่อนำไปใช้หรืออัดแท่งแล้ว จะมีคุณสมบัติเป็นเชื้อเพลิงได้เป็นอย่างดี เกิดการลุกไหม้อย่างรวดเร็ว และให้ความร้อนสูง เนื่องจากมีความพรุนสูงกว่าถ่านประเภทอื่นๆ และยังมีคุณสมบัติ ดูดซับกลิ่นต่างๆ ได้เป็นอย่างดี สามารถนำมาทำหน้ากากป้องกันก๊าซพิษ เครื่องดูดความชื้น กลิ่นอับต่างๆ รวมถึงลักษณะที่แกร่งเป็นมัน เมื่อนำมากระตุ้นจะได้ถ่านกัมมันต์ ที่มีความแกร่งสูงกว่าถ่านกัมมันต์ที่ทำจากวัสดุอื่นๆ (สุชัย ศศิวิมลพันธุ์ และสมชาย วงศ์วิเศษ, 2533) โดยความต้องการถ่านกัมมันต์ภายในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี เพื่อใช้เป็นวัสดุดิบในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้แก่ อุตสาหกรรมยาง อุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหาร อุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมฟอกสี อุตสาหกรรมบุหรี่ อุตสาหกรรมการพิมพ์ อุตสาหกรรมน้ำมันพืช อุตสาหกรรมน้ำตาล อุตสาหกรรมน้ำอัดลม อุตสาหกรรมบำบัดน้ำเสียหรือป้องกันก๊าซพิษ เป็นต้น

ปัจจุบันการผลิตถ่านกะลามะพร้าวของเกษตรกร เพื่อส่งโรงงานผลิตถ่านกัมมันต์นิยมเผาในถังน้ำมัน 200 ลิตร ซึ่งต้องใช้เวลาในการปฏิบัติงานเป็นเวลานาน โดยจะเติมกะลาเรื่อย ๆ จนได้ถ่านเต็มเตา ซึ่งจะใช้เวลาเผาจนถ่านกะลาเต็มถังประมาณ 8 ชั่วโมง จากนั้นใช้น้ำรดและปิดฝาเตา โดยนำทรายหรือเศษถ่านที่ลดน้ำจนชุ่มมาปิดปากเตา แล้วทิ้งไว้นานประมาณ 12 ชั่วโมง หรือ 1 คืน จึงจะนำถ่านกะลาออกจากเตาได้ (พเยาว์ รอดโพธิ์ทอง, 2539) ซึ่งระหว่างเผาถ่านผู้ปฏิบัติงานจะพบกับอุปสรรคจากควันและความร้อนและเขม่าควัน ส่งผลให้ผู้ปฏิบัติงานได้รับอันตราย (วิฑูรย์ สิมะโชคดี และวีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์, 2546) จึงทำให้มีความยุ่งยากในการปฏิบัติงาน การผลิตถ่านกะลามะพร้าว วิธีที่นิยมมากคือเผาในถังน้ำมัน 200 ลิตร ซึ่งมักประสบปัญหาดังที่กล่าวมา ทำให้ผลผลิตถ่านกะลามะพร้าวค่อนข้างต่ำ เป็นผลให้เสียเวลาคัดแยกกะลาที่ไม่เป็นถ่านออก ก่อนนำไปแปรสภาพเป็นผลิตภัณฑ์อื่นต่อไป ดังนั้น การศึกษาปรับปรุงวิธีการผลิตถ่านกะลามะพร้าว เพื่อให้สอดคล้องเหมาะสมในระดับเกษตรกร และให้สามารถปฏิบัติงานได้สะดวกยิ่งขึ้น แนวทางหนึ่งที่จะช่วยบรรเทาปัญหา และเพิ่มประสิทธิภาพในการเผาถ่านกะลามะพร้าวได้ ควรศึกษาวิจัยปรับปรุงเตาเผาถ่านกะลามะพร้าว ให้สามารถเผากะลามะพร้าวได้อย่างต่อเนื่องหรือกึ่งต่อเนื่อง และช่องปรับควบคุมการไหลของอากาศเพื่อเร่งการเผาไหม้ให้เร็วขึ้น ซึ่งจะช่วยลดระยะการเผาถ่านกะลามะพร้าวให้สั้นลง โดยยังคงรูปแบบการเผาในถังน้ำมัน 200 ลิตรตามเดิม เพื่อให้ง่ายต่อการปฏิบัติ เป็นวิธีที่สามารถแทรกเสริม เข้ากับกระบวนการผลิตถ่านกะลามะพร้าวของเกษตรกรที่ทำอยู่ในปัจจุบันได้อย่างลงตัว อีกทั้งยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตถ่านกะลามะพร้าว อันเป็นการสนับสนุนส่งเสริมการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาแปรสภาพเป็นพลังงานเพิ่มมากขึ้น และเป็นการสร้างรายได้ให้กับชุมชนอีกทางหนึ่ง นอกจากนี้ยังสามารถทำเทคโนโลยีที่ได้ไปปรับใช้กับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรชนิดอื่นๆ ในลำดับต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

โครงการนี้มีจุดประสงค์เพื่อปรับปรุงและพัฒนาการผลิตถ่านจากกะลามะพร้าวในระดับเกษตรกร โดยมีวัตถุประสงค์เฉพาะดังนี้

1. เพื่อปรับปรุงกรรมวิธีและลดขั้นตอนการผลิตถ่านกะลามะพร้าว
2. เพื่อออกแบบ สร้าง ปรับปรุง และพัฒนาเตาเผาผลิตถ่านกะลามะพร้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ศึกษากระบวนการและวิธีการผลิตถ่านกะลามะพร้าวของเกษตร โดยการศึกษาเอกสาร รายงานวิจัย ข้อมูลการผลิตถ่าน ขั้นตอนวิธีการผลิต ทดสอบเก็บข้อมูลเตาเผาถ่านของเกษตร เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบกับผลการทดสอบเตาเผาถ่านที่สร้างและปรับปรุงขึ้นใหม่ โดยมีค่าชี้ผลในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ ความสามารถในการผลิตถ่าน จากการเผากะลามะพร้าวทดสอบ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตถ่านกะลามะพร้าวของเกษตรกร
2. ลดปัญหาและอุปสรรคในการผลิตถ่านกะลามะพร้าวของเกษตรกร
3. สร้างงาน สร้างรายได้ สร้างความเข้มแข็งให้กับชุมชนของเกษตรกร
4. เป็นการสนับสนุนส่งเสริมการผลิตพลังงานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร
5. นำวิธีการที่ได้ศึกษาไปประยุกต์ใช้กับการเผาถ่านจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรชนิดอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

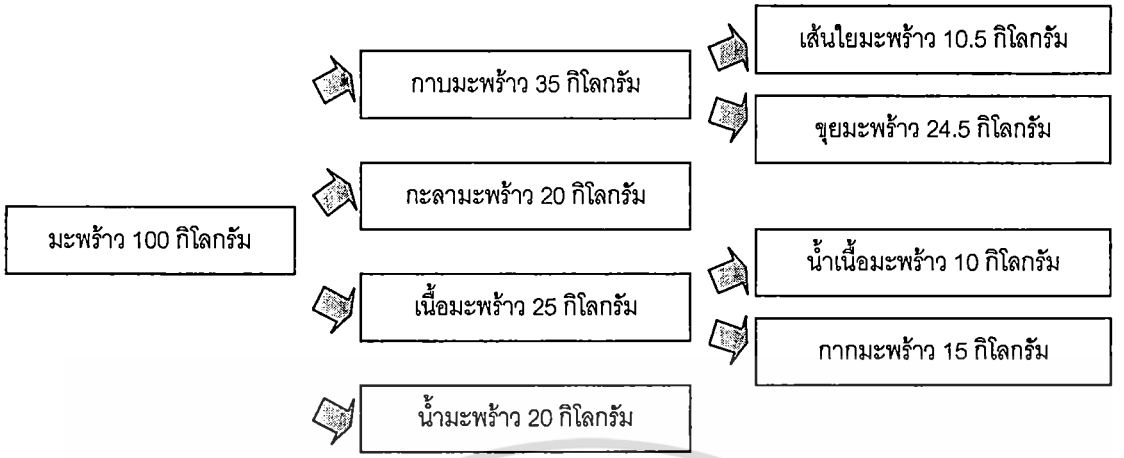
มะพร้าว (Coconut) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cocos nucifera Linn.* วงศ์ PALMAE เป็นพืชตระกูลปาล์ม มีความสำคัญทางเศรษฐกิจพืชหนึ่งของประเทศไทย ใช้บริโภคเป็นอาหารทั้งคาวและหวาน ในชีวิตประจำวัน ซึ่งประชากรไทย 1 คน จะบริโภคมะพร้าวประมาณปีละ 18 ผล/คน/ปี หรือใช้บริโภคทั้งประเทศประมาณ 990 ล้านผล/ปี ปัจจุบันผลผลิตจากมะพร้าวประมาณ 65% ใช้ในประเทศ และที่เหลือ 35% แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ เพื่อใช้บริโภค อุปโภค และในอุตสาหกรรม มีมูลค่าแต่ละปีไม่ต่ำกว่าปีละ 2,700 ล้านบาท (การปลูกมะพร้าว, 2550)

2.1 การผลิตมะพร้าวในประเทศไทย

ประเทศมีพื้นที่ปลูกมะพร้าวประมาณ 2.43 ล้านไร่ มีผลผลิตประมาณ 1.63 ล้านตัน/ปี พื้นที่ปลูกที่สำคัญแยกตามภาคต่างๆ ได้แก่ ภาคใต้ แถบจังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช กระบี่ ตรัง ส่วนภาคกลาง แถบจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สมุทรสงคราม นครปฐม เพชรบุรี ราชบุรี สำหรับภาคตะวันออกได้แก่ ชลบุรี จันทบุรี ระยอง ตราด ฉะเชิงเทรา นอกจากนี้มะพร้าวยังสามารถปลูกได้ทุกสภาพภูมิประเทศ ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี ปลูกและเก็บเกี่ยวผลิตได้ตลอดทั้งปีทุกฤดูการ ทำให้มีวัสดุเหลือใช้จากมะพร้าว ได้แก่ ทางหรือก้านใบ จั่นหรือก้านทะลาย จะมีเหลือในส่วนมะพร้าว ส่วนเปลือกหรือกาบ และกะลาจะมีเหลือที่พ่อค้าคนกลางหรือเกษตรกรที่ทำการปอกเปลือกก่อนส่งสู่โรงงานอุตสาหกรรม โดยทางหรือก้านใบ มีประมาณ 19.59 ล้านตัน/ปี จั่นหรือก้านทะลาย มีประมาณ 0.40 ล้านตัน/ปี และกะลามะพร้าว มีประมาณ 1.40 ล้านตัน/ปี (การสำรวจวัสดุเหลือใช้ด้านเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม, 2547)

วิไล สันติโสภาศรี และคณะ รายงานการสำรวจอุตสาหกรรมแปรรูปมะพร้าวในจังหวัดชลบุรี มะพร้าวที่เก็บเกี่ยวจะมีน้ำหนักประมาณ 1.25-3.00 กิโลกรัม/ผล เกษตรกรจะขายมะพร้าวทั้งผลเนื่องจากเก็บรักษาไว้ได้นานกว่ามะพร้าวปอกเปลือก ให้กับผู้ประกอบการท้องถิ่นเพื่อนำไปปอกเปลือกมะพร้าว แล้วจำหน่ายต่อให้กับอุตสาหกรรม ภัตตาคาร ร้านอาหาร ครัวเรือนเพื่อบริโภค โดยแยกส่วนประกอบของผลมะพร้าวได้ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบของมะพร้าวปริมาณ 100 กิโลกรัม

2.2 วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

กระบวนการผลิตทางการเกษตรของประเทศไทย อันได้มาซึ่งผลผลิตต่าง ๆ ที่ส่งออกไปยังต่างประเทศมีมูลค่าปีละหลายพันล้านบาท เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร สามารถนำมาผลิตพลังงานทดแทน ยังได้จากอุตสาหกรรมเกษตร อาทิเช่น แกลบจากโรงสี กากอ้อยจากโรงงานน้ำตาล กากปาล์ม เปลือกปาล์ม และกะลาปาล์มจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม กาบและกะลามะพร้าวจากโรงงานแปรรูปเนื้อมะพร้าว ขี้เลื่อยจากโรงงานแปรรูปไม้ เป็นต้น ประเมินว่าศักยภาพในการผลิตพลังงานทดแทนจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้ดังตารางที่ 2.1 จากรายงานการใช้เชื้อเพลิงในปี 2542 มีปริมาณการใช้ฟืน 6.7 ล้านตัน ถ่านไม้ 3.3 ล้านตัน โดยใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำ ในอุตสาหกรรมอาหารอบนึ่ง ใช้กับเตาในอุตสาหกรรมเซรามิค การผลิตอิฐ และการผลิตปูนขาว ส่วนใหญ่ใช้หุงต้มประกอบอาหารในครัวเรือนชนบท ส่วนถ่านไม้ใช้ในอุตสาหกรรมครัวเรือน หุงต้มประกอบอาหารทั้งครัวเรือนชนบทและในเมือง รายงานกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานในปี 2539 มีแหล่งผลิตฟืนและถ่านเหลือเพียง 25.6 % โดยปริมาณการใช้ฟืนและถ่านคิดเป็น 16.7 % เทียบกับการใช้พลังงานอื่น ๆ ดังนั้นการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาแปรเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน สำหรับการหุงต้มประกอบอาหารหรือในอุตสาหกรรมครัวเรือน ซึ่งเป็นสิ่งที่หาได้ง่าย มีค่าใช้จ่ายไม่สูงมากนัก เมื่อเทียบกับพลังงานไฟฟ้า หรือก๊าซธรรมชาติ ยังก่อให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่าต่อชุมชน ช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน การแปรรูปจากซังข้าวโพดเป็นถ่าน จึงเป็นรูปแบบหนึ่งที่เกษตรกรสามารถจะทำได้เอง โดยอาศัยความรู้พื้นฐานทางธรรมชาติของวัสดุเหลือใช้ และกระบวนวิธีการเผาถ่านที่เป็นเทคโนโลยีจากนักวิชาการที่ภาครัฐส่งเสริมเพื่อนำไปสู่ชุมชนที่เข้มแข็งและพึ่งตนเองได้ในที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 การประเมินศักยภาพพลังงานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

ชนิด	ผลผลิต/ ปี (10^6 กก.)	วัสดุเหลือใช้	อัตราส่วนวัสดุเหลือใช้ต่อผลผลิต	วัสดุเหลือใช้ที่เกิดขึ้น (10^6 กก.)	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ใช้เป็นพลังงาน (10^6 กก.)	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการใช้ (10^6 กก.)	ค่าความร้อน (เมกะจูล/กก.)	พลังงาน (เทราจูล)
1. อ้อย	53,494	ชานอ้อย	0.291	15,567	12344	3,222	14.40	46,401
		ส่วนยอดและใบ	0.302	16,155	0	15,929	17.39	277,006
2. ข้าว	24,172	แกลบ	0.230	5,560	2819	2,741	14.27	39,112
		ฟาง(ส่วนบน)	0.447	10,805	0	7,391	10.24	75,679
3. ปาล์มน้ำมัน	3,256	ทะลายปาล์มเปล่า	0.428	1,394	42	814	17.86	14,535
		เส้นใยปาล์ม	0.147	479	411	64	17.62	1,130
		กะลาปาล์ม	0.049	160	94	6	18.46	109
		ก้าน	2.604	8,479	0	8,479	9.83	83,345
		ทะลายตัวผู้	0.233	759	0	759	16.33	12,389
4. มะพร้าว	1,400	เปลือกกะลามะพร้าว	0.362	507	146	302	16.23	4,894
		ทะลายมะพร้าว	0.160	224	93	85	17.93	1,518
		ทางมะพร้าว	0.049	69	10	58	15.40	891
			0.225	315	50	255	16.00	4,077
5. มันสำปะหลัง	19,064	ลำต้น	0.088	1,678	0	683	18.42	12,577
6. ข้าวโพด	4,286	ซังข้าวโพด	0.273	1,170	226	784	18.04	14,142
7. ถั่วลิสง	138	เปลือก	0.323	45	0	45	12.66	564
8. ฝ้าย	36	ลำต้น	3.232	116	0	116	14.49	1,686
9. ถั่วเหลือง	319	ลำต้น,ใบ,เปลือก	2.663	849	6	646	19.44	12,551
10. ข้าวฟ่าง	142	ใบ,ต้น	1.252	178	21	115	19.23	2,215
รวมทั้งหมด								604,822

ที่มา : "พลังงานชีวมวล" 2547.

