20222

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวในเตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่อง

Study of Coconut Shell Charcoal Production by Semi-continuous Method.

T096063

โดย

นายจรูญพงศ์ เทียมประทีป

เสนอ

ภาควิชาเทคนิคเกษตร

คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กทม.

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (พัฒนาการเกษตร)

พ.ศ. 2548

ปพ.
ว1ห6ก
2548

สขหมู่.....
สขทะเบียน.....T096063
วัน,เดือน,ปี.....1 JUN 2009

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

ภาควิชาเทคนิคเกษตร

คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กทม.

เรื่อง

การศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวในเตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่อง

Study of Coconut Shell Charcoal Production by Semi-continuous Method.

โดย

นาย จรูญพงศ์ เทียมประทีป

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร

วท.บ. (พัฒนาการเกษตร)

เมื่อวันที่ 21 เดือน เมษายน พ.ศ. 2548

ประธานกรรมการปัญหาพิเศษ ..... 1 / พ.ค. / 2548

(อาจารย์ ลือพงษ์ ลือนาม)

กรรมการปัญหาพิเศษ ..... 13 / พ.ค. / 48

(ผศ. พีรชัย กุลชัย)

หัวหน้าภาควิชา ..... 13 / พ.ค. / 48

(อาจารย์ สุขุมาภรณ์ ขันธ์ศรี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

เรื่อง : การศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวในเตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่อง

โดย : นาย จรูญพงศ์ เทียมประทีป

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตรบัณฑิต (พัฒนาการเกษตร)

สาขาวิชาเอก : พัฒนาการเกษตร

ประธานกรรมการปัญหาพิเศษ : .....

(อาจารย์ลือพงษ์ ลือนาม)

1 / ต.ค. / 2558

สถานการณ์ในปัจจุบันประเทศไทยเริ่มมาให้ความสำคัญกับการหาพลังทดแทน โดยการศึกษาได้ทำการศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าว ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ให้ค่าความร้อนสูงสุดโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกรรมวิธีการผลิตถ่านกะลามะพร้าว ให้มีผลผลิตและประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น และออกแบบเตาเผาให้มีผลผลิต ประสิทธิภาพ และลดอุปสรรคที่เป็นอันตรายลง เพราะการเผาถ่านกะลามะพร้าวโดยใช้ถังน้ำมัน 200 ลิตร ในปัจจุบัน การจุดเตาเป็นขั้นตอนที่ยุ่งยากลำบากซึ่งต้องล้มถังในการจุด เมื่อไฟติดต้องยกถังตั้งอีก ซึ่งในการเติมกะลามะพร้าวต้องปะทะกับควันและความร้อนจากเผา ต้องเติมหลายครั้งต่อถังเพื่อให้ได้ถ่านเติมถัง ซึ่งใช้เวลาในการเผานานถึง 7.24 ชั่วโมง จากนั้นทำการลดอุณหภูมิต้องใช้น้ำลด ทำให้ถ่านที่ได้ต้องเสียเวลานำไปผึ่งแดดเพื่อลดความชื้นอีกก่อนจำหน่าย ซึ่งต้องพักถ่านไว้ในถังผลผลิตที่ได้คิดเป็น 29 %

การทดสอบหาเชื้อไฟเบื้องต้น ใช้เวลาในการเผาเป็นเชื้อไฟในการทดสอบที่น้ำหนักกะลามะพร้าว 2 และ 3 กิโลกรัม ใช้เวลาเท่ากันคือ 8.33 นาที ซึ่งผลผลิตเชื้อไฟในการทดสอบที่ 2 กิโลกรัม ได้ผลผลิตเชื้อไฟสูงสุด 5 % ส่งผลประสิทธิภาพการเผาเป็นเชื้อไฟได้ค่าสูงสุดถึง 83.56 %

การทดสอบการเผาถ่านโดยใช้เตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่องต้นแบบ ทั้งสภาวะเปิดฝาและปิดฝา เปรียบเทียบกับการเผาแบบชาวบ้าน การจุดเตาของเตาแบบกึ่งต่อเนื่องสามารถทำได้ง่ายและสะดวก เพราะไม่ต้องล้มถังลดเวลาในการจุดเตาและอันตรายจากการยกถังตั้ง โดยการเผาในสภาวะปิดฝาสามารถเผาได้รวดเร็วที่สุดในการทดสอบเพียง 30 นาที ได้ผลผลิตถ่าน 1.40 กิโลกรัม และสภาวะปิดฝาเตาใช้เวลา 44.4 นาที ได้ผลผลิตถ่าน 1.46 กิโลกรัม แต่การเผาแบบชาวบ้านใช้เวลามากถึง 48 นาที ได้ผลผลิตถ่าน 3.34 กิโลกรัม โดยที่การนำถ่านออกจากเตาทั้งเผาในสภาวะเปิดฝาและปิดฝาง่ายและรวดเร็วใช้เวลาเพียง 0.20 นาที ซึ่งเร็วกว่าการเผาแบบชาวบ้าน ทำให้ลดเวลาในการนำถ่านออกจากเตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือของบุคคลหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ท่านอาจารย์ ลือพงษ์ ลือนาม ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและประธานกรรมการปัญหาพิเศษที่ให้คำปรึกษาแนะนำ ให้ความรู้ และความช่วยเหลือต่าง ๆ ตลอดจนความเอาใจใส่ดูแลและช่วยตรวจสอบการดำเนินการจัดทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้อย่างสม่ำเสมอ ตั้งแต่เริ่มทำจนการทดสอบเสร็จสิ้น ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบพระคุณ ไว้ ณ ที่นี้เป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ท่านอาจารย์ พีรชัย กุลชัย ซึ่งเป็นกรรมการปัญหาพิเศษที่กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือในการตรวจทานแก้ไขที่เป็นประโยชน์

ขอขอบพระคุณ คุณ รุ่งโรจน์ อยู่ทอง เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการช่างกลเกษตร ภาควิชาเทคนิคเกษตร ที่ให้ความสะดวกในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการสร้างชุดทดสอบ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการศึกษาในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ บิดามารดา ที่เป็นกำลังใจ และให้ทุนตลอดระยะเวลาในการศึกษา

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ และเพื่อน ๆ ของภาควิชาเทคนิคเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่มีส่วนช่วยให้การดำเนินการศึกษาปัญหาพิเศษในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

นอกจากนี้ยังมีบุคคลที่เกี่ยวข้องอีกหลายท่าน ซึ่งไม่อาจกล่าวนามของท่านได้หมดในที่นี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณท่านทั้งหลายไว้ ณ โอกาสนี้

จรูญพงศ์ เทียมประทีป

เมษายน 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	(ก)
สารบัญภาพ	(ข)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการศึกษา	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
ขอบเขตและข้อจำกัดการศึกษา	3
บทที่ 2 การตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
มะพร้าว	4
หลักการเผาไหม้	7
หลักการเตาเผาถ่าน	10
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15
บทที่ 3 วิธีการศึกษา	17
การศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวโดยใช้ถังน้ำมัน 200 ลิตร	17
การศึกษาออกแบบสร้างเตาชุดทดสอบ	19
การศึกษาคุณสมบัติของกะลามะพร้าวและการทดสอบหาเชื้อไฟเริ่มต้น	23
การศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวโดยใช้เตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่อง	26
การศึกษาการวิเคราะห์ข้อมูล	30
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	35
การศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวโดยใช้ถังน้ำมัน 200 ลิตร	35
เตาเผาถ่านกะลามะพร้าวแบบกึ่งต่อเนื่องต้นแบบ	38
การศึกษาคุณสมบัติของกะลามะพร้าวและการทดสอบหาเชื้อไฟเริ่มต้น	41
การศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวโดยใช้เตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่อง	46
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	58
สรุปผลการวิจัย	58
ข้อเสนอแนะ	57
เอกสารอ้างอิง	59
ภาคผนวก	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	มะพร้าว ต่อ เนื้อที่ ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ ราคาและมูลค่าของผลผลิตตามราคาที่เกษตรกรขายได้ พ.ศ. 2537 – 2545	5
2	ผลการวิเคราะห์การศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวโดยใช้ถังน้ำมัน 200 ลิตร	38
3	ผลการวิเคราะห์การทดสอบหาเชื้อไฟเบื้องต้น	44
4	ผลการวิเคราะห์การทดสอบ	52
ตารางภาคผนวกที่		
1	การศึกษาการผลถ่านเบื้องต้นแบบถังน้ำมัน 200 ลิตร	62
2	ความชื้นของถ่านกะลามะพร้าวหลังเทออกจากถัง	63
3	ความชื้นของกะลามะพร้าวและถ่านกะลามะพร้าว	64
4	การศึกษาหาปริมาณเชื้อไฟเริ่มต้น	65
5	การศึกษาความหนาแน่นของกะลามะพร้าว	66
6	การเปรียบเทียบปริมาณถ่านขณะร้อนกับถ่านที่เย็น	67
7	การศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวในเตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่อง 2 สภาวะ	68
8	การศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวในเตาถังน้ำมันแบบชาวบ้าน	69
9	การทดสอบหาความหนาแน่นของถ่านกะลามะพร้าว	70
10	ค่าความชื้นในการหาเชื้อไฟ	71
11	การศึกษาความชื้นของกะลามะพร้าวและถ่านกะลามะพร้าว	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แบบสร้างเตาชุดทดสอบ	20
2	ส่วนที่อบไล่ความชื้น	21
3	ส่วนที่เกิดการเผาไหม้	22
4	ตะแกรงรังผึ้งดินเผาและที่ดึง	22
5	ถังเก็บถ่านและฝาปิด	23
6	สภาพทั่วไป	35
7	กะลามะพร้าวเปียกฝน	35
8	ขั้นตอนการเผาถ่านแบบชาวบ้าน	37
9	ส่วนประกอบเตาทดสอบหาเชื้อไฟ	39
10	ส่วนประกอบเตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่อง	40
11	ขั้นตอนการศึกษาคุณสมบัติของกะลามะพร้าว	41
12	ขั้นตอนการทดสอบหาเชื้อไฟ	42
13	กราฟแสดงผลการวิเคราะห์การทดสอบหาเชื้อไฟ	45
14	ขั้นตอนการศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวโดยใช้เตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่องในสภาวะที่เปิดฝา	47
15	ขั้นตอนการศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวโดยใช้เตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่องในสภาวะที่ปิดฝา	48
16	ขั้นตอนการศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวโดยใช้เตาถังน้ำมันแบบชาวบ้าน	49
17	กราฟแสดงผลการวิเคราะห์การทดสอบ	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ (Introduction)

ความสำคัญปัญหาพิเศษ

ปัจจุบันแต่ละประเทศมีความต้องการที่จะพัฒนาและขยายตัวทางด้านอุตสาหกรรม เพื่อความอยู่รอดของประเทศ ยิ่งมีการแข่งขันด้านการพัฒนาอุตสาหกรรมมากขึ้นเท่าไร ยิ่งมีการใช้พลังงานในปริมาณเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งพลังงานเหล่านี้ส่วนใหญ่แล้วได้มาจากแหล่งที่อยู่ตามธรรมชาติทั้งสิ้น เช่น น้ำมันปิโตรเลียม ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ โดยที่เชื้อเพลิงเหล่านี้นับวันจะลดน้อยลงอย่างรวดเร็ว ตลอดจนเป็นพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป

ไทยเป็นประเทศหนึ่งที่กำลังอยู่ในช่วงที่มีการพัฒนาด้านอุตสาหกรรม และมีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว ในทางกลับกันปัจจุบันประเทศไทยกำลังเผชิญปัญหาในด้านพลังงานเนื่องจากไม่มีแหล่งพลังงานในประเทศที่เพียงพอ จึงจำเป็นที่จะต้องนำเข้าพลังงานในราคาที่สูงขึ้นเรื่อยๆ อย่างไม่มีทีท่าว่าจะลดระดับราคาลง เพราะความต้องการในการใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้น แต่ทรัพยากรที่ให้พลังงานลดลงอย่างรวดเร็ว ส่งผลกระทบต่อสภาวะทางเศรษฐกิจของประเทศ จนทำให้บางอุตสาหกรรมมีการประยุกต์สิ่งที่เหลือใช้ทางการเกษตรมาแปรรูปให้เป็นพลังงาน ซึ่งด้วยประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม จึงมีสิ่งเหลือใช้ทางการเกษตรอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งเรียกพลังงานที่ได้ว่า พลังงานชีวมวล

พลังงานชีวมวลหรือพลังงานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นทางเลือกหนึ่งในการนำมาใช้ทดแทนพลังงานจากน้ำมัน ซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมากในประเทศ โดยมีออกมาอย่างต่อเนื่องและมีราคาถูก ซึ่งเป็นการช่วยลดปัญหาในการจัดการหรือกำจัดทิ้งและเป็นการลดการนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ ตลอดจนสอดคล้องกับแผนงานวิจัยของชาติปี 2545-2549 ในโครงการวิจัยเกี่ยวกับพลังงานทดแทนและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ (สำนักงานคณะกรรมมาการวิจัยแห่งชาติ , 2545)

จากรายงานกระบวนการผลิตทางการเกษตรของไทย อันได้มาซึ่งผลผลิตต่างๆ ส่งออกไปต่างประเทศมีมูลค่าปีละหลายพันล้านบาท เป็นส่วนทำให้เกิดวัสดุทางการเกษตรจำนวนมาก ที่สามารถนำมาใช้ทดแทนพลังงาน ซึ่งจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรของพืช 10 ชนิด อันได้แก่ มะพร้าว ปาล์มน้ำมัน อ้อย ข้าว มันสำปะหลัง ฝ้าย ข้าวโพด ถั่วลิสง ถั่วเหลือง และข้าวฟ่าง ในปี พ.ศ.2543 พบว่าปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรประมาณ 63 ล้านตัน ใช้เป็นเชื้อเพลิง และวัตถุประสงค์อื่นๆ ประมาณ 16 ล้านตัน ส่วนที่ยังไม่ได้ใช้ให้เกิดประโยชน์ประมาณ 48 ล้านตัน (พลังงานชีวมวล : 2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มะพร้าวเป็นพืชเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งที่มีการปลูกอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศ โดยเฉพาะภาคใต้ของไทยที่ปลูกมาก โดยมีการปลูกมากกว่า 3 ล้านไร่ (พเยาว์ รอดโพธิ์ทอง , 2539) ซึ่งมีผลผลิตออกหมุนเวียนตลอดทั้งปี โดยผลผลิตส่วนใหญ่ที่ได้ถูกส่งไปยังโรงงานแปรรูปผลิต น้ำมันมะพร้าวและกะทิสำเร็จรูป ซึ่งสิ่งที่เหลือทิ้งจากโรงงานคือส่วนของกะลามีปริมาณมากกว่า860 ตัน (สถานะภาพการใช้พลังงานชีวมวล : 2004) โดยที่กะลามะพร้าวมีคุณสมบัติติดไฟได้ง่ายและลุกไหม้อย่างรวดเร็ว ซึ่งสามารถนำมาทำเชื้อเพลิงได้เป็นอย่างดี จากการศึกษาพบว่า กะลามะพร้าว 1 กิโลกรัม ที่ความชื้น 12 % จะให้ค่าความร้อน 16,800 กิโลจูล (องค์ประกอบของพลังงานชีวมวลที่นำมาผลิตไฟฟ้า : 2002) และถ่านที่ได้มีโครงสร้างเป็นรูพรุนมากกว่าได้จากการเผาวัสดุอื่นๆ ทำให้ติดไฟง่าย จึงเป็นที่ต้องการของตลาดถ่านอัดแท่งและอุตสาหกรรมแล้ว ยังสามารถนำไปกระตุ้นให้เป็นถ่านกัมมันต์ ทำให้มีคุณสมบัติในการดูดซับ กลิ่น สี และสารเคมีเพิ่มขึ้น ซึ่งถ่านกัมมันต์ที่ได้จะมีความแกร่งสูงกว่าถ่านกัมมันต์ที่ทำจากวัตถุดิบอื่น (สุนัน ศศิวิมลพันธ์ และสมชาย วงศ์วิเศษ , 2533) ส่งผลให้เป็นที่ต้องการของโรงงานอุตสาหกรรม น้ำตาลทราย อาหาร เครื่องดื่มและแอลกอฮอล์ อุตสาหกรรมทำน้ำให้บริสุทธิ์ เป็นต้น (นิรนาม , 2535) จึงทำให้ถ่านกะลามะพร้าวมีบทบาทมากขึ้น ตลอดจนหาได้ง่ายและมีราคาถูก

ปัจจุบันการเผาถ่านจากกะลามะพร้าว แบบที่นิยม คือการใช้ถังน้ำมัน 200 ลิตร มาทำตัวเตา โดยเริ่มจากใส่กะลาที่ทำการตากแดด 1-2 วัน เพื่อลดความชื้น จากนั้นราดน้ำมันก๊าดจุดไฟแล้วค่อยๆ เติมกะลามะพร้าว ปล่อยทิ้งไว้สังเกตควันที่พุ่งออกมา เมื่อมีไฟลุกแสดงว่ากะลาชั้นล่างได้ถูกเผาแล้วเหลือกะลาชั้นบน โดยใช้ไม้คนกะลาในถัง แล้วปล่อยทิ้งไว้ 5-10 นาที จึงใส่กะลาใหม่และเมื่อมีควันและไฟลุกก็ทำตามขั้นตอนเดิม โดยรอเติมไปเรื่อยๆ จนได้ถ่านเติมถัง จะใช้เวลาประมาณ 15 ชั่วโมง จากนั้นทำการปิดฝาถังแล้วใช้กระสอบป่านชุบน้ำคลุมทับอีกชั้น ซึ่งต้องปิดฝาถังให้สนิทไม่ให้อากาศเข้าทิ้งไว้ 1 คืน การเผาแต่ละจะทำครั้งละ 5-10 ถัง เป็นอย่างน้อยเพื่อให้ได้ถ่านในปริมาณที่มากพอ และสถานที่เผาถ่านควรไกลจากเขตชุมชน (นิรนาม , 2543)

การเผาถ่านจากกะลามะพร้าวแบบที่นิยมกันมีขั้นตอนที่เป็นอุปสรรคและต้องใช้เวลานานในการปฏิบัติงานรวมทั้งต้องเข้าไปใส่กะลาในถังและคนถ่านในถังที่มีความร้อนสูงมาก ทำให้ต้องปะทะกับความร้อนตลอดจนเขม่าควันที่โพยพุ่งออกมา ซึ่งมีส่วนผสมของขี้เถ้าและก๊าซที่เป็นอันตรายหลายชนิด ส่งผลทำให้ผิวหนังแสบร้อน ร่างกายขาดออกซิเจน สำลักและอาจหมดสติได้ (วิฑูรย์ สิมะโชคดี และวีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์ , 2546)

เนื่องจากปัญหาการขาดแคลนพลังงาน จนทำให้ต้องหันมาใช้พลังงานทดแทน โดยพลังงานจากกะลามะพร้าว เมื่อนำมาเผาจะให้พลังงานความร้อนที่สูง และถ่านที่ได้จากการเผายังเป็นที่ต้องการของอุตสาหกรรมถ่านอัดแท่งและอุตสาหกรรมผลิตเครื่องอุปโภคบริโภค แต่การผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อให้ได้มาซึ่งถ่านกะลามะพร้าวยังมีขั้นตอนที่เป็นอุปสรรคและใช้เวลานาน โดยต้องทนกับความร้อนและเขม่าควันที่เป็นอันตราย ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาปรับปรุงวิธีการผลิตถ่านกะลามะพร้าว เพื่อลดอุปสรรคและเพิ่มประสิทธิภาพ รวมถึงลดการปะทะกับควันและความร้อน ทำให้ลดความเสี่ยงกับเกษตรกรผู้ผลิตถ่านจากกะลามะพร้าว และส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น ตลอดจนเป็นพลังงานทดแทนการใช้พลังงานที่นำเข้า และตอบสนองต่อการขยายตัวของอุตสาหกรรมเครื่องอุปโภคบริโภคในปัจจุบันและอนาคต

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาวิธีการปรับปรุงกรรมวิธีการผลิตถ่านจากกะลามะพร้าว ให้มีผลผลิต และประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้น
2. เพื่อพัฒนาออกแบบเตาเผาถ่านจากกะลามะพร้าว โดยเน้นให้มีผลผลิต ประสิทธิภาพ ลดอุปสรรคและลดอันตรายในการปฏิบัติงาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. พัฒนาเตาเผาถ่านกะลามะพร้าวให้มีผลผลิตและประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น
2. พัฒนาเตาเผาถ่านกะลามะพร้าวให้มีอุปสรรคและอันตรายในการปฏิบัติงานลดลง
3. ลดระยะการทำงานของเกษตรกรผู้ผลิตถ่านจากกะลามะพร้าวและมีรายได้เพิ่มขึ้นจากเดิม
4. สามารถนำวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตรมาทำให้เกิดประโยชน์เพิ่มขึ้น

ขอบเขตและข้อจำกัดของการศึกษา

1. รวบรวมข้อมูลผลผลิตมะพร้าวในปี 2537-2545 ที่ผ่านมา
2. ศึกษาหลักการและทฤษฎีการเผาไหม้ของเตาแบบต่างๆ
3. ศึกษากรรมวิธีการเผาถ่านกะลามะพร้าวจากถังน้ำมัน 200 ลิตร
4. ออกแบบและสร้างชุดทดสอบการเผาถ่านกะลามะพร้าวต้นแบบ
5. ศึกษาความหนาแน่น และความชื้น ของกะลามะพร้าวและถ่านกะลามะพร้าว
6. การทดสอบเตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่อง
7. วิเคราะห์ สรุปผล และเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
การตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้อง (Review of Related Literature)

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาหลักการ ข้อมูล และงานวิจัยต่างๆ โดยสามารถแบ่งแยกเป็นออกส่วนๆ คือ

2.1 มะพร้าว

2.2 หลักการเผาไหม้

2.3 หลักการเตาเผาถ่าน

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาดังกล่าว ได้มีการรวบรวมข้อมูลในการศึกษาจัดทำปัญหาพิเศษ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 มะพร้าว

2.1.1 ความเป็นมา

มะพร้าว เป็นพืชยืนต้น ใบเลี้ยงเดี่ยวตระกูลปาล์ม มีการปลูกกันอย่างแพร่หลายและเจริญเติบโตได้ดีในแถบร้อนที่มีฝนตกชุก โดยเฉพาะทางภาคใต้ของไทย เช่น จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร และสุราษฎร์ธานี เป็นต้น ซึ่งมีเนื้อที่ทำการเพาะปลูกมะพร้าวประมาณ 3 ล้านไร่ (พเยาว์ รอดโพธิ์ทอง , 2539) โดยส่วนที่นำไปใช้มากที่สุดคือผลมะพร้าวมีทั้งบริโภคผลแก่ และผลอ่อน ซึ่งผลของมะพร้าวเกิดจากการเจริญเติบโตของดอกตัวเมียที่พัฒนาต้องใช้ระยะเวลา 12-13 เดือน ผลของมะพร้าวจึงจะสุกแก่เต็มที่ โดยในหนึ่งปีจะเก็บผลได้ 3-4 ครั้ง ผลของมะพร้าวประกอบด้วย เปลือกหุ้มผล กาบมะพร้าว กะลามะพร้าว เนื้อมะพร้าว และน้ำมะพร้าว (รัชนี จิตตวานิช , 2532) โดยส่วนของกะลามะพร้าวคิดเป็นสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 25.8 ของน้ำหนักผลรวม (นิรนาม, 2535)

2.1.2 ปริมาณผลผลิตมะพร้าว

ในปีการเพาะปลูกที่ 2543-2544 มีพื้นที่ปลูกมะพร้าวทั้งสิ้น 125,096 ไร่ แบ่งเป็นมะพร้าวบริโภคผลอ่อนร้อยละ 6.53 และมะพร้าวบริโภคผลแก่ร้อยละ 93.47 มีผลผลิตรวม 115,978.93 ตัน คิดเป็นมูลค่ารวมทั้งสิ้น 627.44 ล้านบาท ณ ระดับราคาเฉลี่ย 5.41 บาทต่อกิโลกรัม (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร , 2545)

เนื่องจากมะพร้าวส่วนใหญ่ผลผลิตที่ออกมาส่งเข้าโรงงานแปรรูปเป็น สินค้าอุปโภคบริโภค โดยทางโรงงานจะเอาเนื้อมะพร้าวไปสกัดเอาน้ำมัน ซึ่งหลังขบวนการแปรรูปทำให้เหลือส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของกะลามะพร้าวที่ยังไม่ได้ถูกนำไปใช้เป็นจำนวนมากและขายส่งในราคาที่ถูก (สุนัน ศศิวิมลพันธุ์ และสมชาย วงศ์วิเศษ , 2533)

ตารางที่ 1 เนื้อที่ ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ ราคาและมูลค่าของผลผลิตมะพร้าวตามราคาที่เกษตรกรขายได้ พ.ศ. 2537 - 2545

พ.ศ.	เนื้อที่เพาะปลูก (1,000 ไร่)	เนื้อที่ให้ผล (1,000 ไร่)	ผลผลิต (1,000 ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)	ราคาที่เกษตรกรขายได้ (บาท/ตัน)	มูลค่าของผลผลิตที่เกษตรกรขาย (ล้านบาท)
2537	2,384	2,116	1,435	678	2,704	3,880
2538	2,362	2,096	1,413	674	2,208	3,120
2539	2,351	2,087	1,419	680	3,312	4,700
2540	2,330	2,066	1,386	671	2,600	3,604
2541	-	2,066	1,372	664	4,168	5,718
2542	-	2,048	1,381	674	4,464	6,165
2543	-	2,034	1,400	688	1,984	2,822
2544	-	2,037	1,396	685	1,984	2,770
2545	-	2,043	1,418	694	2,608	3,698

ที่มา : "สถิติการเกษตรของประเทศไทย"(2004)

2.1.3 ประโยชน์จากส่วนต่างๆ ของมะพร้าว

ในประเทศไทย นอกจากการบริโภคมะพร้าวในรูปของผลอ่อน และผลแก่มาทำกะทิในการปรุงอาหารทั้งคาวและหวานแล้วนั้น ได้มีการนำเอาทุกส่วนของมะพร้าวเช่น ราก ลำต้น ใบ ดอก ไม้มะพร้าว เป็นต้น ได้มีการนำเอามาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่สำคัญได้แก่ (พเยาว์ รอดโพธิ์ทอง, 2539)

เส้นใยมะพร้าว ใช้ทำผลิตภัณฑ์ต่อไปนี้คือ เชือก พรมเช็ดเท้า พรมปูพื้น ทำเยื่อกระดาษ ทำแท่งเพาะชำ เป็นส่วนผสมของปุ๋ย ใช้เป็นส่วนผสมในวัสดุก่อสร้างบางชนิด เช่น กระเบื้องแผ่นเรียบ ใช้ทำเครื่องประดับชนิดต่างๆ ทำโฟม ซึ่งสามารถนำไปดัดแปลงให้เป็นเบาะสำหรับเก้าอี้ โซฟา ชุดรับแขก ที่นอน เป็นต้น

เนื้อมะพร้าวแห้ง ได้จากการทำให้เนื้อมะพร้าวเหลือความชื้นน้อยที่สุดคือ ประมาณร้อยละ 6 – 8 แล้วนำไปหีบเป็นน้ำมัน โดยเฉลี่ยแล้วในเนื้อมะพร้าวแห้งจะมีน้ำมันอยู่ประมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อยละ 55 ผลพลอยได้จากการผลิตน้ำมันมะพร้าวคือ กากมะพร้าว สามารถใช้เลี้ยงสัตว์ได้เป็นอย่างดี

เนื้อมะพร้าวอบแห้ง ผลิตขึ้นเพื่อใช้เป็นแป้งมะพร้าวสำหรับป้อนโรงงานผลิตอาหาร เช่น โรงงานขนมปัง โรงงานไอศกรีม เป็นต้น เนื้อมะพร้าวอบแห้งนี้เป็นสิ่งที่ตลาดในยุโรปมีความต้องการมาก เพราะสามารถนำไปเป็นส่วนประกอบในการผลิตอาหารได้มากมายหลายชนิด

น้ำมันมะพร้าว น้ำมันมะพร้าวได้มาจากการหีบเนื้อมะพร้าวแห้ง น้ำมันมะพร้าวแบ่งย่อยได้เป็น น้ำมันสำหรับบริโภค ซึ่งนำไปบริโภคแทนน้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์อื่นๆ นอกจากนี้ยังนำมาเป็นส่วนผสมทำเนยเทียม นมข้น ไอศกรีม เป็นต้น น้ำมันมะพร้าวอีกชนิดหนึ่งนั้นสำหรับใช้ประโยชน์ในการอุปโภค คือการนำเอาไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ชนิดต่างๆ เช่น สบู่ ผงซักฟอก เครื่องสำอาง ใช้ทำเชื้อเพลิงเดินเครื่องยนต์ เป็นต้น

กากมะพร้าว กากมะพร้าวเป็นผลพลอยได้จากการหีบน้ำมันมะพร้าวใช้เลี้ยงสัตว์โดยเฉพาะโคนมได้เป็นอย่างดี เนื่องจากยังมีธาตุอาหารโปรตีนหลงเหลืออยู่อีกเป็นจำนวนมาก

ถ่านไม้มะพร้าว นำไม้มะพร้าวต้นแก่อายุมากกว่า 50 ปีที่ไม่ให้ผลผลิตแล้วหรือให้น้อยมากมาตัดเป็นท่อน ๆ ยาวท่อนละ 30 – 50 ซม. โดยแบ่งแยกเป็นท่อนโคน ท่อนกลาง และท่อนปลายตามลำดับ โดยแบ่งท่อนโคนออกเป็น 4 ส่วนตามความยาว ส่วนอื่นๆ ผ่าแบ่งออกเป็น 2 ส่วนตามความยาวเช่นกัน นำไม้มะพร้าวที่ผ่าเรียบร้อยแล้วมาตากให้แห้งโดยวางเป็นชั้นๆ ให้ส่วนของเปลือกอยู่ด้านบน การตากแห้งควรตากให้นานเท่าที่จะนานได้ เพื่อให้ความชื้นลดลงก่อนที่จะนำมาเผาเช่นเดียวกับการเผาถ่านกะลามะพร้าว เตาที่ใช้เผา ได้แก่ เตาเผาถ่านเคลื่อนที่แบบมาร์ค วี ระยะเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้สำหรับไม้มะพร้าวที่ผ่าซีกโดยเฉลี่ยประมาณ 29 ซม.