ในระดับชุมชนเกษตรกร มีการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์ ทั้งด้านการบำรุงดินและด้านพลังงานความร้อน วัสดุที่นำมาใช้ประโยชน์ในด้านพลังงานความร้อนส่วนใหญ่ เป็นวัสดุที่ย่อยสลายได้ยาก เช่น กะลาปาล์ม กะลามะพร้าว ซังข้าวโพด เหง้ามันสำปะหลัง เป็นต้น การใช้ประโยชน์มีทั้งการเผาให้เกิดความร้อนโดยตรงหรือใช้เป็นฟืน และนำมาแปรสภาพเผาเป็นถ่านก่อนนำไปใช้ ซึ่งกระบวนการเผาถ่านของเกษตรกร มีการนำวัตถุดิบมาเผาถ่านที่แตกต่างกันออกไป ตามสภาพพื้นที่การเกษตรที่สามารถมีวัตถุดิบนั้น ๆ ในขณะที่ประเทศไทยมีความต้องการใช้ถ่านในการประกอบอาหารตั้งแต่ระดับครัวเรือนจนกระทั่งภัตตาคารใหญ่ ประกอบกับปัจจุบันมีการเกิดขึ้นของร้านอาหารประเภทย่างและปิ้งในกรุงเทพมหานครและต่างจังหวัดมากมาย และมีการเล็งเห็นถึงอันตรายจากการใช้แก๊สในการย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือปิ้งอาหาร ดังนั้นจึงมีการใช้ถ่านในการประกอบอาหารเพิ่มมากขึ้น (พลังงานชีวมวล, 2547) ถ่านจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร จึงมีบทบาทเพิ่มมากขึ้น

2.3 วิวัฒนาการและการผลิตถ่าน

วิวัฒนาการของวิธีการเผาถ่านนั้นจะเกิดขึ้นตามยุคต่างๆ ของความเจริญที่เกิดขึ้น อารยธรรมโบราณในอดีตสามารถแบ่งเขตได้จากมรดกที่สืบทอดกันมาออกเป็น 3 ส่วน คือ ตะวันออกกลาง จีนและอินคา ในปัจจุบันพบเห็นเพียงในส่วนของตะวันออกกลางและจีนเท่านั้น และจากยุคตะวันออกกลางมาถึงความเจริญในยุคของยุโรป ดั้งนั้นวิวัฒนาการ การเผาถ่านในโลกที่เกิดขึ้นเราอาจจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ยุค ดังนี้ 1.ยุคของตะวันออกกลาง ได้แก่ อิหร่าน อัฟกานิสถาน ปากีสถาน 2.ยุคของจีน ได้แก่ เกาหลี ญี่ปุ่น และ 3.ยุคของยุโรป ได้แก่ ยุโรปและประเทศอาณานิคม สามารถแยกประเภทการผลิตถ่านได้เป็น 2 ลักษณะ คือ (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2544)

2.3.1 การผลิตแบบพื้นเมือง มีการพัฒนาที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ มาก เช่น สภาพของป่า ธรณีวิทยา ภูมิประเทศ สภาวะอากาศ และวิธีการนำถ่านไปใช้ประโยชน์ และสามารถแบ่งวิธีการผลิตได้เป็น 2 วิธี ได้แก่ การเผาแบบถมแกลบ และการเผาในเตาเผา (ภาพที่ 2.2)

ภาพที่ 2.2 เตาเผาถ่านแบบอิฐก่อ

(Sailomloy, 2550)

2.3.2 การผลิตถ่านแบบอุตสาหกรรม สามารถแบ่งเป็น 3 วิธี ได้แก่

1) วิธีการกลั่นแยกไม้แบบแห้ง เป็นกระบวนการผลิตที่ได้ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการแยกองค์ประกอบของไม้ในโรงงาน โดยวัตถุประสงค์หลักเพื่อ การผลิตกรดอะซิติก เมธานอล อะซิโตน และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันดินจากไม้ ส่วนผลพลอยได้คือ ถ่าน และก๊าซจากไม้ ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นในทศวรรษที่ 19 ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการกลั่นแยกไม้แบบแห้งเกือบหมดไปแล้ว

2) วิธีการกลั่นแยกแบบแห้งสำหรับการผลิตน้ำมันสน นิยมใช้กันทั่วไปเพื่อผลิตถ่านใช้เองในครัวเรือน โดยการใช้ไม้สนหรือตอไม้ในการผลิตน้ำมันสน เพื่อใช้สำหรับเป็นวัตถุดิบในการทำธูปหอมหรือกำยาน พบในประเทศจีนและแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

3) กระบวนการคาร์บอไนเซชั่นสำหรับการผลิตถ่าน คือ กระบวนการที่ทำให้สารอินทรีย์ในเนื้อไม้เปลี่ยนรูปเป็นถ่าน ประกอบด้วย ขั้นตอนที่ 1 การเผาไหม้ เป็นกระบวนการที่ต้องการปริมาณออกซิเจนจำนวนมากระหว่างการเกิดคาร์บอไนเซชั่น โดยให้ความร้อนกับไม้ภายในเตาถ่าน ซึ่งทำให้อุณหภูมิภายในเตาเผาถ่านสูงกว่าอุณหภูมิบรรยากาศมากกว่า 500 องศาเซลเซียส หลังจากการสิ้นสุดการเผาไหม้ปริมาณของออกซิเจนภายในห้องเผาไหม้จะลดลงอย่างรวดเร็ว และอุณหภูมิภายห้องเผาไหม้จะลดต่ำลง จนถึงอุณหภูมิประมาณ 120 องศาเซลเซียส ขั้นตอนที่ 2 การลดความชื้น เป็นให้ความร้อนโดยการเผาไล่ความชื้นภายในเนื้อไม้ ระหว่างนี้อุณหภูมิของเตาเผาจะสูงขึ้นเลื่อยๆ จนกระทั้งอุณหภูมิประมาณ 270 องศาเซลเซียส ความชื้นเนื้อไม้จะเริ่มลดลงหมดไปในที่สุด ซึ่งสังเกตได้จากปริมาณไอน้ำสีขาวที่เกิดขึ้นจนหนาทึบ ขั้นตอนที่ 3 การคายความร้อน หลังจากกระบวนการไล่ความชื้นเสร็จสิ้นอย่างสมบูรณ์ จึงเริ่มทำให้เกิดคายความร้อนของไม้ โดยกำจัดอากาศไม่ให้เข้าไปทำปฏิกิริยาในเตาเผาอีก และภายในเตาถ่านอุณหภูมิจะสูงถึงประมาณ 700 องศาเซลเซียส ซึ่งในระหว่างการคายความร้อนจะมีควันสีเหลืองและการระเหยของไอน้ำพร้อมทั้งเกิดก๊าซต่าง ๆ ขึ้น เช่น กรดอะซิติก เมทิลแอลกอฮอล์ และน้ำมันดิน สำหรับวัสดุแข็งหลังจากการคายความร้อนเรียกว่า "ถ่าน" ขั้นตอนที่ 4 การทำให้เย็นตัว เป็นกระบวนการลดความร้อนของเตา เพื่อนำถ่านที่ได้จากกระบวนการคาร์บอไนเซชั่นออกจากเตา

2.4 การใช้ประโยชน์จากถ่านไม้

ผลผลิตถ่านไม้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากกว่าที่หลายท่านเข้าใจกันเพียงแต่นำไปใช้เพื่อเป็นเชื้อเพลิงหุงต้มในครัวเรือนเท่านั้น ในประเทศจีน เกาหลี และญี่ปุ่น ซึ่งมีเทคโนโลยีการผลิตถ่านไม้อย่างล้ำหน้าจะสามารถผลิตถ่านขาวหรือ White Charcoal เพื่อใช้ถ่านขาวในเชิงเพื่อสุขภาพโดยเฉพาะ เช่น ใช้ถ่านขาวใส่ลงในกาต้มน้ำร้อนเพื่อทำน้ำแร่ เพราะถ่านชนิดนี้จะละลายแร่ธาตุต่าง ๆ ออกมาเพิ่มคุณภาพและรสชาติของน้ำร้อน ใช้ชงกาแฟหรือจะใช้ผสมเหล้าวิสกี้ก็จะได้รสชาติที่นุ่มละมุน นี่เป็นตัวอย่างการใช้ถ่านแบบพิเศษในต่างประเทศ ในบ้านเรา ผลผลิตถ่านส่วนใหญ่จะเป็นถ่านดำที่ผลิตภายใต้อุณหภูมิต่ำซึ่งไม่เหมาะจะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง ปิ้ง – ย่างอาหาร แต่ถ่านดำได้เปรียบกว่าถ่านบริสุทธิ์ตรงที่ผลิตได้จำนวนมากกว่า ซึ่งเหมาะแก่การนำไปใช้ทำเชื้อเพลิงอื่น ๆ ที่ไม่เป็นการประกอบอาหารโดยตรง เช่น ใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนเชื้อเพลิงถ่านหินชนิดต่าง ๆ ซึ่งมักจะมีค่ามลพิษที่สูงมาก แต่อย่างไรก็ดี ถ่านดำที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตด้วยอุณหภูมิสูงที่เราเรียกว่าถ่านบริสุทธิ์นั้น หากมีปริมาณผลผลิตที่มากพอและคงที่ ก็สามารถนำไปใช้ประโยชน์หลากหลายทั้งในครัวเรือนและระดับอุตสาหกรรมได้ ตามรายงาน ของชมรมสวนป่าผลิตภัณฑ์และพลังงานจากไม้ ดังนี้ (บริษัท ไทยซูมิจำกัด, 2551)

2.4.1 การใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม

ถ่านบริสุทธิ์เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมผลิตสารเคมีต่าง ๆ เช่น คาร์บอนไดซัลไฟด์ (Carbondisulpide), โซเดียมไซยาไนด์ (Sodium Cyanide) ซิลิคอนคาร์ไบด์ (Silicon Carbide) หรือถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) เป็นต้น

ถ่านกัมมันต์ ที่ได้จากถ่านไม้ที่มีค่าคาร์บอนเสถียรสูง (High Fixed Carbon) ใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอีกหลากหลาย อาทิใช้ในระบบกรองและบำบัดอุตสาหกรรมน้ำดื่ม ระบบผลิตน้ำประปา ระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้ประโยชน์จากคาร์บอนในอุตสาหกรรมโลหะหรือใช้ขี้เถ้าเพื่อเพิ่มคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ ให้แข็งตัวช้า และมีความแข็งแกร่งขึ้น ฯลฯ

2.4.2 การใช้ประโยชน์ในครัวเรือน

คุณสมบัติในการดูดซับกลิ่นและความชื้นของถ่าน เป็นที่รับรู้กันดีแล้วสำหรับผู้อ่าน แต่ในต่างประเทศ อุตสาหกรรมผลิตเครื่องประดับจากถ่านเพื่อใช้ประโยชน์ในบ้านเรือนได้รับความนิยมมาก คนญี่ปุ่น เป็นตัวอย่างของผู้ที่มองเห็นคุณประโยชน์ของถ่านอย่างชัดเจน การใช้ถ่านเพื่อทำหน้าที่ลดกลิ่นในห้องปรับอากาศ มีประสิทธิภาพที่ดีมาก ในห้องแอร์ ที่ทำงานหรือในรถ โดยเฉพาะที่ที่มีผู้สูบบุหรี่ หรืออาจจะมีเชื่อจุลินทรีย์ ควรนำถ่านไม้ไปวางดักไว้ที่ช่องดูดอากาศกลับของเครื่องดูดอากาศ รูพรุนและจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในถ่านไม้จะดูดซับกลิ่นและเชื้อโรคต่าง ๆ เอาไว้ ช่วยลดกลิ่นไม่พึงประสงค์ได้อย่างดี หรือจะใช้ถ่านเพื่อการบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือน ก่อนปล่อยสู่ท่อระบายสาธารณะก็ยังเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

2.4.3 การใช้ประโยชน์ในการเกษตร

ในภาคการผลิตเชิงเกษตร การนำถ่านไม้มาใช้ประโยชน์นับว่ามีคุณค่าที่น่าสนใจไม่น้อย เนื่องว่าถ่านมีคุณสมบัติที่ไม่เป็นพิษภัยต่อพืชและสัตว์จึงสามารถใช้ทดแทนสารเคมรราคาแพงได้อย่างกว้างขวางและมีประสิทธิภาพไม่แพ้กันทีเดียว

1) ใช้เป็นสารปรับปรุงดิน ถ่านไม้จะมีรูพรุนมากมาย เมื่อใส่ถ่านป่นลงในดินจะช่วยปรับสภาพดินให้ร่วนซุย อุ้มน้ำได้ดีขึ้นส่งผลให้รากพืชขยายตัวอย่างรวดเร็วช่วยลดการใช้ปุ๋ยเพราะสมบัติต่าง ๆ ของจุลธาตุที่มีอยู่หลายชนิดในแท่งถ่าน จะเป็นประโยชน์ให้แก่พืชที่ปลูก

2) ถ่านไม้ที่นำมาใช้ปรับปรุงดินควรเป็นเศษถ่าน ขนาดไม่เกิน 5 มม. โดยอาจจะเป็นถ่านแกลบหรือถ่านชานอ้อย แต่ควรระวังขี้เถ้าซึ่งมีฤทธิ์เป็นด่างสูงเพราะพืชก็ไม่ชอบดินที่มีค่าเป็นด่างสูงควรรักษาค่าเป็นกรดด่างของดินไว้ที่ pH 6.0 – 6.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ช่วยรักษาผลผลิตให้สดนานขึ้น ผักและผลไม้จะมีกลไกผลิตก๊าซเอธิลีน (Ethyline) เพื่อทำให้ตัวเองสุก เราสามารถรักษาผลผลิตให้สดนานขึ้นโดยใส่ผงถ่านลงในกล่องบรรจุเพื่อดูดซับก๊าซดังกล่าวไว้ไม่ให้ออกฤทธิ์ผักผลไม้จะยังคงสดอยู่ได้นานถึง 17 วัน โดยไม่เสียหายหรือสุกงอม ปัจจุบันได้มีการนำผงถ่านกัมมันต์ผสมลงในกระดาษที่ใช้ทำกล่องบรรจุผลผลิตเพื่อการนี้แล้ว

4) ถ่านแกลบหรือถ่านชานอ้อย ใช้ทดแทนแกลบรองพื้นคอกสัตว์ซึ่งราคาถูกและหาง่ายพอ ๆ กัน เพื่อหลีกเลี่ยงความร้อนและก๊าซต่าง ๆ อันเป็นสาเหตุหนึ่งของอาการเครียดในสัตว์ส่งผลให้สุขภาพและผลผลิตจากปศุสัตว์มีคุณภาพดีขึ้น

5) ใช้ผสมอาหารสัตว์ นำผงถ่านผสมในอาหารสัตว์ด้วยอัตราส่วนเพียง 1 % ถ่านจะช่วยดูดซับก๊าซในกระเพาะและลำไส้ ช่วยลดอาการท้องอืดเนื่องจากปริมาณน้ำในอาหารสูงเกินได้โดยไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์

6) ปรับปรุงคุณภาพแหล่งน้ำ นำถ่านไม้ใส่กระสอบ (ในปริมาณที่สอดคล้องกับประมาณแหล่งน้ำ) ไว้ที่ก้นบ่อ และจัดให้มีการไหลเวียนน้ำบริเวณกระสอบถ่านนั้น เศษอินทรีย์วัตถุต่าง ๆ ในน้ำจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ที่อยู่ในรูพรุนของถ่าน ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำในบ่อเลี้ยงปลาหรือกุ้งได้เช่นกัน