ถ่านกะลามะพร้าว วิธีผลิตถ่านกะลามะพร้าวที่ง่ายที่สุดคือนำถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร เปิดฝาด้านบนออก แล้วสุมไฟในถังด้านล่าง พอไฟติดดีแล้วค่อยๆ ทยอยใส่กะลามะพร้าวลงไปจนกว่าจะเต็ม เมื่อกะลาลุกไหม้เกือบหมดจึงปิดฝาถังให้แน่นเพื่อไม่ให้อากาศเข้า ปล่อยไว้ให้เย็นจะได้ถ่านกะลามะพร้าวซึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ตามต้องการ

การผลิตถ่านจากส่วนอื่นของมะพร้าวสามารถทำได้ เช่นกัน แต่จะประสบปัญหาในการรวบรวม วัตถุดิบ เพราะอยู่กระจัดกระจายตามท้องถิ่น ตลอดจนมีปริมาณไม่มากพอ จึงเหมาะสมที่จะเป็นเชื้อเพลิงเสริมมากกว่า (อนงค์ ริมสินธุ, 2547)

ถ่านที่ได้จากกะลามะพร้าวจะมีรูพรุนอยู่มาก ซึ่งรูพรุนเหล่านี้มีขนาดเล็กและละเอียดมาก เมื่อนำมาทำเป็นเชื้อเพลิงจะเกิดการลุกไหม้อย่างรวดเร็วและให้ความร้อนสูง โดยคุณสมบัติที่ดีของถ่านกะลาคือ สามารถดูดซับกลิ่น สี และสารเคมี ได้เป็นอย่างดี สามารถนำมาทำเป็นหน้ากากป้องกันก๊าซพิษ เครื่องดูดความชื้น และกลิ่นอับต่าง เช่น ในตู้เย็นและรถยนต์ รวมทั้งที่กันกรองบุหรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องกรองสารละลาย เป็นต้น ถ่านกะลามะพร้าวมีลักษณะแข็งแกร่งเป็นมัน เมื่อนำไปบดเป็นเม็ดๆ แล้วนำไปกระตุ้นด้วนไอน้ำหรือสารเคมี จะได้ถ่านกัมมันต์ ที่มีความแกร่งสูงกว่าถ่านกัมมันต์ที่ทำจากถ่านที่เผาจากวัสดุอื่น (สุนัน ศศิวิมลพันธุ์ และสมชาย วงศ์วิเศษ, 2533) โดยถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้สามารถแบ่งออกตามลักษณะรูปร่างได้ 2 ชนิด คือ

1. ชนิดที่เป็นผงละเอียดอุตสาหกรรมที่ใช้ เช่น อุตสาหกรรมน้ำตาลใช้ในการฟอกสี อุตสาหกรรมผลิตน้ำมันพืชใช้ฟอกสีและทำให้รสดีขึ้น อุตสาหกรรมอาหารใช้ดูดกลิ่นและฟอกสี อุตสาหกรรมเครื่องดื่มใช้ดูดกลิ่น อุตสาหกรรมทำน้ำดื่มบริสุทธิ์ใช้ดูดกลิ่นและสารปนเปื้อน

2. ชนิดที่เป็นเม็ดหรือเกล็ดอุตสาหกรรมที่ใช้ เช่น อุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศใช้ดูดก๊าซที่เป็นอันตราย อุตสาหกรรมทำหน้ากากป้องกันก๊าซพิษ อุตสาหกรรมการนำไอระเหยของตัวทำละลายที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ อุตสาหกรรมการผลิตบุหรี่ใช้กรองควันที่ก้นกรอง

สำหรับถ่านจากกะลามะพร้าวอัดแท่งสามารถใช้ได้ทั้งชนิดที่เป็นผงละเอียดและชนิดที่เป็นเม็ดหรือเกล็ด ซึ่งแนวโน้มของตลาดการบริโภคอาหารในรูปแบบปิ้งย่างภายในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นและการส่งออกถ่านอัดแท่งของประเทศไทย ที่มีการส่งออกอยู่ในต่างประเทศที่นิยมใช้ถ่านในการประกอบอาหาร เช่น ญี่ปุ่น เกาหลีหรือไต้หวัน เป็นต้น ตลอดจนมีความต้องการในอีกหลายประเทศ ("ถ่านอัดแท่ง", 2004)

2.2 หลักการเผาไหม้

ปฏิกิริยาการเผาไหม้ หมายถึง ปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วระหว่างออกซิเจนกับสารเผาไหม้ได้ของเชื้อเพลิงชนิดหนึ่งๆ สารเผาไหม้ได้ในที่นี่มีธาตุหลัก 3 ตัว คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน และกำมะถันขณะเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนจะให้ความร้อนไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับ คาร์บอนและไฮโดรเจน ในทางตรงกันข้ามกลับเพิ่มปัญหาในด้านการกัดกร่อนชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ รวมทั้งทำให้เกิดปัญหามลพิษในอากาศ (กมลเทพ กิจเจริญเสรี และคณะ, 2544)

2.2.1 การติดไฟหรือการลุกไหม้

การลุกไหม้ของเชื้อเพลิงหรืออัตราการรวมตัวกันทางเคมีของเชื้อเพลิงกับอากาศนั้นขึ้นอยู่โดยตรงกับอุณหภูมิ การเผาไหม้จะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ในตอนแรกและเกิดต่อไปเรื่อยๆ ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ก็จะไปเพิ่มอุณหภูมิของเชื้อเพลิงและอากาศให้มากขึ้น ทำให้อัตราการเผาไหม้เพิ่มขึ้นด้วย ฉะนั้นสิ่งที่ต้องการสำหรับการเผาไหม้แบบเกิดขึ้นได้เอง คือ บริเวณที่จำกัดสำหรับการสะสมความร้อน สารเชื้อเพลิง และอากาศ โดยการลุกไหม้นั้นไม่ได้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นได้เองส่วนใหญ่จะใช้ปริมาณความร้อนจากภายนอกช่วยเร่งปฏิกิริยาการเผาไหม้ และให้ปริมาณความร้อนออกมามากขึ้น นอกจากนั้นสิ่งที่สำคัญสำหรับการเผาไหม้แบบต่อเนื่องก็คือ อุณหภูมิ ซึ่งถ้าอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่ำเกินไปก็ทำให้เชื้อเพลิงไม่สามารถลุกไหม้แบบต่อเนื่องได้ แต่อุณหภูมิของการเผาไหม้สูง การลุกไหม้ก็จะเกิดต่อไปเรื่อยๆ (กมลเทพ กิจเจริญเสรี และคณะ, 2544)

2.2.2 ขบวนการในการเผาไหม้

2.2.2.1 ขบวนการเผาไหม้แบบควบคุมอากาศ

ก. ขบวนการเผาไหม้แบบไพโรไลซิส เป็นขบวนการเปลี่ยนแปลงสภาพของสารอินทรีย์โดยการให้ความร้อนแก่สารในที่มีอากาศจำกัด สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบประเภทชีวมวลให้เป็นเชื้อเพลิงในรูปของก๊าซ ของเหลว และของแข็งซึ่งเป็นขบวนการทางเคมีปฏิกิริยาของการไพโรไลซิส คือ ปฏิกิริยาที่ทำให้สารประเภทลิกโนเซลลูโลส สลายตัวไปอยู่ในสภาพของถ่านและน้ำมันโดยใช้ความร้อนปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นแล้วก็จะเกิดต่อเนื่องกันไป ความร้อนที่ใช้ในกระบวนการอาจได้จากการเผาวัตถุดิบส่วนหนึ่ง ปริมาณและคุณภาพของก๊าซ น้ำมัน และถ่าน ที่ได้จะขึ้นอยู่กับชนิดของเตา คุณสมบัติของวัตถุดิบ ความชื้นของวัตถุดิบและอุณหภูมิที่เกิดปฏิกิริยา (กมลเทพ กิจเจริญเสรี และคณะ, 2544)

ข. ขบวนการเผาไหม้แบบคาร์บอไนเซชั่น คือกระบวนการที่ทำให้สารอินทรีย์ในเนื้อไม้เปลี่ยนรูปเป็นถ่าน เราสามารถแยกกระบวนการดังกล่าวเป็น 4 ขั้นตอน (ชาญชัย ลิมปิยากร,ม.ป.ป)

- การเผาไหม้ คือ กระบวนการที่ต้องการปริมาณออกซิเจนจำนวนมากระหว่างการเกิดคาร์บอไนเซชั่น โดยกระบวนการดังกล่าวจะเป็นการให้ความร้อนกับไม้ภายในเตาถ่านซึ่งจะทำให้อุณหภูมิภายในเตาเผาถ่านสูงกว่าอุณหภูมิบรรยากาศมากกว่า 500 องศาเซลเซียส หลังจากการสิ้นสุดการเผาไหม้ปริมาณของออกซิเจนภายในห้องเผาไหม้จะลดลงอย่างรวดเร็ว และอุณหภูมิของห้องเผาไหม้จะลดต่ำลงจนถึงอุณหภูมิประมาณ 120 องศาเซลเซียส

- การลดความชื้นเป็นกระบวนการให้ความร้อนโดยการเผาไหม้เพื่อไล่ความชื้นภายในเนื้อไม้ให้ออกไปอยู่ในรูปของไอน้ำ โดยระหว่างกระบวนการ อุณหภูมิของเตาเผาถ่านจะสูงขึ้นทีละน้อยจนกระทั่งอุณหภูมิประมาณ 270 องศาเซลเซียส ความชื้นก็จะลดลงจนกระทั่งหมดไป ซึ่งสังเกตได้จากปริมาณไอน้ำสีขาวที่เกิดขึ้นจนหนาทึบ

- การคายความร้อน หลังจากกระบวนการไล่ความชื้นเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์เมื่อสิ้นสุดการเผาไหม้จะเข้าสู่ขั้นตอนการทำให้เกิดปฏิกิริยาคายความร้อนของไม้ โดยการทำการกำจัดอากาศไม่ให้เข้าไปทำปฏิกิริยาการเผาไหม้ในเตาเผาอีก ในระหว่างปฏิกิริยาคายความร้อนจะเกิดก๊าซต่างๆ เนื่องจากการแยกสลายทางความร้อนของไม้ เช่น กรดอะซิติก เมทิลแอลกอฮอล์ และน้ำมันดิน ซึ่งวัสดุแข็งที่ได้จากกระบวนการนี้จะเรียกว่า "ถ่าน" ระหว่างกระบวนการคายความร้อนจะมีควันสีเหลืองและการระเหยของไอน้ำเกิดขึ้น โดยอุณหภูมิภายในเตาถ่านจะสูงถึงประมาณ 700 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การทำให้เย็นตัว เป็นกระบวนการลดความร้อนของเตา เพื่อนำถ่านที่ได้จากกระบวนการคาร์บอไนเซชั่นออกจากเตา

ค. ขบวนการเผาไหม้แบบสตอยดิโอเมตริก เป็นขบวนการทางเคมีที่เปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งในปฏิกิริยาการเผาไหม้ โดยมีสูตรทางเคมีพื้นฐาน $C_iH_vO_wN_xS_y$ (จันทร์ณรงค์ ปรากฏรัตน์,2545)

2.2.2.2 ขบวนการเผาไหม้แบบไม่ควบคุมอากาศ

ก. ขบวนการเผาไหม้แบบก๊าซซิฟิเคชัน เป็นขบวนการที่เปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็ง เช่น ถ่านและไม้ ไปเป็นเชื้อเพลิงที่อยู่ในสภาพก๊าซ เรียกว่า ก๊าซชีวมวล ก๊าซที่ได้นี้อาจนำไปใช้ทำเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์แบบการสันดาปภายในหรือใช้ในขบวนการให้ความร้อนต่างๆ ได้การเกิดก๊าซชีวมวลในเตาผลิตก๊าซเป็นขบวนการทางเคมี การสันดาปจะเกิดขึ้นระหว่างเชื้อเพลิงและอากาศ ปฏิกิริยาระหว่างคาร์บอนและไฮโดรเจนในอากาศจะทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำ

สมการการเกิดปฏิกิริยา

$$C+O_2 \longrightarrow CO_2$$

$$2H_2+O_2 \longrightarrow 2H_2O$$

ถ้าให้คาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำไหลผ่านเชื้อเผลิงที่กำลังลุกไหม้อยู่ คาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำจะทำปฏิกิริยาได้คาร์บอนมอนนอกไซด์และไฮโดรเจน (กมลเทพ กิจเจริญเสรี และคณะ, 2544)

สมการการเกิดปฏิกิริยา

$$C+CO_2 \longrightarrow 2CO$$

$$C+H_2O \longrightarrow CO+H_2$$

ข. ขบวนการเผาไหม้แบบการสันดาป ปฏิกิริยาทางเคมีในขณะที่เชื้อเพลิงทำปฏิกิริยากับอากาศและสามารถปล่อยพลังงานออกมา เราถือว่าการสันดาป อากาศแห้งจะประกอบด้วยออกซิเจน ไนโตรเจน อาร์กอน และอื่นๆ ซึ่งมีน้อยมาก เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ฮีเลี่ยม นีออน ไฮโดรเจน

สมการการเกิดปฏิกิริยา

$C+O_2 \longrightarrow CO_2$+393,560kJ/kg-molC (32,769 kJ/kg)

$2H_2+O_2 \longrightarrow 2H_2O$+286,470kJ/kg-mol$H_2$ (142,098 kJ/kg)

$S+O_2 \longrightarrow SO_2$+296,774kJ/kg-molS (9,257 kJ /kg)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อสังเกตในการสันดาป

1.การสันดาปทางทฤษฎีจะไม่มีออกซิเจนอิสระ และเชื้อเพลิงที่ไม่ได้เผาไหม้เหลืออยู่ในสารจากการเผาไหม้

2.การสันดาปอย่างสมบูรณ์ หมายถึง สารองค์ประกอบเผาไหม้ได้ ทั้งหมดเผาไหม้หมดไม่มีเหลือ

3.การสันดาปอย่างไม่สมบูรณ์ พบว่าสารจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์นั้นจะมีเชื้อเพลิงที่ไม่ได้เผาไหม้หลงเหลืออยู่ในองค์ประกอบรูปร่างของ C ,H_2,CO หรือ CH

การเริ่มต้นของการสันดาป อุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ต้องถึงระดับอุณหภูมิจุดประกายไฟ เชื้อเพลิงจึงเผาไหม้ เช่น คาร์บอน 400 องศาเซลเซียส ไฮโดรเจน 500 องศาเซลเซียส และสัดส่วนของเชื้อเพลิงและอากาศจะต้องอยู่ในช่วงที่พอเหมาะ (จันทร์ณรงค์ ปรากฏรัตน์,2545)

2.3 หลักการเตาเผาถ่าน

2.3.1 เตาเผาถ่านแบบเคลื่อนที่ไม่ได้ (ชาญชัย ลิมปิยากร, ม.ป.ป)

2.3.1.1 เตาเผาถ่านแบบใช้ดินกลบ การเรียงไม้ให้เป็นกองอย่างมีระเบียบแล้วถมกลบด้วยเศษหญ้าและดิน สามารถทำการคาร์บอไนเซชั่นไม้ได้เกือบทุกขนาดและสามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างและขนาดที่เหมาะสมตามความต้องการ โดยปกติแล้วในการเผาแต่ละครั้งจะใช้เศษหญ้าคลุมประมาณ 2-3 ชั้น แล้วถมกลบด้วยชั้นดินหนาประมาณ 25 เซนติเมตร

2.3.1.2 เตาเผาถ่านแบบผนังไม้ จะมีความซับซ้อนมากขึ้นโดยใช้แผ่นกระดานหรือเสาไม้ทำเป็นกรอบของผนังเตาเพื่อกันดินกับไม้ที่จะเผา เตาแบบนี้จะใช้ใบปาล์มคลุมปิดด้านข้าง ขณะเดียวกันใบปาล์มเหล่านี้จะยื่นโผล่ขึ้นมาด้านบนทำหน้าที่เป็นช่องอากาศและปล่องไฟ ไม้ที่จะเผาจะถูกจัดเรียงอยู่บนไม้รองที่เรียกว่า "สตริงเกอร์" ทำให้มีช่องอากาศอยู่ใต้กองไม้เพื่อการหมุนเวียนของอากาศในการคาร์บอไนเซชั่น

2.3.1.3 เตาเผาถ่านแบบคาซาแมนซ์ เป็นเตาเผาที่ได้การปรับปรุงมาจากเตาเผาแบบดั้งเดิม โดยจะทำฐานรองให้สูงกว่าพื้นปกติและทำช่องอากาศรอบๆเตา เพื่อให้มีอากาศหมุนเวียน จากนั้นเพิ่มปล่องไฟขนาดใหญ่ติดไว้ด้านข้างเตาเพื่อทำให้เกิดรีเวอร์ดราฟท์ สำหรับทางด้านบนของเตาจะมีช่องสำหรับจุดไฟโดยจะอยู่ที่ศูนย์กลางเตาลึกประมาณ 1 เมตร ในส่วนของช่องอากาศจะทำได้โดยใช้กิ่งไม้วางกั้นไว้ด้านข้างรอบๆ กองไม้ที่จะเผา ปล่องไฟทำจากถัง 220 ลิตร จำนวน 3 ถัง เชื่อมต่อเข้าด้วยกันและมีแผ่นกั้นอยู่ภายในเพื่อเพิ่มพื้นที่สำหรับการกลั่นตัวของไอระเหย ปล่องไฟจะถูกวางให้เชื่อมต่อกันภายในของช่องอากาศที่สร้างขึ้นเพื่อดูดอากาศจากใต้ฐานรองส่วนทางด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเตาจะถมกลบด้วยใบไม้และดินตามปกติ การจุดไฟทำได้โดยการใช้ถ่านร้อนทิ้งลงในปล่องไฟด้านบน