2.5 การผลิตถ่านกะลามะพร้าวในประเทศไทย

กระบวนการเผาถ่านกะลามะพร้าวของเกษตรกร เริ่มจากตากกะลามะพร้าวให้แห้งประมาณ 1-2 วัน จากนั้นนำไปเผาในถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร ใส่กะลามะพร้าวแห้งลงไปในถังให้ได้ 1/3 ของถัง ราดน้ำมันก๊าดเล็กน้อยเพื่อช่วยให้ไฟติดได้ง่ายขึ้น ปล่อยไฟให้ลุกติดนานประมาณ 5 นาที หรือมีควันสีดำที่ออกมาจากถัง แล้วปิดฝาเพื่อให้ไฟดับ รอจนกระทั่งเห็นควันสีขาวออกมาจากถัง เปิดฝาถังออกเพื่อให้ควันพุ่งออกมา เมื่อสังเกตเห็นว่าควันไฟสีขาวจางลงมาแล้ว แสดงว่าถ่านสุก ซึ่งยุบตัวลงไปอีกประมาณ 10–15 เซนติเมตร จากนั้นเติมกะลามะพร้าวที่จะเผาลงไปอีกประมาณครั้งละ 10 กิโลกรัม จะมีควันสีดำเกิดขึ้นใหม่ แสดงว่ากำลังอยู่ในระหว่างการเผาไหม้ ต่อมาเมื่อถ่านสุกแล้วควันสีดำจะกลายเป็นสีขาว เมื่อควันจางให้เติมกะลามะพร้าวลงไปอีกครั้งละ 10 กิโลกรัม กระทำซ้ำๆ กันเช่นนี้จนได้ถ่านเต็มถัง ซึ่งจะใช้เวลาทั้งหมดประมาณ 8 ชั่วโมง หลังถ่านเต็มถังปิดฝาเตาทิ้งไว้นานประมาณ 12 ชั่วโมง เพื่อไม่ให้อากาศเข้าไปได้ และควันไฟไม่ให้สามารถเล็ดลอดออกมาได้ ถ้าหากปิดฝาไม่สนิทการเผาถ่านจะไม่ประสบผลสำเร็จ เพราะจะกลายเป็นเถ้าหมด เพื่อให้ถ่านคลายความร้อนเร็วขึ้น ใช้กระสอบชุบน้ำคลุม แล้วจึงเปิดฝาออก เทถ่านทั้งหมดลงบนกระสอบป่านหรือผ้าพลาสติกที่เตรียมไว้ เทน้ำใส่บัวรดน้ำ ราดลงไปบนถ่านเพื่อดับไฟที่ยังติดอยู่ นำถ่านกะลามะพร้าวที่ได้ไปวางบนตะแกรง เพื่อแยกขี้เถ้าออก นำถ่านมะพร้าวที่ผึ่งแดดจนแห้งดีแล้วมาเก็บไว้ในที่แห้ง หรือบรรจุถุงหรือกระสอบไว้ใช้งาน หรือจำหน่ายต่อไป (พเยาว์ รอดโพธิ์ทอง, 2539)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ทำให้มีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก ยังไม่มีการนำมาประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้ ดังนั้นหน่วยงานต่างๆ ทั้งภาครัฐและเอกชนจึงพยามคิดค้นและพัฒนาการนำวัสดุเหลือใช้เหล่านี้ มาสร้างมูลค่าเพิ่มและเป็นการใช้ทรัพยากรภายในประเทศให้คุ้มค่ามากที่สุด โดยการนำมาผลิตเป็นสินค้าประเภทต่าง ๆ ดังกรณีถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) ซึ่งใช้กะลามะพร้าว เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต ส่งผลต่อเนื่องให้เกิดการสร้างงานและสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรมากขึ้น ร่วมถึงเมื่อมีการพัฒนาคุณภาพของถ่านกัมมันต์ให้สูงขึ้น จะสามารถผลิตเพื่อการส่งออกและทดแทนการนำเข้าได้อีกด้วย สำหรับถ่านกัมมันต์ ผลิตจากวัตถุดิบหลัก คือ กะลามะพร้าว แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ชนิดผงละเอียด และชนิดเม็ดหรือเกล็ด ซึ่งชนิดผงละเอียดสามารถกระจายในน้ำได้ดีจึงนำไปใช้ในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับสารละลายหรือของเหลว เช่น ใช้ฟอกสีและดูดกลิ่นในอุตสาหกรรมน้ำตาล การผลิตน้ำมันพืช อุตสาหกรรมอาหาร และการทำน้ำให้บริสุทธิ์ ส่วนชนิดเม็ดหรือเกล็ด ใช้ในอุตสาหกรรมการทำก๊าซให้บริสุทธิ์ เช่น เครื่องกรองอากาศ เครื่องกันก๊าซพิษ ก้นกรองบุรี่ เป็นต้น ปัจจุบันวัตถุดิบที่นิยมนำมาผลิตถ่านกัมมันต์ เป็นวัตถุดิบที่มีจำนวนมากและหาได้ง่าย คือ ถ่านกะลามะพร้าว สามารถซื้อจากเกษตรกรที่ทำการเผาถ่าน ที่กระจายตัวอยู่ในพื้นที่จังหวัดต่างๆ ของภาคใต้ โดยมีราคาจำหน่ายประมาณกิโลกรัมละ 4-7 บาท ซึ่งกะลามะพร้าวคุณสมบัติดูดซับก๊าซและสีได้กว่าวัตถุที่มีความหนาแน่นสูง แต่วิธีการเผาถ่านกะลามะพร้าวเพื่อใช้สำหรับผลิตถ่านกัมมันต์ ต้องเผาในที่อับอากาศ อุณหภูมิประมาณ 400-600 องศาเซลเซียส จะทำให้ได้ปริมาณถ่านมากกว่าวิธีการที่เกษตรกรนิยมใช้ เช่น การเผาในถังน้ำมัน 200 ลิตร ซึ่งเป็นวิธีที่เกิดขี่เถ้าในปริมาณมากทำให้ได้ปริมาณถ่านต่ำ (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2547)

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุชัย ศศิวิมลพันธุ์ และสมชาย วงศ์วิเศษ (2533) ศึกษาเตาผลิตถ่านกะลามะพร้าวแบบเผาไหม้กึ่งต่อเนื่อง พบว่า การเผากะลามะพร้าวให้เป็นถ่านต้องเผาในที่อับอากาศ โดยให้อากาศเข้าไปไม่ได้มากนัก ส่วนที่ไม่ใช่คาร์บอน เช่น ไฮโดรเจน ออกซิเจน และมีการสลายแยกตัวออกกลายเป็นก๊าซ บางส่วนของคาร์บอนและสารอื่น ๆ จะกลายเป็นคาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ เมทานอล กรดน้ำส้ม ฯลฯ เหลือแต่ถ่านที่จับตัวอยู่ในโครงสร้างคล้ายกราไฟต์ โดยอุณหภูมิที่ใช้เผาประมาณ 400-600 องศาเซลเซียส สำหรับการผลิตถ่านในชนบทนิยมผลิตด้วยวิธีการง่าย ๆ เช่น เตาดินกลบ แกลบกลบ และเตาขี้เลื่อยกลบ ส่วนถ่านกะลามะพร้าวมักเผาในถังน้ำมัน 200 ลิตร ซึ่งมีประสิทธิภาพต่ำ และให้ผลผลิตถ่านหลังจากการเผาไม่สูงมากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธวัชชัย หล่อวิจิตร และคณะ (2531) ศึกษาเตาเผาถ่านกะลามะพร้าวแบบต่อเนื่องมีอัตราการการผลิตถ่านประมาณ 8.79 ถึง 9.48 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ให้ผลผลิตถ่านประมาณ 22.62 ถึง 23.51 เปอร์เซ็นต์ อัตราการผลิตสูงกว่าเตาชาวบ้านประมาณ 3 เท่า ถ่านที่ได้มีความสมบูรณ์มากกว่า และเปอร์เซ็นต์คาร์บอนสูงกว่า เตาเผาถ่านแบบชาวบ้าน แต่เตาชาวบ้านให้ผลผลิตสูงถึง 30 เปอร์เซ็นต์

ลือพงษ์ ลือนาม และ จรูญพงศ์ เทียมประทีป (2549) ศึกษาต้นแบบเตาเผาถ่านกะลามะพร้าวโดยการเผาแบบกึ่งต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มความสามารถและประสิทธิภาพในการผลิต พบว่าการใช้ปริมาณจุดไฟเตาที่เหมาะสม 2 กิโลกรัม ด้วยการเผาแบบเปิดฝา ซึ่งต้นแบบเตาเผากึ่งต่อเนื่อง สามารถเผาถ่านกะลามะพร้าวได้ถึง 33.44 กิโลกรัม/วัน และมีประสิทธิภาพการเผาสูงถึง 88.70 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีข้อจำกัดของปริมาตรความจุของเตา ดังเช่นวิธีของเกษตรกร และสามารถนำถ่านจากการเผาออกจากเตาได้เป็นระยะ ๆ ซึ่งความสามารถการเผาและประสิทธิภาพการเผาสูงกว่าวิธีของเกษตรกรถึง 6.08 กิโลกรัม/วัน และ 3.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการศึกษา

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้กำหนดแนวทางศึกษาวิจัย เพื่อปรับปรุงวิธีการและเตาเผาถ่านกะลามะพร้าว ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งระเบียบวิธีวิจัยมีดังต่อไปนี้

3.1 การศึกษาวิธีการผลิตถ่านกะลามะพร้าวที่เกษตรกรปฏิบัติ

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อ ศึกษาวิธีการเผาถ่านกะลามะพร้าวที่นิยมในปัจจุบัน หาข้อผิดพลาดหรือข้อแก้ไข และคัดกรองวิธีการเผาถ่านที่เหมาะสมสำหรับการนำมาพัฒนา เพื่อ จัดหา จัดสร้าง หรือปรับปรุง ทดสอบเบื้องต้นวิธีการและเตาเผาถ่านกะลามะพร้าว โดยดำเนินการศึกษาข้อมูลเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเผาถ่านกะลามะพร้าว และสำรวจวิธีการเผาถ่านกะลามะพร้าวที่นิยมปฏิบัติในปัจจุบัน

3.2 การศึกษาพัฒนาต้นแบบเตาเผาผลิตถ่านกะลามะพร้าว

3.2.1 การออกแบบ สร้าง พัฒนาเตาเผาผลิตถ่านกะลามะพร้าว

การศึกษาในขั้นตอนนี้ ได้ดำเนินการออกแบบและสร้างต้นแบบเตาเผาถ่านกะลามะพร้าว โดยมีออกแบบเตาให้มีเงื่อนไขการทำงานได้อย่างต่อเนื่อง และใช้เวลาสั้นในการผลิต สำหรับการออกแบบต้นแบบเตาเผาถ่านกะลามะพร้าว กำหนดให้ส่วนประกอบหลักทั้งหมด 3 ส่วนหลัก ได้แก่ 1) ส่วนของการป้อนกะลาแบบต่อเนื่อง 2) ส่วนของห้องเผาไหม้ และ 3) ส่วนของการเก็บถ่าน โดยผลการออกแบบจะกล่าวต่อไปในเนื้อหาบทที่ 4

3.2.2 การทดสอบต้นแบบเตาเผาถ่านกะลามะพร้าวเบื้องต้น

มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถและประสิทธิภาพ ในการเผาถ่านกะลามะพร้าว ของเตาเผาถ่านกะลามะพร้าวต้นแบบที่ได้ออกแบบและจัดสร้างขึ้น โดยลักษณะกะลามะพร้าวที่เผาทดสอบ (ภาพที่ 3.1) กำหนดจำนวนกะลาเท่ากับ 120 กิโลกรัม อัตราการป้อน 0.52 กิโลกรัมต่อนาที ซึ่งดำเนินการทดลองเผากะลามะพร้าวจำนวน 3 ครั้ง โดยมีอุปกรณ์ในการทดสอบ ได้แก่ ต้นแบบเตาเผาถ่านกะลามะพร้าว เครื่องชั่งน้ำหนัก นาฬิกา ภาชนะใส่วัสดุ เป็นต้น มีวิธีการดังนี้

1) เตรียมอุปกรณ์และตรวจสอบต้นแบบเตาเผาถ่านกะลามะพร้าว

2) ชั่งน้ำหนักเชื้อไฟที่ใช้ก่อนการจุดแล้วบันทึก ทำการจุดเชื้อไฟในห้องเผาไหม้ พร้อมบันทึกเวลาเริ่มจุด

3) เมื่อจุดไฟติดลุกไหม้ดีแล้ว จากนั้นชั่งน้ำหนักกะลามะพร้าวแล้วบันทึก เติมกะลามะพร้าวที่ชั่งน้ำหนักเข้าเตาโดยชุดรางป้อนวัสดุ พร้อมบันทึกเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ในระหว่างการเผาบันทึก เวลา และลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่ขึ้น พร้อมกับเตรียมอุปกรณ์เก็บตัวอย่างถ่านกะลามะพร้าว และเตรียมน้ำสำหรับลดอุณหภูมิถ่านร้อน

5) เมื่อกะลามะพร้าวกลายเป็นถ่านดีแล้ว โดยสังเกตจากควันไฟจากการเผากะลามะพร้าวเปลวไฟมีสีแดงและมีควันไฟบางใส แสดงว่ากระบวนการเผาไหม้เริ่มเสร็จสิ้นและเข้าสู่การคลายความร้อนเพื่อเย็นตัวของถ่าน ให้เปิดสวิทต์ควบคุมช่องถ่านออกทำงาน เพื่อให้ถ่านกะลามะพร้าวถูกลำเลียงไปยังถังเก็บถ่าน

6) เก็บตัวอย่างถ่านกะลามะพร้าวโดยการสุ่มจากถังเก็บถ่านหลังจากที่นำถ่านออกเท ก่อนการดับลดอุณหภูมิถ่านด้วยน้ำ ปิดฝาให้สนิทนำมาชั่งน้ำหนักถ่านกะลามะพร้าว ปล่อยให้เย็นเก็บถ่านใส่ถุงพลาสติกมัดปากถุงให้แน่น

7) บันทึกเวลาและน้ำหนักกะลามะพร้าว ก่อนเติมกะลามะพร้าวของการทดลองซ้ำต่อไป ใส่ในช่องป้อนวัสดุของต้นแบบเตาเผาถ่านกะลามะพร้าว

8) ดำเนินการตามขั้นตอนที่ 2-7 จนครบทุกการทดสอบ

9) นำถ่านที่เผาได้ทั้งหมดใส่กระสอบแยกแต่ละซ้ำ

ภาพที่ 3.1 กะลามะพร้าวที่ใช้ในการทดลองเผาถ่าน ด้วยต้นแบบเตาเผาถ่าน

3.2.3 ค่าชี้ผลการทดสอบต้นแบบเตาเผาถ่านกะลามะพร้าว

สำหรับการทดสอบเบื้องต้นเพื่อศึกษาการทำงานของต้นแบบเตาเผาถ่านกะลามะพร้าว จึงกำหนดค่าชี้ผลในการทดสอบดังนี้

1) ปริมาณผลผลิตถ่านกะลามะพร้าว (%) $= \frac{\text{น้ำหนักถ่านที่เผาได้}}{\text{น้ำหนักวัสดุที่เผา}} \times 100$

2) ความสามารถการผลิตถ่าน (กิโลกรัม/ชั่วโมง) $= \frac{\text{น้ำหนักถ่านที่เผาได้}}{\text{เวลาในการเผา}} \times 100$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ความสามารถในการเผาถ่านจริง (%) $= \frac{\text{น้ำหนักถ่านที่เผาได้ทั้งหมด}}{\text{เวลา(เผา+ลดอุณหภูมิ+พักถ่าน)}} \times 100$

4) ความสามารถในการเผาถ่านทางทฤษฎี (%) $= \frac{\text{น้ำหนักถ่านที่เผาได้ทั้งหมด}}{\text{เวลาเผา}} \times 100$

5) ประสิทธิภาพเชิงเวลาในการเผาถ่าน (%) $= \frac{\text{ความสามารถในการเผาจริง}}{\text{ความสามารถในการเผาทางทฤษฎี}} \times 100$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทที่ 4
ผลการศึกษาและอภิปรายผล

ผลการศึกษาการวิจัยได้ดำเนินการศึกษาแยกออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ การศึกษาวิธีการผลิตถ่านกะลามะพร้าว และการศึกษาพัฒนาต้นแบบเตาเผาถ่านกะลามะพร้าว โดยมีรายละเอียดในการศึกษาดังนี้

4.1 ผลการศึกษาวิธีการผลิตถ่านกะลามะพร้าวที่เกษตรกรปฏิบัติ

การศึกษาวิธีการผลิตถ่านกะลามะพร้าว มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกรรมวิธีและลดขั้นตอนการผลิตถ่านกะลามะพร้าวที่เกษตรกรปฏิบัติ โดยดำเนินการศึกษาวิธีการและขั้นตอนการผลิตถ่านกะลามะพร้าวที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติ ในพื้นที่ 3 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดสิงบุรีย์ และเขตหนองจอก กรุงเทพฯ โดยภาพที่ 4.1 แสดงสภาพทั่วๆ ของสถานที่เผาถ่านของเกษตรกร ซึ่งเกษตรกรจะใช้ถังน้ำมัน 200 ลิตร ดัดแปลงเป็นเตาเผา และรายละเอียดของกระบวนการ มีดังต่อไปนี้