2.3.1.4 เตาเผาถ่านแบบหลุม เตาเผาจะก่อสร้างโดยขุดให้เป็นหลุมลงไปในพื้นดิน บรรจุไม้ที่จะทำการเผาและถมกลบด้วยใบไม้และดินด้านบน หรือบางครั้งอาจใช้ฝาโลหะปิดเพื่อป้องกันการรั่วซึมของอากาศที่ดีกว่าและลดปริมาณของสิ่งเจือปน

2.3.1.5 เตาเผาถ่านแบบโลหะ เตาเผาถ่านซึ่งอาจใช้โลหะสร้างเพียงอย่างเดียวหรืออาจมีวัสดุประเภทอื่นๆ ประกอบในการสร้าง ตัวเตาทำด้วยโลหะมีปล่องไฟอยู่ด้านข้างของเตา มีทางเข้าของอากาศอยู่ด้านล่างและจะมีช่องระบายอากาสอยู่ด้านบน บริเวณฐานเตาใช้ดินกลบ

2.3.1.6 เตาเผาถ่านมาร์ค วี เตาเผาประกอบด้วยถังโลหะทรงกระบอกขนาดใหญ่ 2 ถัง วางเชื่อมต่อกันโดยด้านบนจะเป็นฝาทรงกรวยซึ่งมีรูอยู่ตรงกลาง และสามารถเปิดปิดได้เพื่อการจุดไฟ ส่วนรอยต่อระหว่างส่วนประกอบหลักทั้งสามจะใช้ทรายในการป้องกันการรั่วซึม เตาชนิดนี้ทำงานแบบรีเวอร์ดราฟท์ มีช่องอากาศ 8 ช่อง วางด้วยระยะห่างเท่าๆ กันที่ฐานเตาซึ่งแต่ละช่องจะถูกดัดแปลงให้ทำหน้าที่ต่างกันคือ เป็นช่องอากาศเข้า หรือต่อปล่องออกเพื่อทำหน้าที่เป็นท่อปล่อยควันไอเสีย

2.3.1.7 เตาเผาถ่านจากอิฐดินเหนียวตากแห้งและอิฐเผา เตาเผาทำจากอิฐที่ทำจากดินเหนียวตากแห้งหรือเผาแล้ว มีน้ำหนักมากไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ เก็บความร้อนได้ดี ถ้าได้รับความร้อนนานๆ เกิดการแตกร้าว

2.3.1.8 เตาเผาถ่านแบบรวงผึ้ง เตาเผาทำมาจากอิฐดินเหนียว โครงสร้างประกอบด้วยผนังอิฐในแนวตรงมีหลังคาเป็นโดม โดยจะมีวงเหล็กเสริมความแข็งแรง ที่ฐานของโดมทำหน้าที่รับแรงในแนวด้านข้างและแรงจากภายนอกที่กระทำกับผนัง ในส่วนของเตาซึ่งเป็นดินเหนียวที่ตากแห้งโดยผนังด้านนอกฉาบด้วยปูนซึ่งจะทำหน้าที่ป้องกันการรั่วซึมของอากาศ หลังจากจัดเรียงไม้เข้าเตาก็ทำการปิดเตาด้วยการก่ออิฐขึ้นปิดเป็นแล้วฉาบด้วยปูนอีกครั้ง ซึ่งการปิดเตาด้วยวิธีนี้จะช่วยป้องกันการรั่วซึมของอากาศได้ดีกว่าและมีราคาถูกกว่าการใช้ประตูโลหะ

2.3.1.9 เตาเผาถ่านมิสซูรี่ เตาเผาถ่านขนาดใหญ่ที่ต้องใช้เวลาในการคาร์บอไนเซชั่นนานถึงหนึ่งเดือนครึ่ง ตัวเตาประกอบด้วยปล่องไฟและช่องอากาศอยู่รอบเตา ด้านบนของเตามีช่องอากาศสำหรับจุดไฟ 4 ช่อง และมีประตูเหล็กขนาดใหญ่ 2 ด้าน เพื่อสะดวกต่อการใช้เครื่องจักรจัดเรียงไม้เข้าเตาและการเคลื่อนย้ายถ่านออก

2.3.1.10 เตาเผาถ่านแบบผสม จะผสมระหว่างเตาเผาแบบหลุมกับเตาเผาแบบโลหะ ในการสร้างจะทำการขุดหลุมและนำเตาโลหะมาวางด้านบน เตาจะสูญเสียความร้อนบางส่วนในช่วงแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 เต่าเผาถ่านแบบเคลื่อนที่ได้

2.3.2.1 เตาเผาถ่านขนาดเล็ก ตัวเตาประกอบด้วยถังน้ำมันขนาดความจุ 200 ลิตร เจาะเปิดฝาด้านบนออก เก็บฝาที่เปิดออกนี้ไว้ใช้ในการเผา เจาะรู 4 รู ให้ชิดขอบด้านที่เปิดฝาออกพอให้ท่อน้ำขนาด ½ นิ้ว สอดเข้าไปยังถัง เจาะรูข้างถังอีก 3 รู ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว เรียงกันลงในแนวดิ่งให้รูทั้งสามห่างเท่าๆ กันและอยู่ห่างจากปากถังประมาณ 6 นิ้ว ใช้เป็นช่องลม เอาข้อต่อท่อน้ำขนาด 2 นิ้ว มาเชื่อมต่อรูที่เจาะไว้ทั้ง 3 แห่งและหาลูกอุดสำหรับข้อต่อ 2 นิ้ว เตรียมไว้ 3 ลูก การเผาถ่านวิธีนี้แต่ละครั้งใช้เวลาประมาณ 3 – 4 ชั่วโมง ถ่านที่ได้จะเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดและสภาพของไม้ที่นำมาเผา แต่ถ้าเป็นกะลามะพร้าวจะได้ถ่านประมาณร้อยละ 25 โดยน้ำหนักในการเผาถ่านหนึ่งถังต้องใช้กะลามะพร้าว ประมาณ 130 กิโลกรัม (เฉลิมวรรณ ชูทรัพย์ , 2539)

2.3.2.2 เตาเผาถ่านมาร์คไฟฟ์ (Mark V.) ตัวเตาประกอบด้วย ถังน้ำมัน 200 ลิตร ไม้สำหรับรองฐาน ปล่องควันต่อกับฐานด้านล่าง และแผ่นเหล็กหรือสังกะสีไว้ปิดด้านบน จุฟืนได้ประมาณ 4 ลูกบาศก์ฟุต การเผาจะใช้เวลาประมาณ 15 ชั่วโมง ซึ่งเป็นเตาเผาถ่านที่เหมาะสมกับสภาพการใช้งานสร้างง่ายและราคาถูกเพื่อให้สามารถทำเป็นอุตสาหกรรมในครอบครัวได้ (ปราณีต งามเสน่ห์,2539)

2.3.2.3 เตาเผาถ่านถังน้ำมัน 200 ลิตร ตัวเตาประกอบด้วย ถังน้ำมัน 200 ลิตร ท่อใยหินอิฐบล๊อก ดินเหนียว และขี้เถ้าแกลบ ทำการเผาโดยเอาไม้ใส่เตาให้เต็มแล้วจุดไฟบริเวณหน้าเตาโดยค่อยๆ ใส่เชื้อเพลิง ความร้อนจะกระจายเข้าไปสู่เตาเพื่อไล่อากาศเย็นออก สังเกตดูควันที่ปล่องควันจะเปลี่ยนจากควันสีน้ำเงินเป็นควันสีฟ้า แสดงว่าไม้ภายในเตาเริ่มจะกลายเป็นถ่าน จากนั้นทิ้งไว้ประมาณ 10 ชั่วโมง หรือ 1 คืน เป็นอย่างน้อยเพื่อให้ถ่านดับสนิทก่อน แล้วจึงเริ่มการเปิดเตา เอาถ่านออกมาวางเรียงในที่โล่งแจ้งก่อน ประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อป้องกันไม่ถ่านกลับติดไฟ แล้วจึงบรรจุภาชนะหรือกระสอบ (ฝ่ายเทคนิค, 2545)

2.3.2.4. เตาเผาถ่านถังน้ำมัน 200 ลิตรแบบชาวบ้าน ตัวเตาประกอบด้วย ถังน้ำมัน 200 ลิตร ที่เจาะรูด้านบนเป็นวงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร ทำการเผาโดยทำการจุดไฟในเตาและใส่วัสดุครั้งละประมาณ 10 กิโลกรัม ทำซ้ำกันจนเต็ม ซึ่งจะใช้เวลาทั้งหมดประมาณ 8-12 ชั่วโมง จากนั้นนำกระสอบป่านชุบน้ำปิดและใช้บัวรดซ้ำ และทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง แล้วเทออก (พเยาว์ รอดโพธิ์ทอง, 2539)

2.3.3 เตาเผาถ่านแบบพิเศษ(ชาญชัย ลิมปิยากร, ม.ป.ป)

2.3.3.1 เตาเผาแบบป้อนต่อเนื่อง จะเริ่มต้นจากการบรรจุไม้เข้าบริเวณด้านบนของเตา จากนั้นทำการจุดเตาจากด้านล่าง ไม้ที่บรรจุอยู่บริเวณด้านบนของเตาจะได้รับความร้อนจากก๊าซร้อนซึ่งเกิดขึ้นจากกระบวนการคายความร้อนของไม้ที่เกิดขึ้นบริเวณส่วนกลางของเตาหลังจากกระบวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคาร์บอไนเซชั่นถ่านที่ได้ก็จะถูกปล่อยให้เย็นตัวลงบริเวณด้านล่างของเตาก่อนถูกเคลื่อนย้ายออกจากเตา หลังจากไม้บางส่วนหดตัวและบางส่วนกลายเป็นถ่านแล้วจึงค่อยนำออกจากเตา จากนั้นเติมไม้ใหม่เข้าไปในเตา ซึ่งจะทำให้การทำงานของเตาเป็นไปอย่างต่อเนื่องตราบเท่าที่ไม้ที่เตรียมไว้จะหมด สำหรับไม้ที่ใช้กับเตาชนิดนี้จะต้องถูกตัดเป็นท่อนสั้นๆ มีขนาดไม่ใหญ่และเล็กจนเกินไป และที่สำคัญ คือ ไม้ที่ใช้ควรมีปริมาณความชื้นที่เท่ากัน เพื่อทำให้กระบวนการคาร์บอไนเซชั่นที่เกิดขึ้นภายในเตาเป็นไปอย่างต่อเนื่อง

2.3.3.2 เตาเฟอร์เนส เป็นอีกรูปแบบหนึ่งของเตาเผาป้อนต่อเนื่อง โดยการป้อนไม้เข้าสู่กระบวนการคาร์บอไนเซชั่นนั้นจะใช้เครื่องจักรเป็นอุปกรณ์ในการป้อน เตาชนิดนี้มีประโยชน์สำหรับกระบวนการคาร์บอไนซชั่นเศษหรือผงถ่าน เช่น ขี้เลื่อย ซึ่งตัวมันเองจะทำหน้าที่เป็นฉนวนและตัวกีดขวางทางเดินของอากาศ ข้อด้อยของเตาชนิดนี้สำหรับการผลิตถ่านใช้เอง คือ เรื่องของราคาและความซับซ้อนของเตา

2.3.3.3 เตาเผาคูซรับ (CUSAB) เป็นเตาเผาที่ทำจากโลหะมีขนาดใหญ่ และราคาแพง อย่างไรก็ดีเตาเผาชนิดนี้มีรูปแบบที่ไม่ซับซ้อนนัก ซึ่งเรียกว่า "เตาเผาแบบดรัม" เตาชนิดนี้สร้างขึ้นจากถังน้ำมันขนาด 220 ลิตร จำนวน 2 ถัง ที่ถูกเชื่อมเข้าด้วยกันให้มีลักษณะเป็นถังทรงกระบอกยาว โดยที่ก้นถังจะปิดตายและมีฝาปิดด้านบน นอกจากนี้ยังทำการเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร จำนวน 3 รู ให้มีระยะห่างเท่ากัน โดยจะเริ่มเจาะรูแรกที่ฐาน เตาชนิดนี้จะใช้เวลาในกระบวนการคาร์บอไนเซชั่นไม่มาก ทำให้สามารถบรรจุไม้ใหม่ได้ในเวลา 2 – 3 ชั่วโมง การทำงานของเตาก็คล้ายกับเตาเผาแบบป้อนต่อเนื่องทั่วไป คือ จะเริ่มทำการจุดไฟจากด้านล่างของเตา และไม้ใหม่จะถูกบรรจุเข้าเตาหลังจากการเผา สำหรับควันที่เกิดจากการเผาไหม้จะมีปริมาณไม่มากนักหากไม่ทำการบรรจุไม้เร็วจนเกินไป เมื่อไม้ถูกเผาและเปลี่ยนรูปเป็นถ่านไม้ และจะตกลงสู่ด้านล่างของเตา เมื่อถ่านตกลงมาปิดช่องอากาศด้านล่างจะทำการอุดทับด้วยโคลน เพื่อไม่ให้ออกซิเจนเข้าไปทำปฏิกิริยากับถ่านที่ได้อีก ซึ่งถ่านส่วนนี้จะถูกปล่อยให้เย็นลง กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นต่อเนื่องไปจนกระทั่งช่องระบายอากาศทั้งหมดถูกอุดและได้ปริมาณถ่านไม้เต็มเตาเผา จากนั้นจึงทำการปิดฝาเตาและอุดทับด้วยดินแล้วปล่อยให้เตาเย็นลง

2.3.3.4 เตาแบบรีทอร์ท มีการทำงานที่ไม่ซับซ้อนเพียงแค่บรรจุไม้เข้าเตาเผาที่มีลักษณะเป็นกล่องโลหะ แล้วทำการอุดรอยรั่วซึมของอากาศ เหลือไว้เพียงช่องสำหรับระบายไอเสีย จากนั้นให้ความร้อนจากภายนอกเตาจนกระทั่งไม้ที่บรรจุภายในเตาทั้งหมดเกิดกระบวนการคาร์บอไนเซชั่นเป็นถ่าน จากนั้นปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น แล้วจึงค่อยนำไม้ออกจากเตา ในกรณีที่ต้องการประหยัดการใช้พลังงาน แหล่งความร้อนที่จะใช้กับเตาชนิดนี้อาจใช้แหล่งพลังงานที่มีอยู่มาก หรือเป็นแหล่งพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ไม่นิยมใช้กันทั่วไป หรือใช้ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ก๊าซที่เกิดจากกระบวนการคาร์บอไนเซชั่นภายในเตา

2.3.3.5 เตาแบบตะกรับ ในปัจจุบันใช้กันอยู่ในโรงสีข้าว โดยใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง ตะกรับที่ใช้มีอยู่ด้วยกัน 2 แบบคือ (กมลเทพ กิจเจริญเสรี และคณะ, 2544) แบบเรียบ และแบบขั้นบันไดเอียงเป็นมุม เชื้อเพลิงจะไหลลงบนตะกรับเอียงเป็นขั้นบันไดและเกิดการเผาไหม้โดยการเผาภายในเตา ซึ่งเป็นการก่อโดยใช้อิฐและขี้เถ้าจะไหลลงสู่ด้านล่างของตะกรับ

2.3.3.6 เตาเผาแบบไซโคลน การเผาไหม้ในเตาไซโคลน นำมาใช้ในราวปลายคริสต์ทศวรรษที่ 1930 นับเป็นระบบเผาไหม้ถ่านหินระบบที่สามที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมา เตาเผาไซโคลนได้รับการออกแบบจากแนวคิดที่ต้องการให้ใช้ได้กับถ่านหินทุกชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ่านหินเกรดต่ำ จึงเป็นที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน เตาเผาลักษณะนี้เผาถ่านหินที่มีปริมาณขี้เถ้าสูงและอุณหภูมิอ่อนตัวของขี้เถ้าที่ 1425 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับระบบถ่านหินผง (กมลเทพ กิจเจริญเสรี และคณะ, 2544) ในปัจจุบันเตาเผาชนิดนี้ถูกนำมาพัฒนาดัดแปลงให้สามารถใช้กับเชื้อเพลิงแข็งชนิดอื่น เช่น แกลบและขี้เลื่อย เป็นต้น

2.3.3.7 เตาเผาฟลูอิดไดซ์เบด เป็นเตาเผาที่มีการนำมาใช้ เชื้อเพลิงจะถูกพ่นเข้าไปให้แผ่กระจายตลอดช่วยตะแกรงจ่ายอากาศ อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ถูกเป่าผ่านตะแกรงออกมา โดยมีความเร็วส่งขึ้นเพียงพอที่จะทำให้อนุภาคเชื้อเพลิงไหลแบบของไหล คือ ทำให้มันลอยขึ้นขณะเผาไหม้ สำหรับคาร์บอนที่ไม่เผาไหม้จะถูกส่งเก็บไว้ในเครื่องแยกไซโคลน เพื่อส่งกลับให้เกิดการสันดาปอีกครั้งหนึ่ง (กิตติพงศ์ สุขศรีเมือง และคณะ, 2544 ข.)