ภาพที่ 4.1 สภาพโดยทั่วไปของกะลามะพร้าวที่เกษตรกรนำมาเผาการเผาถ่าน

ขั้นตอนการเผาถ่านจากกะลามะพร้าว เริ่มจากการจุดเตาโดยใช้กาบมะพร้าวแห้ง กะลามะพร้าว และน้ำมันก๊าด เมื่อเห็นไฟลุกไหม้ดีแล้ว ให้ยกถังตั้งตรงกับพื้น จากนั้นรอจนไฟลุกไหม้ และต้องคอยสังเกตเปลวไฟในถัง หากพบว่าเปลวไฟลดลงให้เติมกะลามะพร้าว ดำเนินการวนซ้ำเช่นนี้จนกว่าจะได้ถ่านเต็มถัง ขั้นตอนต่อมาคือ การปิดถังเพื่อลดอุณหภูมิถ่าน โดยการรดด้วยน้ำ และปิดปากถังชั้นแรกด้วยใบตอง ชั้นที่สองปิดทับด้วยกระสอบชุบน้ำและชั้นสุดท้ายด้วยทรายที่เปียกน้ำจนเต็มถัง เมื่ออุณหภูมิลดลงแล้วทำการเคลื่อนย้ายถ่าน บรรจุและจัดเก็บเพื่อนำไปใช้งาน ภาพที่ 4.2 กระบวนการเผาถ่านกะลามะพร้าวที่เกษตรกรปฏิบัติ โดยดัดแปลงเตาเผาด้วยถังน้ำมัน 200 ลิตร

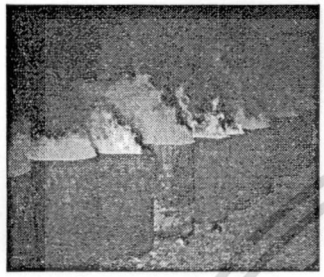
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

80729

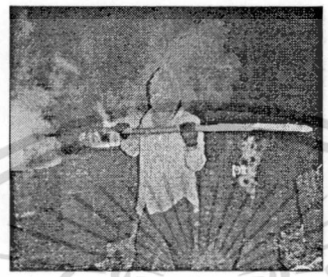
(1) เตรียมจุดเตา

(2) จุดเตา

(3) ยกถังขึ้นตั้ง



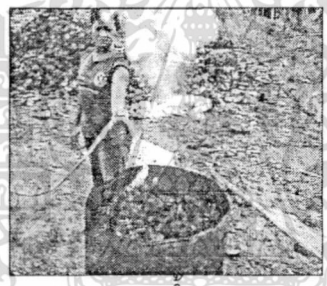
(4) ไฟลุกไหม้



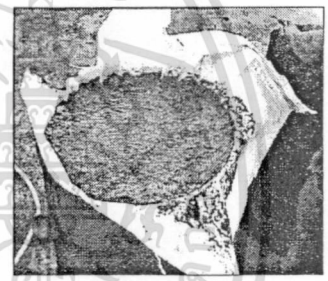
(5) ไฟยุบ

(6) เติมกะลา

(7) ถ่านเติมถัง



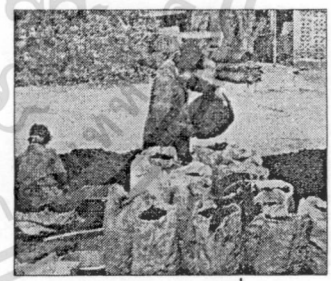
(8) รดน้ำ



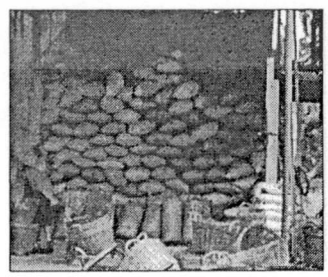
(9) ปิดฝาถัง

(10) พักถ่าน

(11) เคลื่อนย้าย



(12) บรรจุ/ผึ่งลม



(13) จัดเก็บ

ภาพที่ 4.2 กระบวนการเผาถ่านกะลามะพร้าวที่เกษตรกรปฏิบัติ ด้วยเตาถังน้ำมัน 200 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวด้วยเตาถังน้ำมัน 200 ลิตร รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก ซึ่งสามารถวิเคราะห์ผลการศึกษาได้ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.3 พบว่า กะลามะพร้าวที่ใช้ในการเผาเฉลี่ย 134.0 กิโลกรัม/ถัง ใช้ระยะเวลาในการจุดเตาประมาณ 2.7 นาที/ถัง การเติมกะลามะพร้าวประมาณ 11.83 กิโลกรัม/ครั้ง/ถัง เวลาเผาต่อการเติม 1 ครั้ง ประมาณ 35.62 นาที/ถัง หรือเวลาที่ใช้ในการเผาต่อกิโลกรัมเฉลี่ย 3.02 นาที โดยมีระยะเวลาในการเผาให้ได้ถ่านเต็มถังเฉลี่ย 6.72 ชั่วโมง/ถัง สำหรับการลดอุณหภูมิด้วยน้ำแล้วปิดถังด้วยใบตอง กระสอบและทราย ในขั้นตอนนี้ใช้เวลาเฉลี่ย 5.3 นาที/ถัง หลังจากนั้นพักถ่านไว้ในถังเฉลี่ย 15.95 ชั่วโมง และพบว่าผลผลิตกะลามะพร้าวเฉลี่ย 37.7 กิโลกรัม/ถัง คิดเป็นปริมาณผลผลิตถ่าน 28.2 % ของกะลาที่ใช้เผาต่อถัง โดยความชื้นของถ่านในถังก่อนปิดปากถังมีค่า 55.24 % ซึ่งจำเป็นต้องนำถ่านหลังจากผ่านขั้นตอนการพักถ่านมาผึ่งลมเป็นเวลาประมาณ 2 วัน (2880 นาที) ถึงจะทำให้ค่าความชื้นของถ่านก่อนบรรจุกระสอบลดลงเหลือเฉลี่ย 3.46 % เมื่อพิจารณาความสามารถของเตาเผา พบว่า ความสามารถในการเผาถ่านจริงเฉลี่ย 1.66 กิโลกรัม/ชั่วโมง และความสามารถของเตาในการเผาถ่านทางทฤษฎีเฉลี่ย 5.61 กิโลกรัม/ชั่วโมง และประสิทธิภาพเชิงเวลาในการเผาถ่านกะลามะพร้าวเท่ากับ 29.65 %

ตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวด้วยเตาถังน้ำมัน 200 ลิตร

รายการวิเคราะห์	ถังที่ 1	ถังที่ 2	ถังที่ 3	ค่าเฉลี่ย
น้ำหนักกะลาที่เผา (กิโลกรัม)	140	122	140	**134.00**
เวลาในการจุดเตา (นาที)	4	2	2	**2.67**
น้ำหนักกะลาเฉลี่ยในการเติม (กิโลกรัม)	12.73	11.09	11.67	**11.83**
เวลาการเผาเฉลี่ยต่อการเติม 1 ครั้ง (นาที)	37.59	35.18	34.08	**35.62**
เวลาที่ใช้ในการเผาเฉลี่ย (นาที ต่อกิโลกรัม)	2.95	3.17	2.92	**3.02**
เวลาที่ใช้ในการเผาถ่าน (ชั่วโมง)	6.89	6.45	6.82	**6.72**
เวลาที่ใช้ในการลดอุณหภูมิ (นาที)	7	4	5	**5.33**
เวลาที่พักถ่านในถัง (ชั่วโมง)	15.20	16.31	16.35	**15.95**
น้ำหนักถ่านที่เผาได้ (กิโลกรัม)	38.5	37	37.5	**37.67**
ปริมาณผลผลิตถ่านกะลามะพร้าว (%)	27.50	30.33	26.79	**28.20**
ความสามารถในการเผาถ่านจริง (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	1.74	1.63	1.62	**1.66**
ความสามารถในการเผาถ่านทางทฤษฎี (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	5.59	5.74	5.50	**5.61**
ประสิทธิภาพในการเผาถ่านกะลามะพร้าว (%)	31.20	28.34	29.42	**29.65**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภูมิกรรมวิธีการผลิต การผลิตถ่านกะลามะพร้าว ด้วยเตาถังน้ำมัน 200 ลิตร			
เวลา (นาที)	สัญลักษณ์	ขั้นตอนการผลิต	หมายเหตุ
3.0	● ⇨ □ D ▽	เตรียมจุดเตา โดยใส่กะลามะพร้าวลงในถังน้ำมัน 200 ลิตร จำนวน 1/3 ถัง	
2.7	● ⇨ □ D ▽	จุดไฟ โดยราดน้ำมันก๊าดเล็กน้อยเพื่อช่วยให้ไฟติดได้ง่ายขึ้น	
0.1	● ⇨ □ D ▽	ยกถังให้ตั้งขึ้น	
5.2	○ ⇨ □ ◗ ▽	ปล่อยไฟให้ลุกติดกะลามะพร้าว หรือรอจนกระทั่งเห็นควันสีขาวออกมาจากถัง	
28.3	○ ⇨ □ ◗ ▽	สังเกตเปลวไฟในถัง หากพบว่าเปลวไฟลดลงให้เติมกะลามะพร้าว	
369.7	● ⇨ □ D ▽	ดำเนินการวนซ้ำ(สังเกตเปลวไฟ และเติมกะลา)จนกว่าจะได้ถ่านเต็มถัง	เป็นการทำงานแบบเป็นช่วง
2.0	● ⇨ □ D ▽	รดน้ำเพื่อลดอุณหภูมิถ่าน	ลดอุณหภูมิถ่าน
3 .3	● ⇨ □ D ▽	ปิดปากถังชั้นแรกด้วยใบตอง ชั้นที่สองปิดทับด้วยกระสอบชุบน้ำและชั้นสุดท้ายด้วยทรายที่เปียกน้ำจนเต็มถัง	ปิดถัง ป้องไม่ให้อากาศไหลเข้าถัง
957	○ ⇨ □ ◗ ▽	พักถ่าน	
2	○ ➡ □ D ▽	เคลื่อนย้ายถ่าน	
2880	● ⇨ □ D ▽	ผึ่งลมเพื่อลดความชื้น	
10	● ⇨ □ D ▽	บรรจุ	(30 กก./กส.)
1	○ ⇨ □ ◗ ▽	จัดเก็บ	
*		รวมเวลาในการเผา	
หมายเหตุ * เวลารวม 1362.2 นาที คิดเฉพาะตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมจุดเตาถึงขั้นตอนพักถ่าน (ผลิตถ่านกะลามะพร้าววันละ 6 ถังโดย แรงงานเผาถ่าน 1 คน และบรรจุ 2 คน)			

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์การปฏิบัติงาน (Operation Analysis) มีดังต่อไปนี้

○ หมายถึง การปฏิบัติงาน (Operation) ประกอบด้วย การใช้เครื่องมือ การทำงานที่จุดใดจุดหนึ่ง

⇨ หมายถึง การเคลื่อนที่ หรือ การขนส่ง (Transportation) ประกอบด้วย การเคลื่อนที่ของวัสดุจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง

□ หมายถึง การตรวจสอบ (Inspection) ประกอบด้วย กิจกรรมเกี่ยวกับการตรวจสอบ เปรียบเทียบ ชนิด คุณภาพ ปริมาณของวัสดุ

D หมายถึง การถือ (Hold) ประกอบด้วย การที่กรรมวิธีต้องหยุดรอ หรือเป็นการจัดเก็บวัสดุ

▽ หมายถึง การล่าช้า (Delay) ประกอบด้วย การที่อยู่เฉยๆโดยไม่ได้ทำงานอะไร

ภาพที่ 4.3 แผนภูมิกรรมวิธี การผลิตถ่านกะลามะพร้าว ด้วยเตาถังน้ำมัน 200 ลิตร

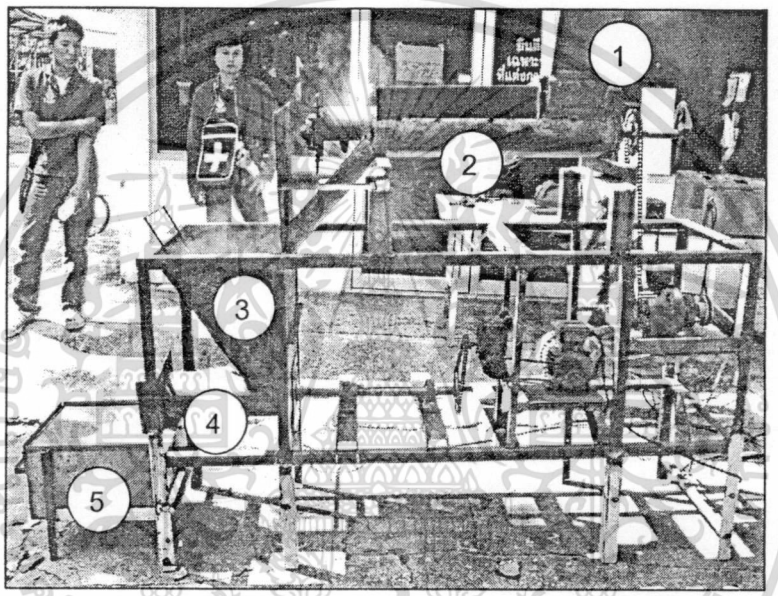
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการศึกษาพัฒนาเตาเผาผลิตถ่านกะลามะพร้าว

สำหรับหัวข้อนี้ได้ดำเนินการออกแบบ สร้าง ปรับปรุง และพัฒนาเตาเผาผลิตถ่านกะลามะพร้าว และทดสอบการทำงานของเตาเผาถ่านต้นแบบที่จัดสร้างขึ้น โดยมีผลการศึกษาดังนี้

4.2.1 ผลการออกแบบสร้างต้นแบบเตาเผาถ่านกะลามะพร้าว

การออกแบบและจัดสร้างต้นแบบเตาเผาถ่านกะลามะพร้าว ลักษณะเตาต้นแบบแบ่งออกได้ 5 ส่วน ซึ่งประกอบด้วย 1) ช่องใส่วัสดุ 2) รางป้อนวัสดุ 3) ห้องเผาไหม้ 4) ช่องถ่านออก และ 5) ถังเก็บถ่าน ดังแสดงรายละเอียดในภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 ส่วนประกอบของต้นแบบเตาเผาถ่านกะลามะพร้าว

ส่วนประกอบหลักของเตาเผาถ่านกะลามะพร้าวต้นแบบ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ช่องใส่วัสดุ มีลักษณะเป็นรูปทรงปิระมิดหงาย สามารถบรรจุกะลามะพร้าว 10 กิโลกรัม

2) รางป้อนวัสดุ เป็นอุปกรณ์ทำงานที่ออกแบบให้สามารถลำเลียงกะลามะพร้าว เพื่อป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ ได้อย่างต่อเนื่อง ออกแบบรางป้อนวัสดุด้วยเกลียวลำเลียงบนรางป้อน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ยาว 100 เซนติเมตร

3) ห้องเผาไหม้ เป็นส่วนที่ต้องปะทะกับความร้อนมากที่สุด มีลักษณะรูปทรงกรวยหงาย ส่วนปากเส้นผ่านศูนย์กลาง 41 เซนติเมตร ส่วนฐานติดกับช่องตะแกรงจุดเชื้อไฟมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 58 เซนติเมตร โดยมีความสูงเอียง 31 เซนติเมตร โครงสร้างเป็นเหล็กแผ่นขนาด 2 เซนติเมตร หนา 0.5 เซนติเมตร ผนังทำด้วยแผ่นเหล็กหนา 0.2 เซนติเมตร ขอบด้านบนใช้เหล็กแผ่นขนาด 2 X 5 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ช่องถ่านออก เป็นอุปกรณ์ทำงานที่ออกแบบให้เป็นช่องสำหรับนำถ่านร้อนแล้วจากห้องเผาไหม้ เพื่อลำเลียงไปเก็บไว้ที่ห้องเก็บถ่าน ออกแบบโดยใช้เกลียวลำเลียง ขณะที่เกลียวลำเลียงถ่านแล้วยังสามารถดับถ่านได้อีกด้วย ช่องเก็บถ่านมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร

5) ถังเก็บถ่าน เป็นภาชนะสำหรับรองรับถ่านกะลามะพร้าวที่ถูกลำเลียงจากช่องถ่านออก ออกแบบให้มีรูปทรงสี่เหลี่ยม มีฝาปิดมิดชิดซึ่งต้องการให้เป็นถังเก็บถ่านเพื่อเอื้อให้ถ่านลดอุณหภูมิลงหรือสามารถดับได้ ถังมีหูจับสองด้านเป็นที่จับสำหรับยกเพื่อเคลื่อนย้าย