2.3.3.8 เตาเผาแบบวอร์เทค ได้ถูกพัฒนามาจากเตาเผาแบบไซโคลน มีลักษณะเป็นทรงกระบอก มีช่องอากาศตามแนวสัมผัสเส้นรอบวงที่ผนังของห้องเผาไหม้ การทำงานจะอาศัยอากาศปฐมภูมิและอากาศทุติยภูมิ อากาศปฐมภูมิและเชื้อเพลิง ซึ่งจะถูกบังคับออกมาจาก Screw Feed ขึ้นสู่ด้านบนของห้องเผาไหม้ ภายใต้อิทธิพลของแรงหนีศูนย์กลางของไหลจะวนพาเชื้อเพลิงไปทิศทางเดียวกัน ตามแนวแกนออกสู่ทางออก ซึ่งมีลักษณะเป็นแกนท่ออยู่กลางห้องเผาไหม้ ขณะที่เชื้อเพลิงและอากาศผสมกันและส่งตัวขึ้นสู่ด้านบนจะมีอากาศทุติยภูมิออกจากหัวฉีดที่ฝังไว้ข้างเตา ในตำแหน่งต่างๆ ช่วยในการเพิ่มเกลียวและลักษณะฟุ้งขึ้น ซึ่งจะก่อให้เกิดผลดี คือ จะช่วยเพิ่มเวลาในการเผาไหม้ ทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ เนื่องจากเกิดการไหลวน และการไหลแบบปั่นป่วน ซึ่งอำนวยต่อการคลุกเคล้าของอากาศกับเชื้อเพลิง เตาเผาแบบนี้เพิ่งได้รับการพัฒนาเมื่อไม่กี่ปีที่ผ่านมา (กมลเทพ กิจเจริญเสรี และคณะ, 2544)

2.3.3.9 เตาเผาถ่านแบบกึ่งต่อเนื่อง ประกอบด้วย ถังน้ำมัน 200 ลิตร อิฐมอญ ฝาเตาติดกับปล่องควัน หวีเสียบ ลิ้นทำจากแผ่นเหล็ก และถังเย็นตัวแยกคนละส่วนกับเตาติดล้อ 4 ล้อ ตัวเตามี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขายกสูงจากพื้น ทำการเผาโดยการเปิดฝาเติมวัสดุก่อไฟจากนั้นปิดฝา สังเกตดูจากสีของไฟทางช่องอากาศรอบเตาและการเปลี่ยนสีของควัน เมื่อเป็นถ่านได้ที่แล้วใช้หวีเสียบเข้าด้านข้างของเตา จากนั้นเปิดลิ้นออกนำถ่านที่ได้ใส่ถังเย็นตัว แล้วเติมวัสดุใหม่อีกทำอย่างนี้เรื่อยๆ จนกว่าจะได้ปริมาณถ่านที่ต้องการ (สุนัน ศศิวิมลพันธุ์ และสมชาย วงศ์วิเศษ, 2533)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กิตติพงศ์ สุขศรีเมือง และคณะ (2544) ก. ได้ศึกษาการทำงานและกลไกการทำงานของเครื่องมือวิจัยเตาเผาไหม้แบบฟลูอิดไดซ์เบดแบบต่อเนื่อง จากนั้นเก็บข้อมูลการวิจัยโดยมีตัวแปรที่พิจารนาคือ อัตราการไหลของอากาศและอุณหภูมิของการเผาไหม้ เพื่อที่จะหาความสัมพันธ์กับสัมประสิทธิ์ความร้อนที่เกิดขึ้นซึ่งทำให้ได้สภาวะที่เหมาะสมของการเผาไหม้แกลบในฟลูอิดไดซ์เบด ในการทดลองมีการแปรความเร็วของอากาศจาก 20.62 เมตร/วินาที ถึง 45.67 เมตร/วินาที และอุณหภูมิของการเผาไหม้ จาก 500 ถึง 800 องศาเซลเซียส จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าสภาวะที่เหมาะสมในการเผาไหม้แกลบในฟลูอิดไดซ์เบดคือที่ความเร็วของอากาศ 32.77 เมตร/วินาที และอุณหภูมิของการเผาไหม้ประมาณ 700 องศาเซลเซียส ซึ่งจากการคำนวณจะให้ประสิทธิภาพของการเผาไหม้ร้อยละ 96.91 โดยมีอัตราการป้อนแกลบ 3.05 กิโลกรัม/ชั่วโมง นอกจากนั้นได้มีการเปรียบเทียบเถ้าแกลบที่ได้จากภาพของการเผาไหม้โดยฟลูอิดไดซ์เบด พบว่าประสิทธิภาพของการเผาไหม้โดยฟลูอิดไดซ์เบดจะสูงกว่าประมาณร้อยละ 47 – 53

สุนัน ศศิวิมลพันธุ์ และสมชาย วงศ์วิเศษ (2533) ได้ศึกษาแนวทางการปรับปรุงกรรมวิธีการการผลิตถ่านจากกะลามะพร้าวสำหรับชาวชนบท โดยได้คิดค้นเตาผลิตถ่านกะลามะพร้าวแบบเผาไหม้กึ่งต่อเนื่องประกอบด้วย ถังน้ำมัน 200 ลิตร อิฐมอญ ฝาเตา ติดกับปล่องควัน หวีเสียบ ลิ้นทำจากแผ่นเหล็ก และถังเย็นตัวแยกคนละส่วนกับเตาติดล้อ 4 ล้อ ตัวเตามีขายกสูงจากพื้น ทำการเผาโดยการเปิดฝาเติมกะลามะพร้าวก่อไฟจากนั้นปิดฝา สังเกตดูจากสีของไฟทางช่องอากาศรอบเตาและการเปลี่ยนสีของควัน เมื่อเป็นถ่านได้ที่แล้วใช้หวีเสียบเข้าด้านข้างของเตา จากนั้นเปิดลิ้นออกนำถ่านที่ได้ใส่ถังเย็นตัว แล้วเติมกะลามะพร้าวใหม่อีก โดยทดสอบควบคู่กับการเผาถ่านกะลาแบบชาวชนบท ซึ่งทดสอบครั้งละ 3 ครั้งละประมาณ 50-100 กิโลกรัม สำหรับเตาผลิตถ่านกะลาแบบกึ่งต่อเนื่อง ในขณะทดลองเปลี่ยนขนาดของความสูงปล่องที่ 0,60,120,180 และ 240 เซนติเมตร ซึ่งในความสูงของปล่องที่ 180 และ 240 เซนติเมตร มีอัตราการผลิตถ่านได้ 8.79 และ 9.48 กิโลกรัม/ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งถือว่าผลิตได้สูงกว่าความสูงของปล่องในช่วงอื่น นอกจากนี้เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบอัตราการผลิตถ่าน พบว่าเตาแบบต่อเนื่องให้อัตราการผลิตถ่านสูงกว่าเตาเผาแบบชาวชนบทถึงประมาณสามเท่าทีเดียว ทั้งนี้เพราะว่าเตาเผาแบบต่อเนื่องสามารถลดช่วงเวลาที่ต้องสูญเสียไปกับการเย็นตัวภายในเตา และสามารถเก็บสะสมความร้อนเอาไว้มาช่วยทำให้เกิดขบวนการกลายเป็นถ่านได้เร็วขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธัชชัย ทั่วถวิล และ สันติ วัชรอาภาไพบูลย์ (2534) ได้ทำการทดลองเรื่องเตาเผาเศษวัสดุทางการเกษตรโดยใช้อากาศหมุนวน 2 ซึ่งทำการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ อัตราส่วนของอากาศต่อมวลเชื้อเพลิงที่มีผลต่อปริมาณความร้อนและอุณหภูมิของแก๊สร้อนที่ได้รับ และอิทธิพลของอัตราการไหลของอากาศผ่านพัดลมดูดต่ออุณหภูมิของแก๊สร้อนที่อัตราส่วนมวลอากาศต่อมวลเชื้อเพลิงคงที่หนึ่งค่า การทดลองเพื่อหาอัตราส่วนมวลอากาศต่อมวลต่อเชื้อเพลิงที่เหมาะสม ทำการทดลองที่มุมอากาศ 30 องศา ช่องเปิดอากาศปฐมภูมิและท่ออากาศทุติยภูมิเป็น 60% และ 30% ของพื้นที่ท่อตามลำดับพัดลมดูดทำงานที่มุมแดมเปอร์เปิด 100% จากการศึกษาผลของพัดลมดูดต่ออุณหภูมิที่ได้จากการเผาไหม้ พบว่า การใช้พัดลมดูดไม่มีผลกับเตาเมื่อพิจารณาจากอุณหภูมิของแก๊สร้อนและปริมาณความร้อนที่ได้รับเป็นหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการศึกษา (Research Methodologies)

การศึกษาและทดสอบเป็นการดำเนินการศึกษากรรมวิธีการเผาถ่านในปัจจุบัน และการพัฒนาออกแบบเตาเผาถ่านกะลามะพร้าว ตลอดจนการทดสอบสมรรถภาพของเตา โดยสามารถแยกออกได้เป็น คือ

3.1 การศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวโดยใช้ถังน้ำมัน 200 ลิตร

กรรมวิธีการใช้ถังน้ำมัน 200 ลิตร มาเป็นเตาในการเผาถ่านกะลามะพร้าว เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาศึกษา สรุปผล และเสนอแนะ

3.1.1 การศึกษากรรมวิธีการเผาถ่านกะลามะพร้าว

การดำเนินการจะศึกษาตั้งแต่ปริมาตรของถังที่นำมาทำเตาเผา ตลอดไปถึงการเผาจากเริ่มจนเสร็จ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การเก็บข้อมูลก่อนเผา และการเก็บข้อมูลขณะเผา

วัสดุอุปกรณ์

1. กะลามะพร้าวแห้ง
2. ถังน้ำมัน 200 ลิตร
3. วัสดุในการจุดไฟ
4. ถุงพลาสติกและยางรัดของ
5. ตลับเมตร
6. กล้องถ่ายภาพ
7. นาฬิกา

วิธีดำเนินการทดลอง

ในการดำเนินการจัดทำการทดลอง 5 ซ้ำ โดยให้มีการเผาตามปกติที่โรงงานทำอยู่ ซึ่งมีวิธีการดังนี้

ก. การเก็บข้อมูลก่อนการเผาถ่านกะลามะพร้าว

เริ่มโดยการเก็บตัวอย่างของกะลามะพร้าวที่กองไว้ จำนวน 5 ตัวอย่าง โดยใส่ถุงพลาสติกที่สามารถป้องกันการระเหยของน้ำได้แล้วมัดปากถุงให้แน่น เพื่อนำไปหาค่าความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

96063

ข. การเก็บข้อมูลขณะทำการเผาถ่านกะลามะพร้าว

ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษากรรมวิธีการเผาถ่านกะลามะพร้าวตั้งแต่การจุดไฟ การเติม ไปจนถึงการปิดถังรวมทั้งปริมาณกะลามะพร้าวที่ใช้และปริมาณถ่านที่ได้ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1.สังเกตวิธีการจุดไฟและวัสดุที่ใช้แต่ละถังบันทึกเวลาที่เริ่มจุด

2.เวลาที่เติมและปริมาณการเติมกะลามะพร้าวในแต่ละครั้ง แต่ละถัง เพื่อศึกษาเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณของกะลามะพร้าวแล้วบันทึกผล

3.เวลาที่เกิดของควันในถังหลังเติมกะลามะพร้าว เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของควันก่อนที่จะเติมเข้าไปอีกครั้ง แล้วบันทึกผล

4.วัดความสูงของกะลาในถังหลังเติมและความสูงของถ่านในถังก่อนเติม ของแต่ละครั้งที่เติม เพื่อศึกษาการยุบตัวของกะลามะพร้าวเมื่อกลายเป็นถ่าน แล้วบันทึกผล

5.เมื่อทำการเผาเสร็จ สังเกตวิธีการและเวลาที่ปิดถัง เพื่อศึกษาเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเผาของแต่ละถัง แล้วบันทึกผล

6. สังเกตวิธีการและเวลาที่เปิดถัง และวัดความสูงของถ่านในถังที่ได้ เพื่อศึกษาการยุบตัวของถ่านและเวลาที่ใช้ในการเย็นตัวในถัง แล้วบันทึกผล

7. สุ่มตัวอย่างของถ่านในถัง ถังละ 3 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 15 ตัวอย่าง โดยการเทออกมาตามยาวของถัง เพื่อนำมาหาค่าความชื้นของถ่านหลังเผา

3.1.2 การหาความชื้นของกะลามะพร้าวก่อนการเผา

การดำเนินหาความชื้น เพื่อจะได้ทราบถึงปริมาณความชื้นของกะลามะพร้าวก่อนเผาและเมื่อกลายเป็นถ่าน

วัสดุอุปกรณ์

1. ตู้อบลมร้อน
2. ตาชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล
3. ภาชนะใส่ตัวอย่างเข้าตู้อบ
4. ถุงมือ
5. ตัวอย่างของกะลามะพร้าวและถ่านที่สุ่มไว้ในหัวข้อที่ 1.1 ข้อ ก.

วิธีดำเนินการศึกษา

ในการศึกษาหาค่าความชื้นของกะลามะพร้าว และถ่านกะลามะพร้าวที่ทำการสุ่มไว้รวมทั้งหมด 20 ตัวอย่าง โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.เตรียมและตรวจสภาพตู้อบ ตาชั่งน้ำหนักดิจิตอลให้พร้อมใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.นำตัวอย่างมาคลุกให้เข้ากัน ขณะอยู่ในถุงเพื่อให้ความชื้นที่ติดอยู่กับถุงเข้าไปในตัวอย่างและชั่งน้ำหนัก เพื่อหาน้ำหนักก่อนอบ แล้วบันทึกผล

3.นำตัวอย่างมาเทใส่ภาชนะ ภาชนะละ 1 ตัวอย่าง เพื่อทราบถึงค่าความชื้นของแต่ละตัวอย่างได้

4.จากนั้นนำภาชนะที่ใส่ตัวอย่างและเอาเข้าตู้อบทั้งหมดแล้ว กำหนดอุณหภูมิที่ 105 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง เพื่อให้ความชื้นในกะลามะพร้าวระเหยออกจนหมด

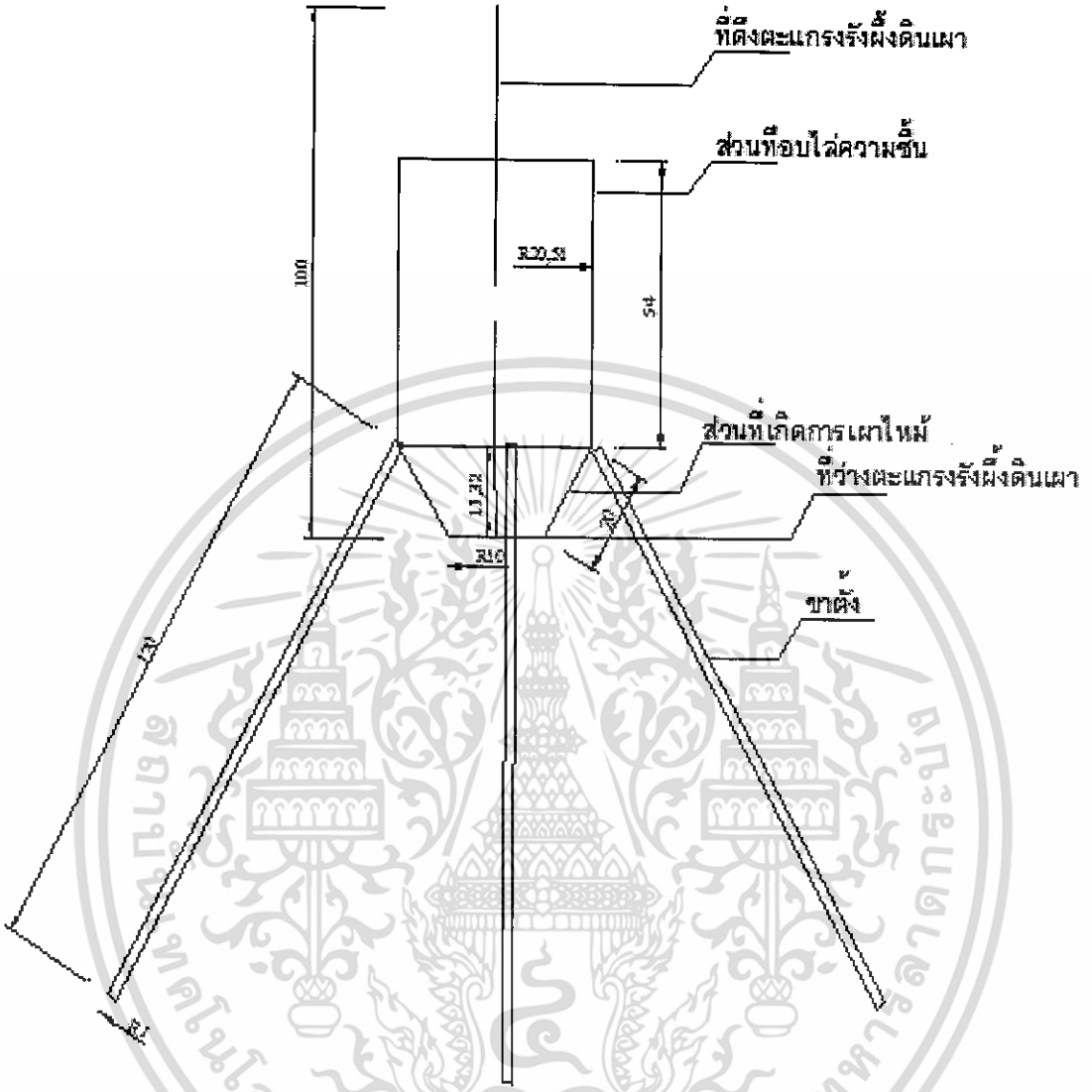
5.หลังจากนั้นครบ 24 ชั่วโมง ให้นำตัวอย่างออกมาชั่งน้ำหนักครั้งละ 5 ตัวอย่าง เพื่อป้องกันความชื้นในอากาศกลับเข้าไปอีก แล้วบันทึกผล

6.นำมาชั่งน้ำหนักจนครบ 20 ตัวอย่าง

3.2 การศึกษาออกแบบสร้างเตาชุดทดสอบ

การออกแบบเตาชุดทดสอบ ได้นำแนวความคิดและคุณสมบัติที่ดีในด้านต่าง ๆ ของเตาแต่ละแบบมาประยุกต์รวมกัน เช่นจากเตาถังน้ำมัน 200 ลิตร แบบชาวบ้าน ซึ่งใช้ถังน้ำมัน 200 ลิตร เป็นผนังเตาเพราะเป็นภาชนะที่หาซื้อได้ง่าย เตาแบบ mark V ทำมาจากถังน้ำมัน 200 ลิตร โดยมีการวางระบบการไหลของอากาศภายในเตาสามารถถอดแยกส่วนเพื่อให้เคลื่อนย้ายได้สะดวก และเตาเผาถ่านกะลามะพร้าวแบบต่อเนื่อง-กึ่งต่อเนื่อง ตัวเตาทำจากถังน้ำมัน 200 ลิตร มีขายกสูงจากพื้น โดยมีการใช้งานที่สามารถเผาได้อย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว โดยมีหลักการของการคาร์บอไนเซชั่น ซึ่งการแบบไหม้เกิดขึ้นอย่างเป็นขั้นตอนทำให้สามารถควบคุมการเผาไหม้ของเตาถ่านได้ ซึ่งการคายความร้อนของถ่านนั้นสามารถแยกส่วนกับตัวเตาที่ทำหน้าที่เผาได้ และความร้อนจะลอยขึ้นด้านบนเสมอ เป็นต้น ตลอดจนมีแนวความคิดหลักในการที่จะพัฒนาสมรรถนะการทำงานของเตาให้ดีขึ้นจากเดิม (ดังภาพที่ 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



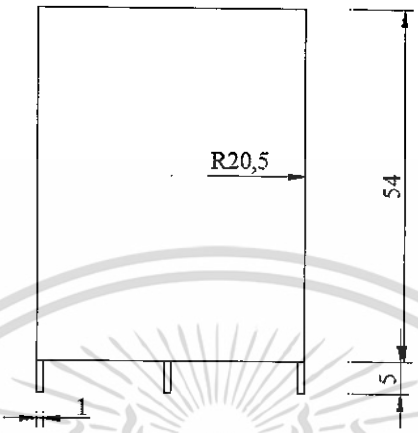
ภาพที่ 1 แบบสร้างเตาชุดทดสอบ

3.2.1 ลักษณะของตัวเตา

เตาชุดทดสอบ สามารถจำแนกลักษณะตามส่วนประกอบของตัวเตาออกได้เป็น 4 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

1. ส่วนที่อบไล่ความชื้น ทำจากถังน้ำมัน 70 ลิตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 41 เซนติเมตร และมีความสูง 54 เซนติเมตร โดยนำมาเจาะฝาถังและก้นถังออก บริเวณขอบฐานของถังใช้เหล็กแผ่นขนาด 1 เซนติเมตร ยาว 5 เซนติเมตร เชื่อมติดในแนวระนาบเดียวกับถังทั้งหมด 4 จุดรอบก้นถัง เพื่อเป็นตัวสวมกับเตาส่วนที่เกิดการเผาไหม้ ซึ่งตัวเตาส่วนนี้เวลาทำการเผาจะเป็นส่วนที่อบกะลามะพร้าว เพื่อไล่ความชื้นและสารละเหยบางส่วนออกไป ทำให้การเผาไหม้เกิดได้เร็วขึ้น (ดังภาพที่ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

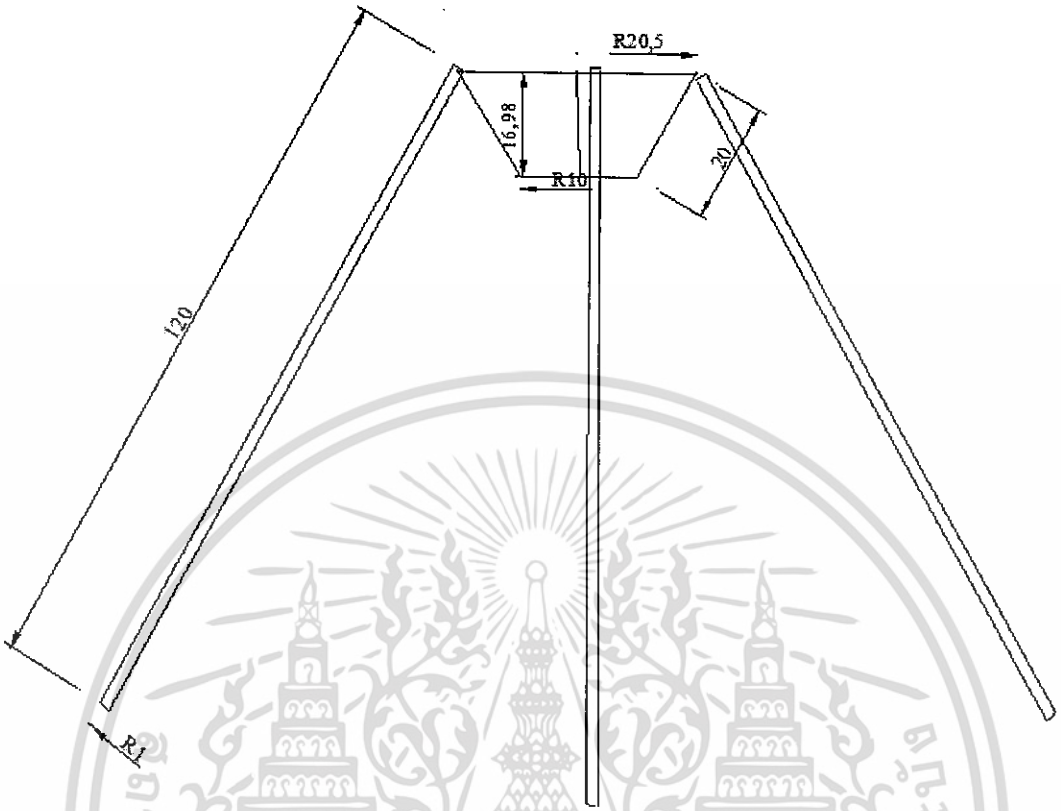


ภาพที่ 2 ส่วนที่อบไล่ความชื้น

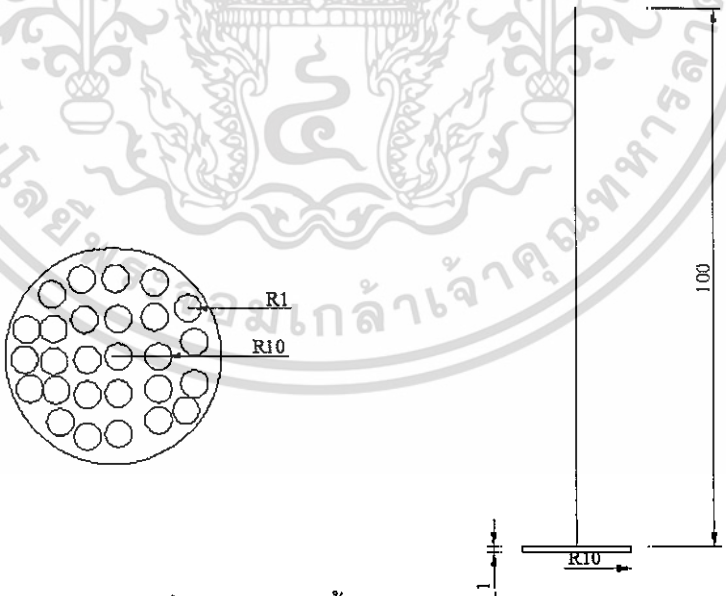
2. ส่วนที่เกิดการเผาไหม้ เป็นรูปกรวยหงาย ตัดยอดกรวยออก ส่วนด้านปากมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 41 เซนติเมตร โดยด้านช่องถ่านออกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร และมีความสูงเอียง 20 เซนติเมตร ซึ่งทำมุม 150 องศา จากแนวระนาบของถัง และสูงตรง 16.98 เซนติเมตร โครงสร้างเป็นเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4 เซนติเมตร ส่วนผนังโดยรอบทำด้วยแผ่นเหล็กหนา 0.1 เซนติเมตร และด้านฐานเชื่อมเหล็กเส้นขวางไว้ 2 เส้น เพื่อเป็นที่วางตะแกรงรังผึ้งดินเผา และต่อขายาว 120 เซนติเมตร ด้วยท่อเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร จำนวน 4 ขา เพื่อให้สามารถสอดถังเก็บไปรับถ่านใต้เตาได้ ซึ่งบริเวณนี้จะเป็นส่วนที่ได้รับความร้อนจากการเผาไหม้มาก (ดังภาพที่ 3)

3. ตะแกรงรังผึ้งดินเผา มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร มีความหนา 1 เซนติเมตร และมีรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร มีทั้งหมด 27 รู กระจายทั่วทั้งตะแกรง โดยได้นำเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4 เซนติเมตร ยาว 100 เซนติเมตร ยึดติดตรงกลางให้ตั้งฉากกับตะแกรงรังผึ้งดินเผาพอดี เพื่อเป็นที่จับในการยกตะแกรงรังผึ้งดินเผาขึ้นให้ถ่านตกลงมายังด้านล่างของเตา โดยตะแกรงรังผึ้งดินเผาจะทำหน้าที่เป็นส่วนรองรับถ่าน เพื่อใช้เป็นเชื้อไฟในการเผาไหม้ครั้งต่อไป (ดังภาพที่ 4)

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



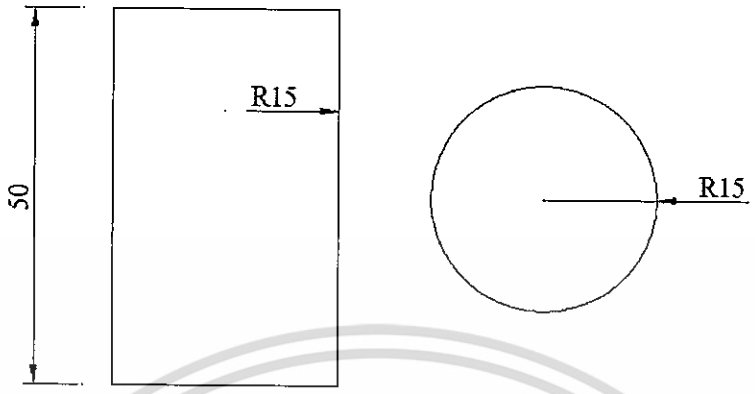
ภาพที่ 3 ส่วนที่เกิดการเผาไหม้



ภาพที่ 4 ตะแกรงรังผึ้งดินเผาและที่ดึง

4. ถังเก็บตัวอย่างถ่าน เป็นถังเหล็กทรงกระบอก มีฝาปิดสนิท เพื่อไว้เป็นที่เก็บถ่านในการลดอุณหภูมิของถ่านหลังจากผ่านกระบวนการเผาไหม้แล้วจากเตา (ดังภาพที่ 5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5 ถังเก็บถ่านและฝาปิด

3.2.2 ลักษณะการทำงานของตัวเตา

กระบวนการผลิตเตาชุดทดสอบ จะเป็นการเคลื่อนที่ของกะลามะพร้าวจากบนลงล่างและกะลามะพร้าวที่กลายเป็นถ่านแล้วจะตกลงไปยังถังเก็บที่อยู่ด้านล่างของเตา โดยมีขั้นตอนการเผาไหม้ให้กะลามะพร้าวกลายเป็นถ่าน เริ่มจากยกเตาส่วนบนออกแล้วจุดเชื้อไฟในเตาตรงตะแกรงรังผึ้งดินเผาโดยใช้กาบมะพร้าวแห้ง เทียน กะลามะพร้าว 3-4 ฝา หรือน้ำมันก๊าดช่วยทำให้ติดไฟได้เร็วขึ้น เมื่อไฟเริ่มลุกให้ใส่กะลามะพร้าวอีก 1-2 กิโลกรัม จากนั้นเมื่อไฟลุกอีกให้สวมตัวเตาส่วนบนแล้วใส่กะลามะพร้าวจนเต็มถัง จากนั้นคอยสังเกตการลุกไหม้ของกะลามะพร้าวจากปากถัง เมื่อเห็นกะลามะพร้าวกลายเป็นถ่านลุกติดไฟดีแล้วจนเป็นถ่านแดง ให้สอดถังเก็บถ่านให้ตรงกับช่องที่ถ่านตกลงมา ต่อจากนั้นดึงตะแกรงรังผึ้งขึ้นด้านบน และเมื่อถ่านตกหมดแล้วจึงวางตะแกรงลงที่เดิมและเติมกะลามะพร้าวจนเต็มถังอีกครั้งเพื่อเป็นการเผาครั้งต่อไป แล้วปิดปากถังที่เก็บถ่านให้สนิท จากนั้นรอให้เย็นตัวแล้วค่อยเทถ่านออกจากถัง