4.2.2 ผลการทดสอบต้นแบบเตาเผากะลามะพร้าวเบื้องต้น

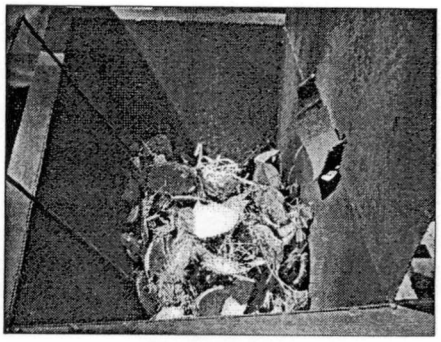
การศึกษาในขั้นตอนนี้ ดำเนินการทดสอบเตาเผาถ่านกะลามะพร้าวเบื้องต้น ดังรายละเอียดวิธีการดำเนินการศึกษาที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ซึ่งมีรายละเอียดของผลการศึกษาดังต่อไปนี้

กระบวนการเผาถ่านกะลามะพร้าวด้วยเตาเผาถ่านต้นแบบ (ภาพที่ 4.5) ประกอบด้วยขั้นตอนการเตรียมจุดเตา โดยใช้กะลาประมาณ 4 กิโลกรัม ซึ่งสามารถใช้วัสดุที่ติดไฟง่ายช่วย เช่น เศษกระดาษ หรือน้ำมันก๊าด เมื่อจุดเตาจนไฟลุกทั่วแล้ว จากนั้นจึงเริ่มป้อนกะลามะพร้าวด้วยชุดป้อนกะลาที่ถูกออกแบบให้สามารถป้อนกะลาได้อย่างต่อเนื่องและสามารถปรับอัตราการป้อน นอกจากนี้เกลียวลำเลียงกะลายังสามารถบดกะลาให้เป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อยได้อีกด้วย ขณะเผาถ่านกะลาผู้ปฏิบัติงานจะทำหน้าที่ป้อนกะลาที่ถังป้อน และคอยสังเกตการเผากะลา หากพบว่า ถ่านร้อนแล้วสามารถนำถ่านออกจากห้องเผาถ่านได้ทันที โดยการลำเลียงด้วยเกลียวทางช่องถ่านออกที่อยู่ด้านล่างของห้องเผาไหม้ และทำหน้าที่ในการลดอุณหภูมิถ่านร้อนจากการเผาไหม้ เนื่องจากถ่านที่ผ่านเกลียวลำเลียงจะอับอากาศก่อนตกลงสู่ถังเก็บถ่าน จึงทำให้ถ่านร้อนมีอุณหภูมิลดลงหรือเป็นถ่านเย็น และเมื่อปริมาณถ่านเย็นเต็มถังเก็บให้นำถ่านดังกล่าว มาลดอุณหภูมิน้ำอีกครั้ง จากนั้นนำถ่านไปผึ่งแดดให้แห้งแล้วจัดเก็บลงกระสอบต่อไป

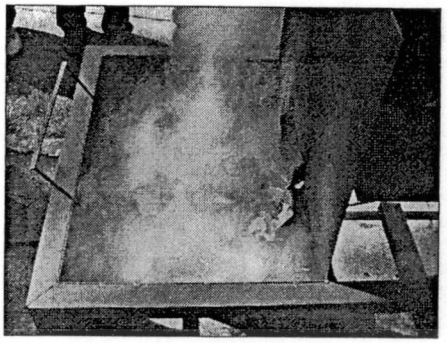
โดยจากการทดสอบในขั้นตอนที่ (3) เผากะลามะพร้าว ขั้นตอนที่ (4) ป้อนกะลามะพร้าว และขั้นตอนที่ (5) ลำเลียงถ่านเก็บที่ถังเก็บถ่าน มีลักษณะการทำงานต่อเนื่องหรืออยู่ในช่วงเวลาขณะทำการเผา ทำให้มีขั้นตอนการทำงานที่ต่อเนื่องไปพร้อมกันในช่วงเวลาเดียวกัน เป็นผลให้การเผากะลามะพร้าวให้เป็นถ่าน มีลักษณะเป็นแบบต่อเนื่อง นอกจากนี้การออกแบบสร้างยังได้เพิ่มช่องปรับควบคุมการไหลของอากาศที่ห้องเผาไหม้เพื่อเร่งการเผาไหม้ให้เร็วขึ้น และเพื่อแก้ไขปัญหาขณะทำการเผาในกรณีที่เกิดเขม่าควันจำนวนมาก

แต่อย่างไรก็ตาม การทดสอบการเผาถ่านกะลามะพร้าวต้นแบบนี้ เป็นเพียงการทดสอบเบื้องต้น ที่ยังไม่ได้แปรค่าที่มีผลต่อการเผาไหม้ ผลผลิตของถ่าน ได้แก่ อัตราการป้อนของกะลามะพร้าว อัตราการนำถ่านร้อนไปเก็บที่ถังเก็บถ่าน รวมถึงอัตราการการไหลเวียนอากาศในห้องเผาไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

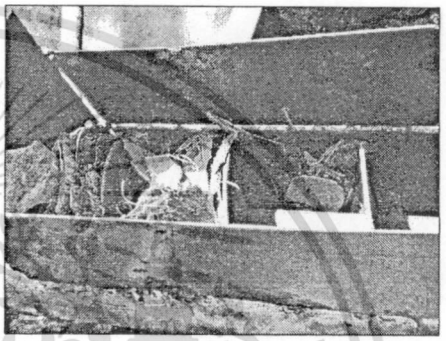


(1) เตรียมจุดเตา

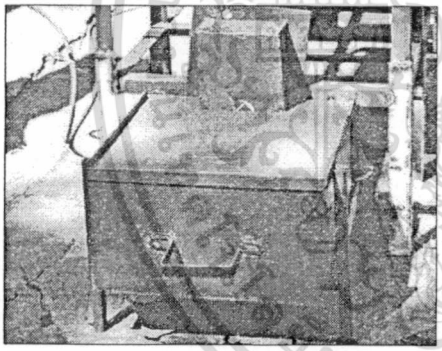


(2) จุดเตา

(3) เผากะลามะพร้าว

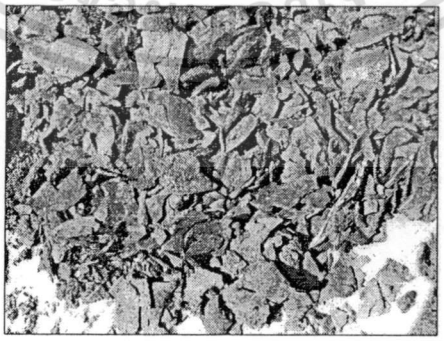


(4) ป้อนกะลามะพร้าว



(5) ลำเลียงถ่านเก็บที่ถังเก็บถ่าน

(6) การรดน้ำถ่าน



(7) ผึ่งลมแดดให้แห้ง

ภาพที่ 4.5 กระบวนการเผาถ่านกะลามะพร้าว ด้วยเตาต้นแบบเผาถ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวด้วยเตาเผาต้นแบบ สามารถวิเคราะห์ผลการศึกษาได้ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.6 พบว่า กะลามะพร้าวที่ใช้ในการเผา 120 กิโลกรัม การเผาถ่านด้วยเตาต้นแบบนี้เป็นการป้อนและเผาอย่างต่อเนื่อง ที่อัตราการป้อน 0.52 กิโลกรัม/นาที และระยะเวลาในการจุดเตาจนกระทั่งถ่านร้อนและสามารถลำเลียงถ่านลงในถังเก็บที่ประมาณ 30.6 นาที โดยเวลาที่ใช้ในการนำถ่านร้อนลงถังเก็บถ่านเป็น 1.25 นาทีต่อครั้ง และระยะเวลาในการเผาให้ได้ปริมาณถ่านเต็มถังเก็บเฉลี่ย 215.3 นาที นอกจากนี้ขั้นตอนการลำเลียงถ่านไปยังถังเก็บ ซึ่งออกแบบเป็นเกลียวลำเลียง ทำให้ถ่านอับอากาศและสามารถลดอุณหภูมิได้ในเวลาเดียวกัน ดังนั้นในขั้นตอนการรดน้ำเพื่อดับถ่านที่เทออกจากถังเก็บถ่านนั้น เป็นเพียงขั้นตอนที่ให้แน่ใจว่าถ่านดับสนิท และยังพบว่าปริมาณน้ำสำหรับใช้ในการดับถ่านเพียงเล็กน้อยเท่านั้น การเผาด้วยเตาต้นแบบได้ผลผลิตถ่านกะลามะพร้าวเฉลี่ย 29.5 กิโลกรัม คิดเป็นปริมาณผลผลิตถ่านได้ถึง 24.61% ของกะลาที่ใช้เผา โดยความสามารถในการเผาถ่านจริงเฉลี่ย 8.19 กิโลกรัม/ชั่วโมง และความสามารถของเตาในการเผาถ่านทางทฤษฎีเฉลี่ย 8.23 กิโลกรัม/ชั่วโมง มีผลทำให้ประสิทธิภาพเชิงเวลาในการเผาถ่านกะลามะพร้าวเท่ากับ 99.54 %

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบเผาถ่านกะลามะพร้าวด้วยต้นแบบเตาเผาถ่าน

รายการวิเคราะห์ผล	การทดลองครั้งที่			ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	
น้ำหนักกะลาที่เผา(กิโลกรัม)	120	120	120	120.00
เวลาในการจุดเตา จนกระทั่งถ่านร้อน (นาที)	37	24.8	30	30.60
อัตราป้อนกะลาเฉลี่ย (กิโลกรัม/นาที)	0.52	0.52	0.52	0.52
ระยะเวลารอให้ถ่านร้อนก่อนลำเลียงในแต่ละครั้ง (นาที)	14	12	11	12.33
อัตราลำเลียงถ่านสู่ถังเก็บถ่าน (กิโลกรัม/นาที)	1.07	1.14	0.95	1.05
เวลาที่ใช้ในการเผาถ่าน (นาที)	219.0	212.0	215.0	215.33
เวลาที่ใช้ในการลดอุณหภูมิ (นาที)	1	1	1	1.00
เวลาที่พักถ่านในถัง (ชั่วโมง)	0	0	0	0.00
น้ำหนักถ่านที่เผาได้ (กิโลกรัม)	28.7	29.4	30.5	29.53
ปริมาณผลผลิตถ่านกะลามะพร้าว (%)	23.92	24.50	25.42	24.61
ความสามารถในการเผาถ่านจริง (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	7.83	8.28	8.47	8.19
ความสามารถในการเผาถ่านทางทฤษฎี (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	7.86	8.32	8.51	8.23
ประสิทธิภาพเชิงเวลาในการเผาถ่านกะลามะพร้าว (%)	99.55	99.53	99.54	99.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภูมิกรรมวิธีการผลิต

การผลิตถ่านกะลามะพร้าว ด้วยเตาต้นแบบเผาถ่าน

เวลา (นาที)	สัญลักษณ์	ขั้นตอนการผลิต	หมายเหตุ
1.0	● ⇨ □ D ▽	เตรียมจุดเตา โดยใส่กะลามะพร้าวลงในถัง	
1.0	● ⇨ □ D ▽	จุดไฟ โดยราดน้ำมันก๊าดเล็กน้อยเพื่อช่วยให้ไฟติดได้ง่ายขึ้น หรือใช้เศษวัสดุที่ติดไฟง่าย เช่น กระดาษ	
29.6	○ ⇨ □ ◗ ▽	ปล่อยไฟให้ลุกติดกะลามะพร้าว และขณะเดียวกันป้อนกะลามะพร้าวต่อเนื่อง	เป็นการทำงานแบบต่อเนื่อง
1.25*	● ⇨ □ D ▽	ถ่านร้อน ให้ลำเลียงถ่านไปเก็บที่ถังเก็บถ่าน	ทำงานแบบคู่ขนาน
215.3	● ⇨ □ D ▽	ทำซ้ำจนกระทั่งถ่านเต็มถังเก็บถ่าน	ลดอุณหภูมิถ่าน
1.0	○ ➡ □ D ▽	นำถ่านไปเทบนลานเพื่อดับถ่านให้สนิท	
1.0	● ⇨ □ D ▽	รดน้ำดับถ่านให้สนิท	
2880	● ⇨ □ D ▽	ผึ่งลมเพื่อลดความชื้น	
10	● ⇨ □ D ▽	บรรจุกระสอบ	
1	○ ⇨ □ ◗ ▽	จัดเก็บ	
**		รวมเวลาในการเผา	

หมายเหตุ ** เวลารวม 248.9 นาที ตั้งแต่เริ่มจุดเตาจนกระทั่งดับถ่านด้วยการรดน้ำ ทั้งนี้ไม่รวมเวลา 1.25* นาที ของการนำถ่านร้อนออกไปเก็บที่ถังเก็บถ่าน (แรงงานเผาถ่าน 1 คน)

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์การปฏิบัติงาน (Operation Analysis) มีดังต่อไปนี้

○ หมายถึง การปฏิบัติงาน (Operation) ประกอบด้วย การใช้เครื่องมือ การทำงานที่จุดใดจุดหนึ่ง

⇨ หมายถึง การเคลื่อนที่ หรือ การขนส่ง (Transportation) ประกอบด้วย การเคลื่อนที่ของวัสดุจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง

□ หมายถึง การตรวจสอบ (Inspection) ประกอบด้วย กิจกรรมเกี่ยวกับการตรวจสอบ เปรียบเทียบ ชนิด คุณภาพ ปริมาณของวัสดุ

D หมายถึง การถือ (Hold) ประกอบด้วย การที่กรรมวิธีต้องหยุดรอ หรือเป็นการจัดเก็บวัสดุ

▽ หมายถึง การล่าช้า (Delay) ประกอบด้วย การที่อยู่เฉยๆโดยไม่ได้ทำงานอะไร

ภาพที่ 4.6 แผนภูมิกรรมวิธี การผลิตถ่านกะลามะพร้าว ด้วยต้นแบบเตาเผาถ่าน

จากผลการทดลอง ชี้ให้เห็นว่าหลักการทำงานของต้นแบบเตาเผาถ่านกะลามะพร้าว มีลักษณะเป็นแบบต่อเนื่อง สามารถลำเลียงกะลาไปยังห้องเผาไหม้ และทำการเผาไหม้กะลาให้เป็นถ่านร้อน จากนั้นถ่านร้อนจะถูกลำเลียงด้วยเกลียวลำเลียงไปยังถังเก็บถ่านเพื่อลดอุณหภูมิ แล้วทำการลดอุณหภูมิถ่านด้วยน้ำ โดยการใช้เกลียวลำเลียงทางช่องนำถ่านร้อนออกจากห้องเผาไหม้ ไปยังถังเก็บถ่านสามารถช่วยลดอุณหภูมิถ่านร้อนลงได้ ดังนั้นถ่านร้อนที่ถูกเก็บภายในถังเก็บ จึงมีอากาศไม่เพียงพอต่อการเผาไหม้ จึงทำให้ถ่านค่อยๆ เย็นตัวลงและหยุดการเผาไหม้ในที่สุด ส่งผลถึงขั้นตอนการลดอุณหภูมิถ่านด้วยน้ำ จึงใช้

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณน้ำเพียงเล็กน้อยเท่านั้น นอกจากนี้การเผาถ่านด้วยเตาเผาต้นแบบสามารถลดขั้นตอนการพักถ่านให้สั้นลง กว่าวิธีของเกษตรกรที่เผาด้วยเตาถังน้ำมัน 200 ลิตร ทำให้ลดระยะเวลาในการพักถ่านได้กว่า 16 ชั่วโมง

สำหรับสมรรถนะของเตาเผาถ่านต้นแบบ สามารถสรุปได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) ต้นแบบเตาเผากะลามะพร้าว มีลักษณะการทำงานเป็นแบบต่อเนื่อง

2) ความสามารถในการผลิตถ่านจริง และทางทฤษฎีด้วยต้นแบบเตาเผามีความสามารถสูงกว่าวิธีของเกษตรกร

3) ปริมาตรผลผลิตถ่านที่ได้จากกะลามะพร้าวที่ถูกเผา เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การเผาด้วยต้นแบบเตาเผามีค่าน้อยกว่าวิธีของเกษตรกร

4) ประสิทธิภาพเชิงเวลาในการเผาถ่านกะลามะพร้าวเท่ากับ 99.54 %

4.3 อภิปรายผล

ผลการออกแบบ สร้าง ปรับปรุง และพัฒนาเตาเผาผลิตถ่านกะลามะพร้าว และทดสอบการทำงานของเตาเผาถ่านต้นแบบที่จัดสร้างขึ้น มีความสามารถในการผลิตถ่านจริง 8.19 กิโลกรัม/ชั่วโมง และความสามารถในการผลิตถ่านทางทฤษฎี 8.23 กิโลกรัม/ชั่วโมง และมีปริมาณผลผลิตถ่าน 24.61% มีผลทำให้ประสิทธิภาพเชิงเวลาในการเผาถ่านกะลามะพร้าวเท่ากับ 99.54 % ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตถ่านที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติ พบว่าการเผาถ่านด้วยเตาต้นแบบ มีความสามารถในการผลิตมากกว่า 2.3 และ 2.46 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สำหรับความสามารถในการเผาจริง และความสามารถในการเผาทางทฤษฎีตามลำดับ

กะบวนการเผาถ่านกะลามะพร้าวด้วยถังน้ำมัน 200 ลิตร พบว่า บางขั้นตอนของการผลิตมีความยุ่งยาก และต้องใช้ความระมัดระวังในการปฏิบัติงาน โดยเฉพาะในขั้นตอนการยกถังตั้งตรงกับพื้นต้องใช้มือจับปากถังขณะที่ไฟกำลังลุกไหม้ ทำให้ผู้ปฏิบัติได้รับความร้อนโดยตรง จากการปะทะกับความร้อนและเขม่าควันในการเผาไหม้ นอกจากนี้ยังต้องอาศัยความชำนาญในการปฏิบัติงาน ในขั้นตอนการปิดปากถังเพื่อให้แน่ใจว่าอากาศไม่สามารถไหลเข้าถังได้ เนื่องจากหากมีอากาศไหลเข้าในถังได้แล้ว อาจจะทำให้เกิดการเผาไหม้ของถ่านจนกลายเป็นขี้เถ้า รวมถึงการลดอุณหภูมิถ่านโดยการใช้น้ำรดลงบนถ่านในถังขณะที่ถ่านยังร้อนต้องใช้ปริมาณน้ำเป็นจำนวนมาก และเป็นผลให้ถ่านที่ได้ความชื้นสูง ซึ่งจำเป็นต้องเพิ่มขั้นตอนและเสียเวลาในการนำถ่านมาผึ่งแดดเพื่อลดความชื้น

ดังนั้น การเผาถ่านกะลามะพร้าวด้วยต้นแบบเตาเผาถ่าน ซึ่งมีลักษณะการเผาเป็นแบบต่อเนื่อง สามารถลดขั้นตอนการพักถ่านได้ และสามารถลดระยะเวลาในการเติมกะลาจากเดิมได้ถึง 16 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีของเกษตรกรที่นิยมปฏิบัติ ด้วยเตาถังน้ำมัน 200 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาการวิจัยได้ดำเนินการศึกษาแยกออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ การศึกษาวิธีการผลิตถ่านกะลามะพร้าว และการศึกษาพัฒนาต้นแบบเตาเผาถ่านกะลามะพร้าว โดยสามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการศึกษาวิธีการผลิตถ่านกะลามะพร้าวที่เกษตรกรปฏิบัติ

วิธีการและขั้นตอนการผลิตถ่านกะลามะพร้าวที่เกษตรกรปฏิบัติ โดยเตาถังน้ำมัน 200 ลิตร ในพื้นที่ต่าง ๆ ได้แก่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดสิงบุรีย์ และเขตหนองจอก กรุงเทพฯ พบว่า กะลามะพร้าวที่ใช้ในการเผาเฉลี่ย 134.0 กิโลกรัม/ถัง ใช้ระยะเวลาในการจุดเตาประมาณ 2.7 นาที/ถัง การเติมกะลามะพร้าวประมาณ 11.83 กิโลกรัม/ครั้ง/ถัง เวลาเผาต่อการเติม 1 ครั้ง ประมาณ 35.62 นาที/ถัง โดยมีระยะเวลาในการเผาให้ได้ถ่านเต็มถังเฉลี่ย 6.72 ชั่วโมง/ถัง สำหรับการลดอุณหภูมิด้วยน้ำแล้วปิดถังด้วยใบตองกระสอบและทราย ใช้เวลาเฉลี่ย 5.3 นาที/ถัง หลังจากนั้นพักถ่านไว้ในถังเฉลี่ย 15.95 ชั่วโมง

สำหรับผลผลิตถ่านกะลามะพร้าวเฉลี่ย 37.7 กิโลกรัม/ถัง คิดเป็นปริมาณผลผลิตถ่าน 28.2 % ของกะลาที่ใช้เผาต่อถัง โดยความชื้นของถ่านในถังก่อนปิดปากถังมีค่า 55.24 % และค่าความชื้นของถ่านก่อนบรรจุกระสอบเฉลี่ย 3.46 % โดยความสามารถในการเผาถ่านจริงเฉลี่ย 1.66 กิโลกรัม/ชั่วโมง และความสามารถของเตาในการเผาถ่านทางทฤษฎีเฉลี่ย 5.61 กิโลกรัม/ชั่วโมง และประสิทธิภาพเชิงเวลาในการเผาถ่านกะลามะพร้าวเท่ากับ 29.65 %

5.2 สรุปผลการศึกษาพัฒนาต้นแบบเตาเผาถ่านกะลามะพร้าว

การออกแบบและจัดสร้างต้นแบบเตาเผาถ่านกะลามะพร้าว ลักษณะเตาต้นแบบประกอบด้วย 5 ส่วน ได้แก่ ช่องใส่วัสดุ รางป้อนวัสดุ ห้องเผาไหม้ ช่องถ่านออก และถังเก็บถ่าน ซึ่งใช้กะลามะพร้าวในการเผาทดสอบ 120 กิโลกรัม ทำการเผาด้วยเตาต้นแบบโดยการป้อนอย่างต่อเนื่อง ที่อัตราการป้อน 0.52 กิโลกรัม/นาที พบว่า ระยะเวลาตั้งแต่การจุดเตาจนกระทั่งถ่านร้อน และลำเลียงถ่านลงในถังเก็บถ่านเฉลี่ย 30.6 นาที โดยเวลาที่ใช้ในการลำเลียงถ่านร้อนลงถังเก็บถ่าน 1.25 นาทีต่อครั้ง และใช้ระยะเวลาในการเผาถ่านให้ได้ปริมาณเต็มถังเก็บถ่านเฉลี่ย 215.3 นาที และผลผลิตถ่านกะลามะพร้าวเฉลี่ย 29.5 กิโลกรัม คิดเป็นปริมาณผลผลิตถ่านได้ถึง 24.61% ของกะลาที่ใช้เผา โดยความสามารถในการเผาถ่านจริงเฉลี่ย 8.19 กิโลกรัม/ชั่วโมง และความสามารถของเตาในการเผาถ่านทางทฤษฎีเฉลี่ย 8.23 กิโลกรัม/ชั่วโมง มีผลทำให้ประสิทธิภาพเชิงเวลาในการเผาถ่านกะลามะพร้าวเท่ากับ 99.54 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น การเผาถ่านกะลามะพร้าวด้วยต้นแบบเตาเผาถ่านที่พัฒนาขึ้น ซึ่งมีลักษณะการเผาเป็นแบบต่อเนื่อง สามารถลดขั้นตอนการพักถ่านได้ และสามารถลดระยะเวลาในการเติมกะลาจากเดิมได้ถึง 16 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีของเกษตรกรที่นิยมปฏิบัติ

5.3 ข้อเสนอแนะในการศึกษาต่อไป

1. ควรมีการศึกษาวิจัยพัฒนาต้นแบบเตาเผาถ่านกะลามะพร้าว ให้สามารถผลิตหรือทำงานได้จริงในแนวทางที่เกษตรกรสามารถปฏิบัติได้จริง

2. ควรมีการศึกษาให้ครอบคลุม โดยการแปรค่าปัจจัยที่มีผลต่อการเผาไหม้ ผลผลิตของถ่าน ได้แก่ อัตราการป้อนของกะลามะพร้าว อัตราการนำถ่านสุกไปเก็บที่ถังเก็บถ่าน รวมถึงอัตราการการไหลเวียนอากาศในห้องเผาไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2547. ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon). โครงการศึกษาและจัดทำแบบอย่างการลงทุนเพื่อเผยแพร่ผ่านเครือข่าย Internet. 13 หน้า

การปลูกมะพร้าว. 2550. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://web.ku.ac.th/agri/coconut1/index-1.htm

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน 2547. "การส่งเสริมการใช้พลังงานจากชีวมวลของประเทศไทย" [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.eppo.go.th/vrs/VRS55-06-biomass.html

การสำรวจวัสดุเหลือใช้ด้านเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม, 2547. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://203.150.24.8/survey/agri.htm

ธวัชชัย หล่อวิจิตร ประสงค์ หาญลิ่วลมวิบูลย์ ไพโรจน์ ชัยธรนะยานนท์ และสมนึก โอพรสวัสดิ์. 2532. เตาผลิตถ่านกะลามะพร้าวแบบต่อเนื่อง. วิทยานิพนธ์ วศ.บ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ

บริษัท ไทยซูมิจำกัด. 2551. การใช้ประโยชน์จากถ่านไม้ [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.charcoal.snmcenter.com/ charcoalthai/charcoal_fun2.php

พลังงานชีวมวล. 2547. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://203.150.24.8/dede/renew/bio_p.htm

พเยาว์ รอดโพธิ์ทอง, 2539. เทคโนโลยีสำหรับชาวชนบท เล่มที่ 6. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. หน้า 14-17.

ลือพงษ์ ลือนาม และจรูญพงศ์ เทียมประทีป. 2549. การศึกษาต้นแบบเตาเผาถ่านกะลามะพร้าวโดยการเผาแบบกึ่งต่อเนื่อง.วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. ปีที่ 24 ฉบับที่ 1 มกราคม-เมษายน 2549. หน้า 36-41.

วิฑูรย์ สิมะโชคดี และวีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์. 2546. วิศวกรรมและการบริหารความปลอดภัยในโรงงาน. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ.

วิไล สันติโสภาศรี, กล้าณรงค์ ศรีรอด, เอ็จ สโรบล และสุนีรัตน์ หทัยรักษ์ธรรม 2546. สถานภาพของวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเกษตรและการใช้ประโยชน์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 365 หน้า

สุชัย ศศิวิมลพันธุ์ และสมชาย วงศ์วิเศษ, 2533. เตาผลิตถ่านกะลามะพร้าวแบบเผาไหม้กึ่งต่อเนื่อง ในวารสารเกษตรอุสาหกรรม. เล่มที่ 1 ประจำปี 2533. หน้า 6-10.

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. 2544. ถ่าน : การผลิตที่ถูกวิธีและประโยชน์ (Charcoal : Small Scale Production and Use). กรุงเทพฯ. 112 หน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sailomloy. 2550. ถ่านกำมือเดียว. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://blog.trekkingthai.com/sailomloy/2007/03/21/diving-10/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

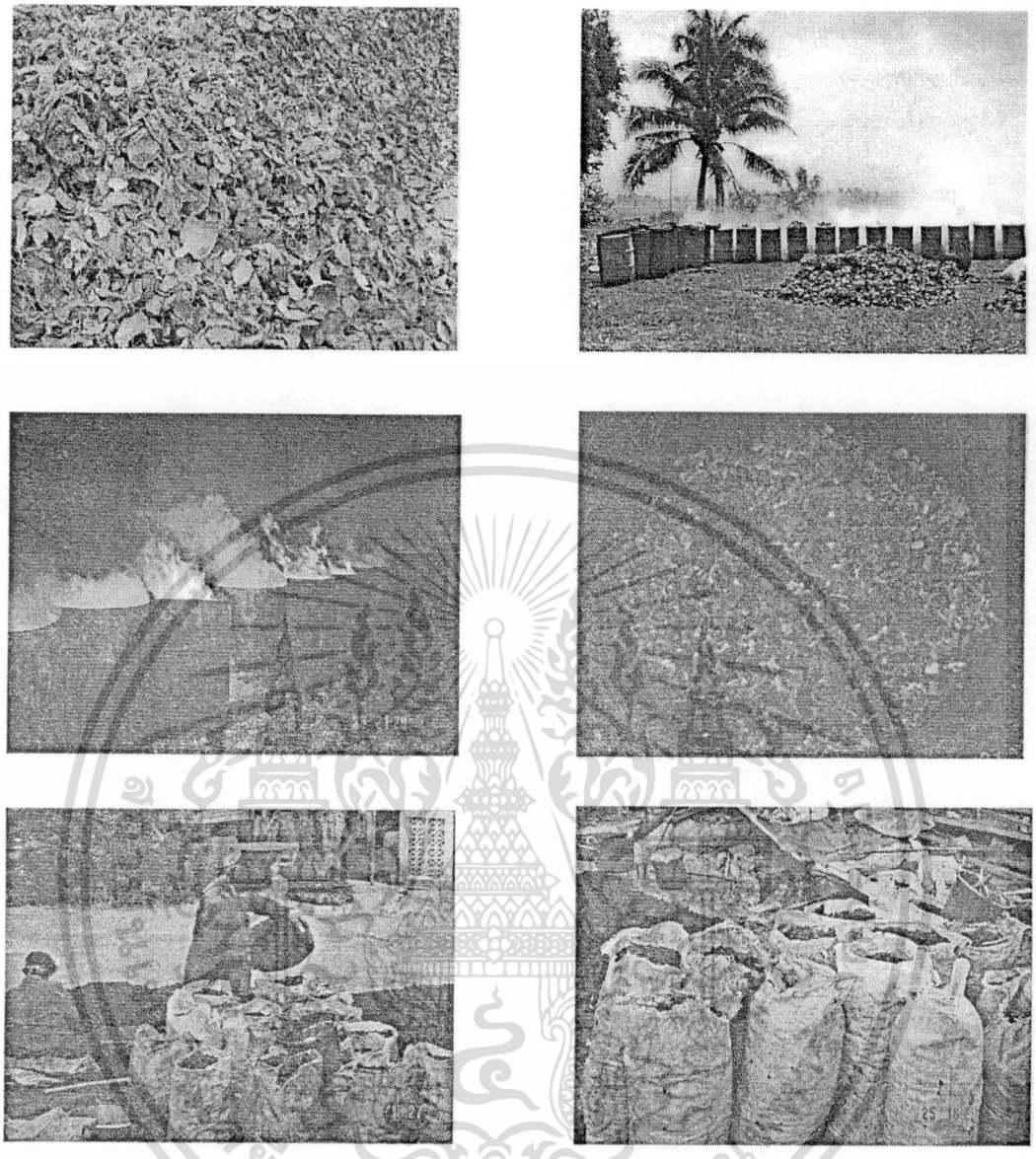
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

สภาพโดยทั่วไปของการผลิตถ่านกะลามะพร้าวที่เกษตรกรปฏิบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก.1 สภาพโดยทั่วไปของการผลิตถ่านกะลามะพร้าวที่เกษตรกรปฏิบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ผลการศึกษาการเผาถ่านด้วยเตาถังน้ำมัน 200 ลิตร

กรณีศึกษาที่ 1				กรณีศึกษาที่2				กรณีศึกษาที่ 3			

การจุดเตา

กะลา กก.	เวลา เริ่ม	เวลา ติด	เวลาจุด (นาที)	กะลา กก.	เวลา เริ่ม	เวลา ติด	เวลาจุด (นาที)	กะลา กก.	เวลา เริ่ม	เวลา ติด	เวลาจุด (นาที)
2	09.34	09.38	4	2	09.25	09.29	2	2	09.48	09.55	2

ขณะเผากะลามะพร้าว

กก./ ครั้ง	เวลา เติม	กะลา สูง	ถ่าน สูง	เวลา เผา (นาที)	กก./ ครั้ง	เวลา เติม	กะลา สูง	ถ่าน สูง	เวลา เผา (นาที)	กก./ ครั้ง	เวลา เติม	กะลา สูง	ถ่าน สูง	เวลา เผา (นาที)
12	9.42	87	67	50	12	9.32	57	50	23	18	10.20	93	46	25
20	10.32	97	77	35	14	9.55	69	63	32	16	10.45	97	42	43
20	11.07	107	42	39	14	10.27	74	54	27	16	11.28	97	45	34
18	11.46	107	50	41	16	10.54	97	58	54	12	12.02	77	47	32
18	12.27	107	51	37	10	11.48	97	52	37	12	12.34	87	42	41
12	13.04	97	65	38	8	12.25	97	52	38	10	13.15	87	64	23
12	13.42	97	73	30	10	13.03	97	48	34	6	13.38	87	75	36
8	14.12	97	70	35	10	13.37	97	59	35	12	14.14	107	78	42
8	14.47	97	74	39	10	14.12	97	62	35	12	14.56	97	80	25
6	15.26	97	74	35	10	14.47	107	69	35	12	15.21	97	80	35
6	16.01	97	74	35	8	15.22	107	69	37	8	15.56	97	80	38
-	16.36	97	74	-	-	15.59	107	69	-	6	16.34	97	80	35
										-	17.09	97	80	-