3.3 การศึกษาคุณสมบัติของกะลามะพร้าวและการทดสอบหาเชื้อไฟเริ่มต้น

ในการดำเนินการขั้นตอนนี้ เป็นการเริ่มทำการทดสอบวัสดุและเตาที่ทำการสร้าง โดยจะทดสอบที่แปลงเกษตรของภาควิชาเทคนิคเกษตร ซึ่งมีแนวทางดังนี้

3.3.1 การศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของกะลามะพร้าวก่อนการทดลอง

การศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของกะลามะพร้าวในครั้งนี้ เพื่อหาความหนาแน่นของกะลามะพร้าวก่อนการทดลอง ซึ่งผลที่ได้จะมีหน่วยเป็น กิโลกรัม / ลูกบาศก์เมตร เพื่อนำไปเทียบกลับหาอัตราส่วนในการหาปริมาณกะลามะพร้าว และถ่านที่ได้ในการเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.1 การหาความหนาแน่นของกะลามะพร้าว

วัสดุอุปกรณ์

1. กะลามะพร้าวที่ผึ่งแดดแล้ว
2. กระบอกตวง
3. ตาชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล
4. เหล็กปาดปากกระบอกตวง
5. ถุงพลาสติกไว้เก็บตัวอย่างกะลา

วิธีดำเนินการศึกษา

ในการศึกษา เพื่อหาความหนาแน่นของกะลามะพร้าว ซึ่งจะทำการทดลองทั้งหมด 100 ซ้ำ โดยมีขั้นตอน คือ

1.เตรียมและตรวจเช็คตาชั่งน้ำหนักให้พร้อมใช้งาน

2.นำกะลามะพร้าวที่ผ่านการผึ่งแดดแล้ว ประมาณ 100 กิโลกรัม มาเทกองแยกกัน 5 กอง ๆ ละประมาณ 20 กิโลกรัม เพื่อความสม่ำเสมอ และสะดวกในการสุ่มตัวอย่างนำไปหาค่าความชื้น

3.สุ่มเก็บตัวอย่างของกะลามะพร้าวที่นำมากองๆ ละ 5 ตัวอย่าง ทั้งหมด 25 ตัวอย่าง แล้วนำกะลาที่ได้แต่ละจุดใส่ถุงแยกแต่ละตัวอย่าง เพื่อนำไปทดสอบหาค่าความชื้นแล้วบันทึกผล

4.เริ่มโดยการวางกระบอกตวง แล้วใช้มือกอบกะลามะพร้าวที่กองไว้ใส่ให้เต็มเองตามธรรมชาติ จากนั้นใช้เหล็กปาดปากกระบอกตวงให้เสมอปากพอดี เพื่อให้ได้ตามปริมาตรของกระบอกตวง

5.นำไปชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกผล แยกกะลามะพร้าวที่ชั่งแล้วไว้ต่างหากอีกกองหนึ่ง เพื่อวัดความหนาแน่นได้ทั่วทั้งกอง

6.เมื่อทำการทดลองกองแรกหมดก็ให้ทดลองกองต่อไปแล้วบันทึกผล

7.ทำการทดลองตามขั้นตอนที่ 4-7 จนครบ 100 ซ้ำ

3.3.1.2 การหาค่าความชื้นของกะลามะพร้าวก่อนการเผา

วัสดุอุปกรณ์

1. ตู้อบลมร้อน
2. ตาชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล
3. ภาชนะใส่ตัวอย่างเข้าตัวอบ
4. ตัวอย่างกะลามะพร้าวที่สุ่มไว้ในหัวของที่ 3.3.1.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีดำเนินการศึกษา

ในการศึกษาหาค่าความชื้นของกะลามะพร้าว ที่ทำการสุ่มตัวอย่างก่อนการหาความหนาแน่นในข้างต้น มีทั้งหมด 25 ตัวอย่าง โดยมีขั้นตอนดังนี้

1.เตรียมและตรวจสภาพตู้อบให้พร้อมใช้งานและอุปกรณ์อื่นๆ

2.นำตัวอย่างมาเทใส่ภาชนะ ๆ ละ 1 ตัวอย่าง เพื่อสามารถทราบค่าความชื้นของแต่ละตัวอย่างได้

3.จากนั้นนำภาชนะที่ใส่ตัวอย่างและเอาเข้าตู้อบทั้งหมดแล้ว กำหนดอุณหภูมิที่ 105 องศาเซลเซียสนาน 24 ชั่วโมง เพื่อให้ความชื้นในกะลามะพร้าวระเหยออกจนหมด

4.หลังจากนั้นครบ 24 ชั่วโมง ให้นำตัวอย่างออกมาชั่งน้ำหนัก ครั้งละ 5 ตัวอย่าง เพื่อป้องกันความชื้นในอากาศกลับเข้าไปอีก แล้วบันทึกผล

5.นำมาชั่งน้ำหนักตามขั้นตอนที่ 4 จนครบทุกตัวอย่าง

3.3.2 การทดสอบหาปริมาณเชื้อไฟเริ่มต้น

การศึกษาหาปริมาณเชื้อไฟเป็นการทดลองหาปริมาณเชื้อไฟเริ่มต้นที่เหมาะสมในการเผาถ่านกะลามะพร้าว ในเตาชุดทดสอบ

วัสดุอุปกรณ์

1. กะลามะพร้าวที่ผึ่งแดดแล้ว
2. เตาชุดทดสอบ
3. วัสดุในการจุดไฟ เช่น กาบมะพร้าวแห้ง เทียน
4. ถังเก็บถ่านเพื่อลดอุณหภูมิ
5. ไฟแช็ค
6. ตาชั่งน้ำหนัก
7. ภาชนะตวงชั่งกะลามะพร้าว
8. นาฬิกา

วิธีดำเนินการทดลอง

การดำเนินการจะทำการทดลอง 5 ครั้ง ๆ ละ 6 ซ้ำ โดยแต่ละครั้งจะใช้ปริมาณของกะลาที่ใส่ต่างกันในแต่ละครั้งตั้งแต่ 1,2,3,4 และ 5 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งมีวิธีการคือ

1. ตรวจเช็คสภาพของเตา โดยที่ตะแกรงรังผึ้งดินเผาตรงกลางเตาจะต้องไม่ชำรุดและอยู่ตรงกลางเตาพอดี ไม่เอียง และอุปกรณ์อื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.กะลามะพร้าวที่ผ่านการผึ่งแดดเตรียมไว้แล้วมาชั่งแยกเป็นกอง โดยชั่งกองละ 1,2,3,4 และ 5 กิโลกรัมตามลำดับอย่างละ 6 กอง ซึ่งจะได้ทั้งหมด 30 กอง รวมใช้กะลามะพร้าว 90 กิโลกรัม

3.ทำการจุดไฟตรงกลางเตา โดยใช้เทียน กาบมะพร้าวแห้ง และกะลามะพร้าว 3-4 ฝา จนกระทั่งลุกไหม้เป็นเปลวไฟ บันทึกเวลาที่จุดไฟ และที่ไฟติด

4.เริ่มเติมกะลามะพร้าวที่ชั่งเป็นกองไว้ โดยเริ่มจาก 1 กิโลกรัม แล้ว บันทึกเวลาใส่และเวลาที่กลายเป็นถ่านแดง เพื่อจะได้ทราบเวลาที่ใช้ในการเผา

5.สอดถังเก็บถ่านใต้เตาตรงช่องที่ถ่านตก แล้วยกตะแกรงรังผึ้งดินเผาขึ้นด้านบน และนำไปชั่งน้ำหนักขณะที่มีถ่านร้อนกองอยู่ เสร็จแล้วกลับไปวางในเตาที่เดิม บันทึกน้ำหนัก เพื่อหาปริมาณของถ่านที่เหลืออยู่

6.นำฝามาปิดถังเก็บถ่านให้สนิท แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักถ่านขณะร้อน เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับน้ำหนักถ่านเมื่อเย็นตัว

7.ดำเนินการเติมกะลามะพร้าวต่อไปตามขั้นตอนที่ 4,5 และ 6 จนครบตัวอย่าง 1 กิโลกรัม

8.ระหว่างทำการทดลองสังเกตระยะเวลาที่ถ่านเย็นตัว แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกผล เพื่อทำให้ทราบถึงน้ำหนักถ่านเย็น

9.จากนั้นทำการทดลองปริมาณกะลามะพร้าวที่ 2,3,4 และ 5 กิโลกรัม ตามลำดับขั้นตอนการทดลองที่ 2-8 จนครบทุกตัวอย่าง

3.4 การศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวโดยใช้เตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่อง

การดำเนินการเป็นการและทดสอบ โดยในการทดสอบทำการสังเกตและบันทึกผลการทดสอบ เพื่อทำให้ทราบถึงความสามารถและประสิทธิภาพของเตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่อง ซึ่งการทดสอบกำหนดให้มี 2 สภาวะ และได้ทำการทดสอบการเผาถ่านในเตาถังน้ำมันแบบชาวบ้านขึ้นเพื่อเป็นตัวควบคุมในการทดสอบ โดยนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบซึ่งมีรายละเอียดการทดสอบ คือ

3.4.1 การศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวโดยใช้เตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่องสภาวะเปิดฝาเตา

เป็นการทดสอบการเผาถ่านกะลามะพร้าวโดยใช้เตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่องที่ให้มีการเผาโดยเปิดฝาด้านบนของตัวเตา เพื่อให้ระบายควันและความร้อนได้สะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุอุปกรณ์

1. กะลามะพร้าวที่ผึ่งแดดแล้ว
2. เตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่อง
3. วัสดุในการจุดไฟ เช่น กาบมะพร้าว เทียน
4. ไฟแช็ค
5. ตาชั่งน้ำหนัก
6. นาฬิกา
7. ตลับเมตร และไม้วัด

วิธีดำเนินการทดสอบ

การศึกษาทำการทดสอบ 6 ซ้ำ โดยทุกซ้ำใช้ปริมาณของกะลามะพร้าว 13 กิโลกรัม เพราะเตาเผาสามารถบรรจุกะลามะพร้าวได้ 13 กิโลกรัม ซึ่งมีวิธีการ คือ

1.ตรวจเช็ดสภาพเตาให้พร้อมใช้งาน

2.นำกะลามะพร้าวที่ผึ่งแดดแล้ว ซึ่งได้ชั่งเตรียมไว้เพื่อทดสอบจำนวน 6 ถุง ๆ ละ 13 กิโลกรัม ปริมาณกะลามะพร้าวที่ใช้ทดสอบทั้งหมด 78 กิโลกรัม

3.เริ่มการทดสอบโดยถอดเตาส่วนบนออกและการจุดเตาโดยใช้ปริมาณกะลามะพร้าว 2 กิโลกรัม ในการจุดเตาให้เป็นเชื้อไฟเริ่มต้นที่เหมาะสม จากการทดลองที่ 3.2 แสดงให้เห็นว่าที่ปริมารกะลามะพร้าว 2 กิโลกรัม เมื่อเผาแล้วสามารถเป็นเชื้อไฟได้ดีที่สุดจากการทดลอง บันทึกเวลาที่เริ่มจุดเตาและเวลาที่ใช้จุดเตา

4.เมื่อไฟเริ่มลุกไหม้ให้ใส่เตาส่วนบน เพื่อทำให้ไฟลุกไหม้เร็วขึ้น รอจนกลายเป็นถ่านแดง แล้วใช้เท้ากดเอาถ่านออก ซึ่งมีเชื้อไฟเหลือในเตา บันทึกเวลาที่กดถ่านออก

5.จากนั้นเติมกะลามะพร้าวที่เตรียมไว้จำนวน 1 ถุง สังเกตการเผาไหม้และรอจนกลายเป็นถ่านแดงทั้งหมดสังเกตจากเปลวไฟหายไป แล้ววัดความสูงของถ่านในเตาที่เผาได้ เพื่อหาการยุบตัวของกะลามะพร้าวเมื่อเผาเป็นถ่าน บันทึกเวลาที่เติมกะลามะพร้าว เวลาที่ใช้ในการเติมกะลามะพร้าว และความสูงของถ่านในเตา

6.สอดถังเก็บถ่านให้ตรงช่องที่ถ่านตก แล้วใช้เท้ากดที่แป้น โดยกดลงแล้วปล่อยสลับกันช้าๆ เพื่อให้ถ่านตกลงในถังเก็บถ่าน สังเกตว่าไม่มีถ่านตกจึงหยุดกด นำถังเก็บถ่านที่มีถ่านร้อนอยู่มาปิดฝาให้สนิท เพื่อป้องกันอากาศเข้า และหยุดการเผาไหม้ เพราะถ้าไม่ปิดหรือปิดไม่สนิทถ่านจะกลายเป็นขี้เถ้า นำมาชั่งน้ำหนัก บันทึกเวลาที่กดถ่านออก เวลาที่ใช้ในการกดถ่านออก เวลาที่ปิดถังเก็บถ่าน และน้ำหนักถ่านที่เผาได้

7. ดำเนินการทดสอบซ้ำต่อไปตามขั้นตอนที่ 5 และ 6 จนครบการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวโดยใช้เตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่องสภาวะปิดฝาเตา

เป็นการทดสอบการเผาถ่านกะลามะพร้าวโดยใช้เตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่องที่ให้มีการเผาโดยปิดฝาด้านบนของตัวเตา ซึ่งมีช่องเติมกะลามะพร้าวที่เปิดปิดได้และช่องระบายควันขนาด 5 X 5 เซนติเมตร เพื่อเป็นการควบคุมการระบายควันและความร้อนให้ช้าลง

วัสดุอุปกรณ์

1. กะลามะพร้าวที่ผึ่งแดดแล้ว
2. เตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่อง
3. ฝาปิดเตา
4. วัสดุในการจุดไฟ เช่น กาบมะพร้าว เทียน
5. ไฟแช็ค
6. ตาชั่งน้ำหนัก
7. นาฬิกา
8. ตลับเมตร และไม้วัด

วิธีดำเนินการทดสอบ

การศึกษาทำการทดสอบ 6 ซ้ำ โดยทุกซ้ำใช้ปริมาณของกะลามะพร้าว 13 กิโลกรัม เพราะเตาเผาสามารถบรรจุกะลามะพร้าวได้ 13 กิโลกรัม ซึ่งมีวิธีการ คือ

1.ตรวจเช็ดสภาพเตาให้พร้อมใช้งาน

2.นำกะลามะพร้าวที่ผึ่งแดดแล้ว ซึ่งได้ชั่งเตรียมไว้เพื่อทดสอบจำนวน 6 ถุง ๆ ละ 13 กิโลกรัม ปริมาณกะลามะพร้าวที่ใช้ทดสอบทั้งหมด 78 กิโลกรัม

3.เริ่มการทดสอบโดยถอดเตาส่วนบนออกและการจุดเตาใช้กะลามะพร้าว 2 กิโลกรัม ในการจุดเตาให้เป็นเชื้อไฟเริ่มต้น เพราะจากการทดลองที่ 3.2 แสดงให้เห็นว่าที่ปริมารกะลามะพร้าว 2 กิโลกรัม เมื่อเผาแล้วสามารถเป็นเชื้อไฟได้ดีที่สุดจากการทดลอง บันทึกเวลาที่เริ่มจุดเตาและเวลาที่ใช้จุดเตา

4.เมื่อไฟเริ่มลุกไหม้ให้ใส่เตาส่วนบนและปิดฝาเตา เพื่อทำให้ไฟลุกไหม้เร็วขึ้น รอจนกลายเป็นถ่านแดง แล้วใช้เท้ากดเอาถ่านออก ซึ่งมีเชื้อไฟเหลือในเตา บันทึกเวลาที่กดถ่านออก