หลังการเผา

เวลา ปิด	เวลา เปิด	ถ่าน สูง	พักถ่าน (ชม.)	เวลา ปิด	เวลา เปิด	ถ่าน สูง	พักถ่าน (ชม.)	เวลา ปิด	เวลา เปิด	ถ่าน สูง	พักถ่าน (ชม.)
16.42	08.02	70	15.20	16.03	08.34	77	16.31	17.13	09.48	75	16.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลความชื้นถ่านก่อนปิดปากถังที่เผาด้วยเตาถังน้ำมัน 200 ลิตร

กรณีศึกษาที่ 1			กรณีศึกษาที่2			กรณีศึกษาที่ 3		
นน.ก่อนอบ	นน. หลังอบ	%db	นน.ก่อนอบ	นน. หลังอบ	%db	นน.ก่อนอบ	นน. หลังอบ	%db
35.41	22.96	54.22	35.60	23.46	51.75	35.02	22.59	55.02
35.52	23.22	52.97	35.11	22.71	54.60	35.14	22.90	53.45
35.03	22.60	55.00	35.00	22.60	54.87	35.56	22.75	56.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ข้อมูลทดสอบต้นแบบเตาเผาถ่านกะลามะพร้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 การเปลี่ยนแปลงขณะเผากะลามะพร้าวด้วยต้นแบบเตาเผาถ่าน การทดลองครั้งที่ 1

เวลา (น.)	การเปลี่ยนแปลง	หมายเหตุ	เวลา (น.)	การเปลี่ยนแปลง	หมายเหตุ
10.18	ใส่เชื้อไฟในห้องเผาไหม้		10.49	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
10.19	เติมกะลา 2 กก.		10.50	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
10.20	จุดไฟ		10.51	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
10.21	ควันสีขาวหนา	ลมเป่า	10.52	ควันสีขาวปนเหลือง	
10.22	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	10.53	ควันสีขาวปนเหลือง	
10.23	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	10.54	ควันสีขาวปนเหลือง	
10.24	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	10.55	มีเปลวไฟ	
10.25	มีเปลวไฟ		10.56	มีเปลวไฟ	
10.26	มีเปลวไฟ	ลมเป่า	10.57	ควันสีขาวปนเหลือง	เอาถ่านออก
10.27	มีเปลวไฟ	ลมเป่า	10.58	ควันสีขาวปนเหลือง	
10.28	ควันสีขาวปนเหลือง		10.59	ควันสีขาวปนเหลือง	
10.29	ควันสีขาวปนเหลือง		11.00	มีเปลวไฟ	
10.30	ควันสีขาวปนเหลือง		11.01	ควันเหลืองหนา	
10.31	มีเปลวไฟ		11.02	ควันเหลืองหนา	
10.32	มีเปลวไฟ		11.03	ควันสีขาวปนเหลือง	
10.33	มีเปลวไฟ		11.04	ควันสีขาวปนเหลือง	
10.34	ควันสีขาวปนเหลือง		11.05	ควันสีขาวปนเหลือง	
10.35	ควันสีขาวปนเหลือง		11.06	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
10.36	มีเปลวไฟ		11.07	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
10.37	มีเปลวไฟ		11.08	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
10.38	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	11.09	ควันสีขาวปนเหลือง	
10.39	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	11.10	มีเปลวไฟ	
10.40	ควันเหลืองหนา		11.11	มีเปลวไฟ	ถ่านออก
10.41	มีเปลวไฟ		11.12	ควันสีขาวปนเหลือง	
10.42	ควันสีขาวปนเหลือง		11.13	ควันเหลืองหนา	
10.43	มีเปลวไฟ		11.14	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
10.44	ควันสีขาวปนเหลือง		11.15	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
10.45	ควันสีขาวปนเหลือง		11.16	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
10.46	มีเปลวไฟ		11.17	ควันสีขาวปนเหลือง	
10.47	มีเปลวไฟ		11.18	มีเปลวไฟ	
10.48	ควันสีขาวปนเหลือง		11.19	ควันสีขาวปนเหลือง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 การเปลี่ยนแปลงขณะเผากะลามะพร้าวด้วยต้นแบบเตาเผาถ่าน การทดลองครั้งที่ 1 (ต่อ)

เวลา (น.)	การเปลี่ยนแปลง	หมายเหตุ	เวลา (น.)	การเปลี่ยนแปลง	หมายเหตุ
11.20	มีเปลวไฟ		11.51	มีเปลวไฟ	
11.21	ควันสีขาวปนเหลือง		11.52	มีเปลวไฟ	ถ่านออก
11.22	ควันสีขาวปนเหลือง		11.53	ควันเหลืองหนา	
11.23	มีเปลวไฟ		11.54	ควันเหลืองหนา	
11.24	มีเปลวไฟ	ถ่านออก	11.55	ควันสีขาวปนเหลือง	
11.25	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	11.56	ควันเหลืองหนา	
11.26	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	11.57	ควันเหลืองหนา	
11.27	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	11.58	ควันสีขาวปนเหลือง	
11.28	ควันสีขาวปนเหลือง		11.59	ควันสีขาวปนเหลือง	
11.29	ควันสีขาวปนเหลือง		12.00	มีเปลวไฟ	
11.30	ควันสีขาวปนเหลือง		12.01	ควันเหลืองหนา	
11.31	มีเปลวไฟ		12.02	ควันเหลืองหนา	
11.32	มีเปลวไฟ		12.03	ควันสีขาวปนเหลือง	
11.33	มีเปลวไฟ		12.04	มีเปลวไฟ	
11.34	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	12.05	มีเปลวไฟ	ถ่านออก
11.35	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	12.06	ควันสีขาวปนเหลือง	
11.36	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	12.07	ควันสีขาวปนเหลือง	
11.37	มีเปลวไฟ		12.08	ควันสีขาวปนเหลือง	
11.38	มีเปลวไฟ	ถ่านออก	12.09	ควันเหลืองหนา	
11.39	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	12.10	ควันเหลืองหนา	
11.40	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	12.11	ควันเหลืองหนา	
11.41	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	12.12	ควันสีขาวปนเหลือง	
11.42	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	12.13	มีเปลวไฟ	
11.43	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	12.14	ควันสีขาวปนเหลือง	
11.44	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	12.15	มีเปลวไฟ	
11.45	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	12.16	ควันสีขาวปนเหลือง	
11.46	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	12.17	มีเปลวไฟ	
11.47	มีเปลวไฟ	ลมเป่า	12.18	ควันสีขาวปนเหลือง	ถ่านออก
11.48	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	12.19	ควันสีขาวปนเหลือง	
11.49	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	12.20	ควันสีขาวปนเหลือง	
11.50	ควันสีขาวปนเหลือง		12.21	ควันสีขาวปนเหลือง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 การเปลี่ยนแปลงขณะเผากะลามะพร้าวด้วยต้นแบบเตาเผาถ่าน การทดลองครั้งที่ 1 (ต่อ)

เวลา (น.)	การเปลี่ยนแปลง	หมายเหตุ	เวลา (น.)	การเปลี่ยนแปลง	หมายเหตุ
12.22	มีเปลวไฟ		12.53	ควันสีขาวปนเหลือง	
12.23	มีเปลวไฟ		12.54	ควันสีขาวปนเหลือง	
12.24	ควันเหลืองหนา		12.55	มีเปลวไฟ	
12.25	ควันสีขาวปนเหลือง		12.56	มีเปลวไฟ	ถ่านออก
12.26	ควันสีขาวปนเหลือง		12.57	ควันสีขาวปนเหลือง	
12.27	ควันสีขาวปนเหลือง		12.58	ควันเหลืองหนา	
12.28	ควันสีขาวปนเหลือง		12.59	ควันเหลืองหนา	
12.29	มีเปลวไฟ		13.00	มีเปลวไฟ	
12.30	มีเปลวไฟ	ถ่านออก	13.01	ควันเหลืองหนา	
12.31	ควันเหลืองหนา		13.02	ควันเหลืองหนา	
12.32	ควันสีขาวปนเหลือง		13.03	ควันสีขาวปนเหลือง	
12.33	ควันสีขาวปนเหลือง		13.04	ควันสีขาวปนเหลือง	
12.34	มีเปลวไฟ		13.05	ควันสีขาวปนเหลือง	
12.35	ควันสีขาวปนเหลือง		13.06	ควันเหลืองหนา	
12.36	ควันสีขาวปนเหลือง		13.07	มีเปลวไฟ	
12.37	มีเปลวไฟ		13.08	มีเปลวไฟ	
12.38	มีเปลวไฟ		13.09	ควันสีขาวปนเหลือง	
12.39	ควันสีขาวปนเหลือง		13.10	มีเปลวไฟ	ถ่านออก
12.40	ควันเหลืองหนา		13.11	ควันเหลืองหนา	
12.41	ควันเหลืองหนา		13.12	ควันเหลืองหนา	
12.42	มีเปลวไฟ		13.13	ควันเหลืองหนา	
12.43	มีเปลวไฟ	ถ่านออก	13.14	ควันสีขาวปนเหลือง	
12.44	ควันเหลืองหนา		13.15	ควันเหลืองหนา	
12.45	ควันเหลืองหนา		13.16	ควันเหลืองหนา	
12.46	ควันสีขาวปนเหลือง		13.17	ควันสีขาวปนเหลือง	
12.47	มีเปลวไฟ		13.18	มีเปลวไฟ	
12.48	มีเปลวไฟ		13.19	มีเปลวไฟ	
12.49	ควันสีขาวปนเหลือง		13.20	ควันสีขาวปนเหลือง	
12.50	มีเปลวไฟ		13.21	มีเปลวไฟ	
12.51	มีเปลวไฟ		13.22	ควันสีขาวปนเหลือง	ถ่านออก
12.52	ควันสีขาวปนเหลือง		13.23	ควันสีขาวปนเหลือง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 การเปลี่ยนแปลงขณะเผากะลามะพร้าวด้วยต้นแบบเตาเผาถ่าน การทดลองครั้งที่ 1 (ต่อ)

เวลา (น.)	การเปลี่ยนแปลง	หมายเหตุ	เวลา (น.)	การเปลี่ยนแปลง	หมายเหตุ
13.24	ควันเหลืองหนา		13.55	มีเปลวไฟ	
13.25	มีเปลวไฟ		13.56	มีเปลวไฟ	
13.26	ควันเหลืองหนา		13.57	ถ่านสุกทั้งหมด	ถ่านออก
13.27	ควันเหลืองหนา		13.58	นำถ่านออกจากถังเก็บถ่าน	
13.28	ควันสีขาวปนเหลือง				
13.29	ควันสีขาวปนเหลือง				
13.30	ควันสีขาวปนเหลือง				
13.31	ควันเหลืองหนา				
13.32	ควันเหลืองหนา				
13.33	มีเปลวไฟ	ถ่านออก			
13.34	มีเปลวไฟ				
13.35	ควันสีขาวปนเหลือง				
13.36	ควันเหลืองหนา				
13.37	ควันเหลืองหนา				
13.38	ควันเหลืองหนา				
13.39	ควันสีขาวปนเหลือง				
13.40	ควันสีขาวปนเหลือง				
13.41	ควันสีขาวปนเหลือง				
13.42	มีเปลวไฟ				
13.44	มีเปลวไฟ	ถ่านออก			
13.45	ควันสีขาวปนเหลือง				
13.46	ควันเหลืองหนา				
13.47	ควันเหลืองหนา				
13.48	มีเปลวไฟ				
13.49	ควันสีขาวปนเหลือง				
13.50	ควันสีขาวปนเหลือง	หยุดป้อนกะลา			
13.51	ควันสีขาวปนเหลือง				
13.52	ควันสีขาวปนเหลือง				
13.53	ควันสีขาวปนเหลือง				
13.54	ควันเหลืองหนา				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 การเปลี่ยนแปลงขณะเผากะลามะพร้าวด้วยต้นแบบเตาเผาถ่าน การทดลองครั้งที่ 2

เวลา (น.)	การเปลี่ยนแปลง	หมายเหตุ	เวลา (น.)	การเปลี่ยนแปลง	หมายเหตุ
10.20	ใส่เชื้อไฟในห้องเผาไหม้		10.51	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
10.21	เติมกะลา 2 กก.		10.52	มีเปลวไฟ	ลมเป่า
10.22	จุดไฟ		10.53	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
10.23	ควันสีขาวหนา	ลมเป่า	10.54	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
10.24	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	10.55	ควันสีขาวปนเหลือง	
10.25	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	10.56	มีเปลวไฟ	ลมเป่า
10.26	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	10.57	มีเปลวไฟ	ลมเป่า
10.27	มีเปลวไฟ		10.58	ควันสีขาวปนเหลือง	
10.28	มีเปลวไฟ	ลมเป่า	10.59	มีเปลวไฟ	
10.29	มีเปลวไฟ	ลมเป่า	11.00	ควันสีขาวปนเหลือง	ถ่านออก
10.30	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	11.01	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
10.31	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	11.02	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
10.32	ควันสีขาวปนเหลือง		11.03	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
10.33	มีเปลวไฟ		11.04	มีเปลวไฟ	
10.34	มีเปลวไฟ		11.05	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
10.35	มีเปลวไฟ		11.06	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
10.36	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	11.07	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
10.37	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	11.08	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
10.38	มีเปลวไฟ		11.09	ควันสีขาวปนเหลือง	
10.39	มีเปลวไฟ		11.10	ควันสีขาวปนเหลือง	
10.40	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	11.11	มีเปลวไฟ	
10.41	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	11.12	มีเปลวไฟ	ถ่านออก
10.42	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	11.13	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
10.43	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	11.14	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
10.44	มีเปลวไฟ		11.15	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
10.45	มีเปลวไฟ		11.16	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
10.46	ควันสีขาวปนเหลือง		11.17	มีเปลวไฟ	
10.47	ควันสีขาวปนเหลือง		11.18	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
10.48	มีเปลวไฟ	ถ่านออก	11.19	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
10.49	ควันสีขาวปนเหลือง		11.20	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
10.50	ควันสีขาวปนเหลือง		11.21	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 การเปลี่ยนแปลงขณะเผากะลามะพร้าวด้วยต้นแบบเตาเผาถ่าน การทดลองครั้งที่ 2 (ต่อ)

เวลา (น.)	การเปลี่ยนแปลง	หมายเหตุ	เวลา (น.)	การเปลี่ยนแปลง	หมายเหตุ
11.22	ควันสีขาวปนเหลือง		11.53	มีเปลวไฟ	
11.23	ควันสีขาวปนเหลือง		11.54	มีเปลวไฟ	
11.24	มีเปลวไฟ		11.55	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
11.25	มีเปลวไฟ	ถ่านออก	11.56	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
11.26	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	11.57	ควันสีขาวปนเหลือง	
11.27	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	11.58	มีเปลวไฟ	
11.28	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	11.59	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
11.29	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	12.00	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
11.30	มีเปลวไฟ		12.01	มีเปลวไฟ	
11.31	มีเปลวไฟ		12.02	มีเปลวไฟ	
11.32	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	12.03	มีเปลวไฟ	ถ่านออก
11.33	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	12.04	ควันเหลืองหนา	
11.34	ควันสีขาวปนเหลือง		12.05	ควันเหลืองหนา	
11.35	ควันสีขาวปนเหลือง		12.06	ควันเหลืองหนา	
11.36	ควันสีขาวปนเหลือง		12.07	ควันเหลืองหนา	
11.37	มีเปลวไฟ		12.08	ควันสีขาวปนเหลือง	
11.38	มีเปลวไฟ	ถ่านออก	12.09	ควันสีขาวปนเหลือง	
11.39	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	12.10	มีเปลวไฟ	
11.40	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	12.11	ควันสีขาวปนเหลือง	
11.41	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	12.12	มีเปลวไฟ	
11.42	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	12.13	ควันสีขาวปนเหลือง	
11.43	มีเปลวไฟ		12.14	มีเปลวไฟ	ถ่านออก
11.44	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	12.15	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
11.45	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	12.16	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
11.46	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	12.17	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
11.47	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	12.18	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
11.48	ควันสีขาวปนเหลือง		12.19	ควันสีขาวปนเหลือง	
11.49	มีเปลวไฟ	ถ่านออก	12.20	ควันสีขาวปนเหลือง	
11.50	ควันสีขาวปนเหลือง		12.21	มีเปลวไฟ	
11.51	ควันเหลืองหนา		12.22	มีเปลวไฟ	
11.52	ควันเหลืองหนา		12.23	ควันเหลืองหนา	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 การเปลี่ยนแปลงขณะเผากะลามะพร้าวด้วยต้นแบบเตาเผาถ่าน การทดลองครั้งที่ 2 (ต่อ)

เวลา (น.)	การเปลี่ยนแปลง	หมายเหตุ	เวลา (น.)	การเปลี่ยนแปลง	หมายเหตุ
12.24	ควันเหลืองหนา		12.55	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
12.25	มีเปลวไฟ		12.56	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
12.26	มีเปลวไฟ		12.57	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
12.27	ควันสีขาวปนเหลือง	ถ่านออก	12.58	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
12.28	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	12.59	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
12.29	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	13.00	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
12.30	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	13.01	มีเปลวไฟ	
12.31	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	13.02	มีเปลวไฟ	
12.32	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	13.03	ควันสีขาวปนเหลือง	
12.33	มีเปลวไฟ	ลมเป่า	13.04	มีเปลวไฟ	ถ่านออก
12.34	มีเปลวไฟ		13.05	ควันสีขาวปนเหลือง	
12.35	มีเปลวไฟ		13.06	ควันเหลืองหนา	
12.36	ควันสีขาวปนเหลือง		13.07	ควันเหลืองหนา	
12.37	ควันเหลืองหนา		13.08	มีเปลวไฟ	
12.38	มีเปลวไฟ		13.09	ควันสีขาวปนเหลือง	
12.39	มีเปลวไฟ	ถ่านออก	13.10	ควันเหลืองหนา	
12.40	ควันสีขาวปนเหลือง		13.11	ควันเหลืองหนา	
12.41	ควันสีขาวปนเหลือง		13.12	มีเปลวไฟ	
12.42	ควันสีขาวปนเหลือง		13.13	มีเปลวไฟ	
12.43	มีเปลวไฟ		13.14	ควันสีขาวปนเหลือง	
12.44	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	13.15	ควันสีขาวปนเหลือง	
12.45	มีเปลวไฟ	ลมเป่า	13.16	ควันสีขาวปนเหลือง	
12.46	ควันสีขาวปนเหลือง		13.17	มีเปลวไฟ	ถ่านออก
12.47	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	13.18	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
12.48	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	13.19	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
12.49	มีเปลวไฟ		13.20	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
12.50	มีเปลวไฟ		13.21	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
12.51	มีเปลวไฟ	ถ่านออก	13.22	ควันสีขาวปนเหลือง	
12.52	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	13.23	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
12.53	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	13.24	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
12.54	ควันเหลืองหนา		13.25	มีเปลวไฟ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 การเปลี่ยนแปลงขณะเผากะลามะพร้าวด้วยต้นแบบเตาเผาถ่าน การทดลองครั้งที่ 2 (ต่อ)

เวลา (น.)	การเปลี่ยนแปลง	หมายเหตุ	เวลา (น.)	การเปลี่ยนแปลง	หมายเหตุ
13.26	ควันเหลืองหนา				
13.27	มีเปลวไฟ				
13.28	มีเปลวไฟ				
13.29	มีเปลวไฟ	ถ่านออก			
13.30	มีเปลวไฟ	ลมเป่า			
13.31	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า			
13.32	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า			
13.33	ควันเหลืองหนา				
13.34	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า			
13.35	มีเปลวไฟ	ลมเป่า			
13.36	มีเปลวไฟ				
13.37	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า			
13.38	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า			
13.39	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า			
13.40	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า			
13.41	ควันสีขาวปนเหลือง	หยุดป้อนกะลา			
13.42	ควันสีขาวปนเหลือง				
13.44	มีเปลวไฟ				
13.45	มีเปลวไฟ				
13.46	ควันสีขาวปนเหลือง				
13.47	มีเปลวไฟ				
13.48	มีเปลวไฟ				
13.49	ถ่านสุกทั้งหมด	ถ่านออก			
13.50	นำถ่านออกจากถังเก็บถ่าน				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 การเปลี่ยนแปลงขณะเผากะลามะพร้าวด้วยต้นแบบเตาเผาถ่าน การทดลองครั้งที่ 3

เวลา (น.)	การเปลี่ยนแปลง	หมายเหตุ	เวลา (น.)	การเปลี่ยนแปลง	หมายเหตุ
10.20	ใส่เชื้อไฟในห้องเผาไหม้		10.51	มีเปลวไฟ	
10.21	เติมกะลา 2 กก.		10.52	มีเปลวไฟ	
10.22	จุดไฟ		10.53	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
10.23	ควันสีขาวหนา	ลมเป่า	10.54	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
10.24	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	10.55	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
10.25	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	10.56	มีเปลวไฟ	ถ่านออก
10.26	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	10.57	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
10.27	มีเปลวไฟ		10.58	ควันสีขาวปนเหลือง	
10.28	มีเปลวไฟ	ลมเป่า	10.59	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
10.29	มีเปลวไฟ	ลมเป่า	11.00	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
10.30	ควันสีขาวปนเหลือง		11.01	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
10.31	ควันสีขาวปนเหลือง		11.02	ควันสีขาวปนเหลือง	
10.32	ควันสีขาวปนเหลือง		11.03	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
10.33	มีเปลวไฟ		11.04	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
10.34	มีเปลวไฟ		11.05	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
10.35	มีเปลวไฟ		11.06	มีเปลวไฟ	ลมเป่า
10.36	ควันสีขาวปนเหลือง		11.07	มีเปลวไฟ	
10.37	ควันสีขาวปนเหลือง		11.08	มีเปลวไฟ	ถ่านออก
10.38	มีเปลวไฟ		11.09	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
10.39	มีเปลวไฟ		11.10	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
10.40	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	11.11	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
10.41	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	11.12	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
10.42	ควันเหลืองหนา		11.13	มีเปลวไฟ	
10.43	มีเปลวไฟ		11.14	มีเปลวไฟ	
10.44	มีเปลวไฟ		11.15	ควันสีขาวปนเหลือง	
10.45	มีเปลวไฟ	ถ่านออก	11.16	ควันเหลืองหนา	
10.46	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	11.17	ควันสีขาวปนเหลือง	
10.47	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	11.18	มีเปลวไฟ	
10.48	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	11.19	มีเปลวไฟ	ถ่านออก
10.49	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	11.20	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
10.50	ควันสีขาวปนเหลือง		11.21	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 การเปลี่ยนแปลงขณะเผากะลามะพร้าวด้วยต้นแบบเตาเผาถ่าน การทดลองครั้งที่ 3 (ต่อ)

เวลา (น.)	การเปลี่ยนแปลง	หมายเหตุ	เวลา (น.)	การเปลี่ยนแปลง	หมายเหตุ
11.22	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	11.53	มีเปลวไฟ	
11.23	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	11.54	มีเปลวไฟ	
11.24	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	11.55	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
11.25	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	11.56	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
11.26	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	11.57	มีเปลวไฟ	ลมเป่า
11.27	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	11.58	มีเปลวไฟ	ถ่านออก
11.28	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	11.59	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
11.29	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	12.00	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
11.30	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	12.01	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
11.31	มีเปลวไฟ	ลมเป่า	12.02	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
11.32	มีเปลวไฟ		12.03	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
11.33	มีเปลวไฟ	ถ่านออก	12.04	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
11.34	ควันสีขาวปนเหลือง		12.05	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
11.35	ควันเหลืองหนา		12.06	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
11.36	ควันเหลืองหนา		12.07	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
11.37	ควันสีขาวปนเหลือง		12.08	มีเปลวไฟ	ลมเป่า
11.38	ควันสีขาวปนเหลือง		12.09	มีเปลวไฟ	ลมเป่า
11.39	มีเปลวไฟ		12.10	ควันสีขาวปนเหลือง	ถ่านออก
11.40	มีเปลวไฟ		12.11	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
11.41	ควันสีขาวปนเหลือง		12.12	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
11.42	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	12.13	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
11.43	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	12.14	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
11.44	มีเปลวไฟ		12.15	มีเปลวไฟ	
11.45	มีเปลวไฟ		12.16	ควันสีขาวปนเหลือง	
11.46	มีเปลวไฟ	ถ่านออก	12.17	ควันเหลืองหนา	
11.47	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	12.18	มีเปลวไฟ	
11.48	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	12.19	มีเปลวไฟ	
11.49	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	12.20	มีเปลวไฟ	ถ่านออก
11.50	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	12.21	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
11.51	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	12.22	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
11.52	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	12.23	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 การเปลี่ยนแปลงขณะเผากะลามะพร้าวด้วยต้นแบบเตาเผาถ่าน การทดลองครั้งที่ 3 (ต่อ)

เวลา (น.)	การเปลี่ยนแปลง	หมายเหตุ	เวลา (น.)	การเปลี่ยนแปลง	หมายเหตุ
12.24	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	12.55	มีเปลวไฟ	
12.25	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	12.56	มีเปลวไฟ	ถ่านออก
12.26	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	12.57	ควันสีขาวปนเหลือง	
12.27	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	12.58	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
12.28	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	12.59	มีเปลวไฟ	ลมเป่า
12.29	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	13.00	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
12.30	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	13.01	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
12.31	มีเปลวไฟ		13.02	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
12.32	มีเปลวไฟ		13.03	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า
12.33	มีเปลวไฟ	ถ่านออก	13.04	มีเปลวไฟ	ลมเป่า
12.34	ควันเหลืองหนา		13.05	มีเปลวไฟ	
12.35	ควันสีขาวปนเหลือง		13.06	ควันสีขาวปนเหลือง	
12.36	ควันสีขาวปนเหลือง		13.07	มีเปลวไฟ	
12.37	ควันสีขาวปนเหลือง		13.08	มีเปลวไฟ	
12.38	ควันเหลืองหนา		13.09	มีเปลวไฟ	ถ่านออก
12.39	ควันเหลืองหนา		13.10	ควันสีขาวปนเหลือง	
12.40	ควันเหลืองหนา		13.11	ควันสีขาวปนเหลือง	
12.41	ควันสีขาวปนเหลือง		13.12	ควันเหลืองหนา	
12.42	มีเปลวไฟ		13.13	ควันเหลืองหนา	
12.43	มีเปลวไฟ		13.14	ควันสีขาวปนเหลือง	
12.44	มีเปลวไฟ	ถ่านออก	13.15	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
12.45	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	13.16	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
12.46	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	13.17	ควันสีขาวปนเหลือง	
12.47	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	13.18	ควันเหลืองหนา	
12.48	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า	13.19	ควันเหลืองหนา	
12.49	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	13.20	มีเปลวไฟ	
12.50	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า	13.21	มีเปลวไฟ	ถ่านออก
12.51	มีเปลวไฟ	ลมเป่า	13.22	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
12.52	ควันสีขาวปนเหลือง		13.23	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
12.53	มีเปลวไฟ		13.24	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า
12.54	มีเปลวไฟ		13.25	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 การเปลี่ยนแปลงขณะเผากะลามะพร้าวด้วยต้นแบบเตาเผาถ่าน การทดลองครั้งที่ 3 (ต่อ)

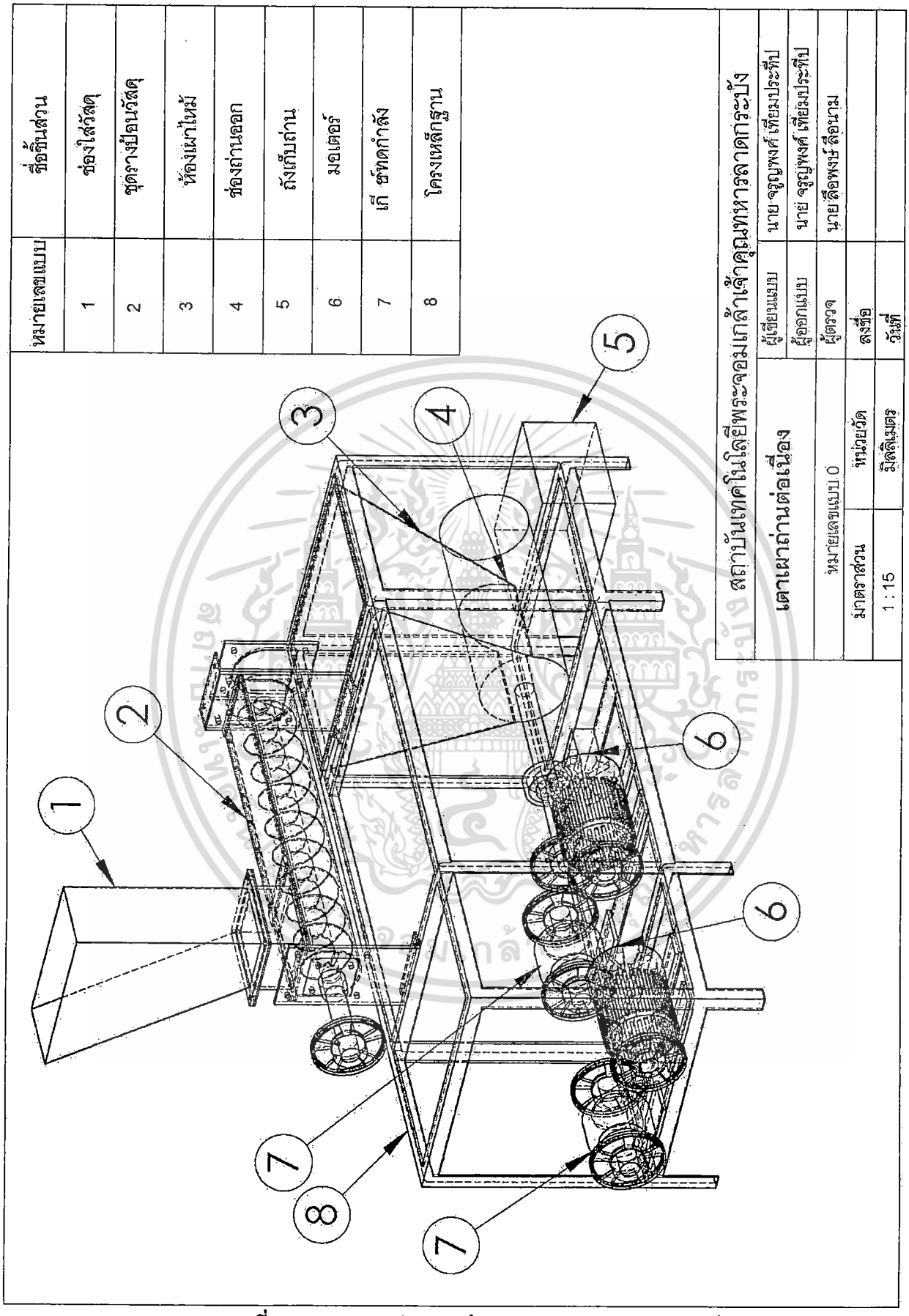
เวลา (น.)	การเปลี่ยนแปลง	หมายเหตุ	เวลา (น.)	การเปลี่ยนแปลง	หมายเหตุ
13.26	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า			
13.27	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า			
13.28	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า			
13.29	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า			
13.30	มีเปลวไฟ	ลมเป่า			
13.31	มีเปลวไฟ	ลมเป่า			
13.32	มีเปลวไฟ	ถ่านออก			
13.33	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า			
13.34	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า			
13.35	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า			
13.36	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า			
13.37	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า			
13.38	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า			
13.39	ควันเหลืองหนา	ลมเป่า			
13.40	มีเปลวไฟ				
13.41	มีเปลวไฟ				
13.42	มีเปลวไฟ	ถ่านออก			
13.44	ควันเหลืองหนา				
13.45	ควันเหลืองหนา				
13.46	ควันเหลืองหนา				
13.47	ควันสีขาวปนเหลือง	หยุดป้อนถ่าน			
13.48	ควันสีขาวปนเหลือง	ลมเป่า			
13.49	ควันสีขาวปนเหลือง				
13.50	มีเปลวไฟ				
13.51	มีเปลวไฟ				
13.52	ถ่านสุกทั้งหมด	ถ่านออก			
13.53	นำถ่านออกจากถังเก็บถ่าน				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

แบบภาพประกอบต้นแบบเตาเผาถ่านกะลามะพร้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ค.1 แบบภาพประกอบต้นแบบเตาเผาถ่านกะลามะพร้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้