5.จากนั้นเติมกะลามะพร้าวที่เตรียมไว้จำนวน 1 ถุง ตรงที่ช่องเติมกะลามะพร้าว สังเกตการเผาไหม้และรอจนกลายเป็นถ่านแดงทั้งหมดสังเกตจากเปลวไฟหายไป แล้ววัดความสูงของถ่านในเตาที่เผาได้ เพื่อหาการยุบตัวของกะลามะพร้าวกลายเป็นถ่าน บันทึกเวลาที่เติมกะลามะพร้าว เวลาที่ใช้ในการเติมกะลามะพร้าว และความสูงของถ่านในเตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.สอดถังเก็บถ่านให้ตรงซองที่ถ่านตก แล้วใช้เท้ากดที่แป้น โดยกดลงแล้วปล่อยสลับกันช้าๆ เพื่อให้ถ่านตกลงในถังเก็บถ่าน สังเกตว่าไม่มีถ่านตกจึงหยุดกด นำถังเก็บถ่านที่มีถ่านร้อนอยู่มาปิดฝาให้สนิท เพื่อป้องกันอากาศเข้า และหยุดการเผาไหม้ เพราะถ้าไม่ปิดหรือปิดไม่สนิทถ่านจะกลายเป็นขี้เถ้า นำมาชั่งน้ำหนัก บันทึกเวลาที่กดถ่านออก เวลาที่ใช้ในการกดถ่านออก เวลาที่ปิดถังเก็บถ่าน และน้ำหนักถ่านที่เผาได้

7. ดำเนินการทดสอบซ้ำต่อไปตามขั้นตอนที่ 5 และ 6 จนครบการทดสอบ

3.4.3 การศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวในเตาถังน้ำมันแบบชาวบ้าน

เป็นการศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าว โดยวิธีการแบบชาวบ้าน เพื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับการเผาถ่านกะลามะพร้าวที่ใช้เตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่อง ในการทดสอบที่ 3.4 ทั้ง 2 สภาวะ

วัสดุอุปกรณ์

1. กะลามะพร้าวที่ผึ่งแดดแล้ว
2. เตาถังน้ำมันขนาด 70 ลิตร
3. วัสดุในการจุดไฟ เช่น กาบมะพร้าว เทียน
4. ไฟแช็ค
5. ตาชั่งน้ำหนัก
6. นาฬิกา
7. ตลับเมตร และไม้วัด

วิธีดำเนินการทดลอง

การศึกษาทำการทดสอบ 6 ซ้ำ โดยทุกซ้ำใช้ปริมาณของกะลามะพร้าว 13 กิโลกรัม เพราะกำหนดให้ใช้ปริมาณกะลามะพร้าวเท่ากับการทดสอบเตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่อง ซึ่งมีวิธีการ คือ

1.ตรวจเช็คสภาพเตาให้พร้อมใช้งาน

2.นำกะลามะพร้าวที่ผึ่งตากแดดแล้ว ซึ่งได้ชั่งเตรียมไว้เพื่อทดสอบจำนวน 6 ถุง ๆ ละ 13 กิโลกรัม ปริมาณกะลามะพร้าวที่ใช้ทดสอบทั้งหมด 78 กิโลกรัม

3.เริ่มทดลองโดยล้มถังนอนขนานกับพื้น เพื่อให้จุดเตาได้ง่ายและเกิดการลุกไหม้ได้เร็ว การจุดเตาใช้ปริมาณกะลามะพร้าว 1 กิโลกรัม ในการเผาให้ได้เชื้อไฟเริ่มต้น เพราะจากการทดลองที่ 3.2 แสดงให้เห็นว่าที่ปริมารกะลามะพร้าว เมื่อเผาแล้วได้ถ่านประมาณ 0.05 กิโลกรัม ซึ่งปริมาณที่ได้ใกล้เคียงกับเชื้อไฟเริ่มต้นในการทดสอบเตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่อง บันทึกเวลาที่เริ่มจุดเตา และเวลาที่ใช้ในการจุดเตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.เมื่อไฟลุกไหม้จนกะลามะพร้าวกลายเป็นถ่านแดงแล้ว ให้ยกถังตั้งกับพื้น บันทึกเวลาที่ยกถังตั้งกับพื้น และเวลาที่ใช้ในการยกถังตั้งกับพื้น

5.เติมกะลามะพร้าวที่เตรียมไว้จำนวน 1 ถุง ตรงที่ช่องเติมกะลามะพร้าว สังเกตการเผาไหม้และรอจนกลายเป็นถ่านแดงทั้งหมดสังเกตจากเปลวไฟหายไป แล้ววัดความสูงของถ่านในเตาที่เผาได้ เพื่อหาการยุบตัวของกะลามะพร้าวเมื่อเผาเป็นถ่าน บันทึกเวลาที่เติมกะลามะพร้าว เวลาที่ใช้ในการเติมกะลามะพร้าว และความสูงของถ่านในเตา

6. ให้เทถ่านใส่ถังเก็บถ่าน เพื่อนำถ่านที่เผาได้มาพักให้เย็นตัวนอกเตานำถังเก็บถ่านที่มีถ่านร้อนอยู่มาปิดฝาให้สนิท เพื่อป้องกันอากาศเข้า และหยุดการเผาไหม้ เพราะถ้าไม่ปิดหรือปิดไม่สนิทถ่านจะกลายเป็นขี้เถ้า นำมาชั่งน้ำหนัก บันทึกเวลาที่เทถ่านออก เวลาที่ใช้ในการเทถ่านออก เวลาที่ปิดถังเก็บถ่าน และน้ำหนักถ่านที่เผาได้

7. ดำเนินการทดสอบซ้ำต่อไปตามขั้นตอนที่ 5 และ 6 จนครบการทดสอบ

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การเป็นนำข้อมูลที่ได้ทำการศึกษาทดลองนำมาวิเคราะห์ เพื่อหาคุณสมบัติของกะลามะพร้าวและความสามารถในการผลิตถ่านกะลามะพร้าว โดยสามารถแยกเป็นส่วน คือ

3.6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวโดยใช้ถังน้ำมัน 200 ลิตร การนำข้อมูลที่บันทึกเก็บได้จากการศึกษากรรมวิธีการผลิตถ่านกะลามะพร้าว โดยนำมาทำการวิเคราะห์เพื่อหาสิ่งต่างๆ ซึ่งสรุป วิจารณ์ผล และแสดงเป็นตาราง ดังนี้

ก.การหาค่าความชื้นของกะลามะพร้าวก่อนเผา เพื่อทำให้ทราบถึงความชื้นที่มีอยู่ในกะลามะพร้าว ซึ่งความชื้นจะมีผลต่อความสามารถในการเผาของเตา และผลผลิตถ่าน ดังสมการ

$$\text{ค่าความชื้น (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักกะลามะพร้าวก่อนอบ} - \text{น้ำหนักกะลามะพร้าวหลังอบ}}{\text{น้ำหนักกะลามะพร้าวก่อนอบ}} \times 100$$

ข.การหาผลผลิตถ่านกะลามะพร้าว เพื่อทำให้ทราบถึงปริมาณกะลามะพร้าวเมื่อเผาให้กลายเป็นถ่าน ซึ่งจะสามารถคาดการณ์ผลผลิตถ่านจากกะลามะพร้าวที่จะเผาได้ ดังสมการ

$$\text{ผลผลิตถ่านกะลามะพร้าว (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักถ่านทั้งหมด}}{\text{น้ำหนักกะลามะพร้าว}} \times 100$$

ค.การหาความสามารถในการเผาถ่านจริง เพื่อทำให้ทราบถึงความสามารถของเตาที่ใช้เผาถ่าน ซึ่งสามารถนำไปหาประสิทธิภาพการเผาถ่านได้ ดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถในการเผาถ่านจริง = น้ำหนักถ่านที่เผาได้ทั้งหมด (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
เวลาที่ใช้ทั้งหมด

ง.การหาความสามารถในการเผาถ่านทางทฤษฎี เพื่อทำให้ทราบถึงความสามารถเฉพาะที่มีช่วงการเผา ซึ่งสามารถนำไปหาประสิทธิภาพการเผาถ่านได้ ดังสมการ

ความสามารถในการเผาถ่านทางทฤษฎี = น้ำหนักถ่านที่เผาได้ทั้งหมด (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
เวลาที่ใช้เฉพาะช่วงที่มีการเผา

จ.การหาประสิทธิภาพในการเผาถ่านกะลามะพร้าว เพื่อเป็นค่าเปรียบเทียบว่าความสามารถในการเผาถ่านกะลามะพร้าวที่แท้จริง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าความสามารถในการเผาถ่านกะลามะพร้าวทางทฤษฎี ซึ่งทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพการเผาถ่านกะลามะพร้าวของเตา ดังสมการ

ประสิทธิภาพในการเผาถ่านกะลามะพร้าว (%) = ความสามารถในการเผาจริง X 100
ความสามารถในการเผาทางทฤษฎี

ฉ.การหาค่าเฉลี่ย เพื่อเป็นการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดเพียงค่าเดียวในการวิเคราะห์ผลแต่ละด้าน ดังสมการ

ค่าเฉลี่ย = ผลรวมของค่าทั้งหมด
จำนวนของค่าทั้งหมดที่รวม

3.6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาคุณสมบัติของกะลามะพร้าวและการทดสอบหาเชื้อไฟเบื้องต้น การนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาทดลอง โดยนำมาทำการวิเคราะห์เพื่อหาสิ่งต่างๆ ซึ่งสรุปวิจารณ์ผล แสดงเป็นตาราง และกราฟ ดังนี้

ก.การหาค่าความชื้นของกะลามะพร้าวก่อนการทดลอง (ใช้วิธีเดียวกับการวิเคราะห์ที่ 3.6.1 ข้อ ก.) เพื่อทำให้ทราบถึงความชื้นที่มีอยู่ในกะลามะพร้าว ซึ่งมีผลกับการหาความหนาแน่น และการติดไฟ

ข.การหาความหนาแน่นของกะลามะพร้าว เพื่อทำให้ทราบถึงปริมาณของกะลามะพร้าวที่ทำการเผาในแต่ละครั้ง ดังสมการ

ความหนาแน่น = น้ำหนักกะลามะพร้าวที่ตวงได้ (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)
ปริมาตรของกระบอกตวง

ค.การหาผลผลิตถ่านที่เป็นเชื้อไฟ เพื่อจะได้ทราบถึงปริมาณกะลามะพร้าวเมื่อเผากลายเป็นถ่านแล้วจะเหลือเป็นเชื้อไฟในเตา เพราะปริมาณกะลามะพร้าวที่ใส่มีผลต่อปริมาณเชื้อไฟ ดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลผลิตถ่านที่เป็นเชื้อไฟ (%) = น้ำหนักถ่านเชื้อไฟทั้งหมด x 100
น้ำหนักกะลามะพร้าว

ง.การหาความสามารถการเผากะลามะพร้าวให้เป็นเชื้อไฟจริง เพื่อทำให้ทราบถึงความสามารถของกะลามะพร้าวที่เผาแล้วเหลือเป็นเชื้อไฟ ดังสมการ

ความสามารถการเผาเป็นเชื้อไฟจริง = น้ำหนักเชื้อไฟที่เผาได้ทั้งหมด (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
เวลาที่ใช้ทั้งหมด

จ.การหาความสามารถการเผากะลามะพร้าวให้เป็นเชื้อไฟทางทฤษฎี เพื่อทำให้ทราบถึงความสามารถเฉพาะช่วงที่มีการเผานั้นๆ ของกะลามะพร้าวที่เผาแล้ว กับจำนวนเชื้อไฟที่เหลืออยู่

ความสามารถในการเผาเป็นเชื้อไฟทางทฤษฎี = น้ำหนักเชื้อไฟที่เผาได้ทั้งหมด (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
เวลาที่ใช้เฉพาะช่วงที่มีการเผา

ฉ.การหาอัตราส่วนระหว่าง น้ำหนักถ่านร้อนทั้งหมด ต่อ น้ำหนักถ่านเย็นทั้งหมด เพื่อให้ทราบถึงปริมาณผลผลิตถ่านขณะร้อนในการเผาทั้งหมด ซึ่งจะได้ค่าความสามารถในการผลผลิตถ่านเย็นได้ โดยนำไปหาความสามารถในการผลิตถ่านรวม โดยเริ่มจากการหาน้ำหนักถ่านเย็นดังสมการ

น้ำหนักถ่านเย็นบนตะแกรง = น้ำหนักถ่านร้อนในถังเก็บถ่าน x น้ำหนักถ่านร้อนบนตะแกรง
น้ำหนักถ่านเย็นในถังเก็บถ่าน

จากนั้นนำมาคำนวณหาน้ำหนักถ่านเย็นทั้งหมด และน้ำหนักถ่านร้อนทั้งหมด ดังสมการ

น้ำหนักถ่านเย็นทั้งหมด = น้ำหนักถ่านเย็นในถังเก็บถ่าน + น้ำหนักถ่านเย็นบนตะแกรง

น้ำหนักถ่านร้อนทั้งหมด = น้ำหนักถ่านร้อนในถังเก็บถ่าน + น้ำหนักถ่านร้อนบนตะแกรง

ซึ่งจะได้น้ำหนักถ่านร้อนทั้งหมดต่อน้ำหนักถ่านเย็นทั้งหมด

ช.การหาประสิทธิภาพในการเผาถ่านกะลามะพร้าว เพื่อเป็นค่าเปรียบเทียบว่าความสามารถในการเผาถ่านกะลามะพร้าวที่แท้จริง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าความสามารถในการเผาถ่านกะลามะพร้าวทางทฤษฎี ซึ่งทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพการเผาถ่านกะลามะพร้าวของเตา ดังสมการ

ประสิทธิภาพในการเผาถ่านกะลามะพร้าว (%) = ความสามารถในการเผาจริง X 100
ความสามารถในการเผาทางทฤษฎี

ซ. การหาประสิทธิภาพเชิงวัสดุ เพื่อทำให้ทราบว่ากะลามะพร้าวเมื่อเผาแล้วเหลือกลายเป็นถ่านในชั้นนั้นๆ ดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพเชิงวัสดุ(เปอร์เซ็นต์) = น้ำหนักถ่านบนตะแกรง X 100
น้ำหนักถ่านทั้งหมด

ณ.การหาค่าเฉลี่ย เพื่อเป็นการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดเพียงค่าเดียวในการวิเคราะห์ผลแต่ละด้าน ดังสมการ

ค่าเฉลี่ย = ผลรวมของค่าทั้งหมด
จำนวนของค่าทั้งหมดที่รวม

3.6.3 การวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาทดสอบการเผาถ่านกะลามะพร้าวในเตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่อง และเตาถังน้ำมันแบบชาวบ้าน การนำข้อมูลที่เก็บได้จากการไปทำการศึกษาทดสอบโดยนำมาวิเคราะห์เพื่อหาสิ่งต่างๆ ซึ่งสรุป วิจารณ์ผล แสดงเป็นตาราง และกราฟ ดังนี้

ก.การหาค่าความชื้นของกะลามะพร้าวก่อนเผา เพื่อทำให้ทราบถึงความชื้นที่มีอยู่ในกะลามะพร้าว ซึ่งความชื้นจะมีผลต่อความสามารถในการเผาของเตา และผลผลิตถ่านดังสมการ

ค่าความชื้น (%) = น้ำหนักกะลามะพร้าวก่อนอบ – น้ำหนักกะลามะพร้าวหลังอบ X 100
น้ำหนักกะลามะพร้าวก่อนอบ

ข.การหาผลผลิตถ่านกะลามะพร้าว เพื่อทำให้ทราบถึงปริมาณกะลามะพร้าวเมื่อเผาให้กลายเป็นถ่าน ซึ่งจะสามารถคาดการณ์ผลผลิตถ่านจากกะลามะพร้าวที่จะเผาได้ ดังสมการ

ผลผลิตถ่านกะลามะพร้าว (%) = น้ำหนักถ่านทั้งหมด x 100
น้ำหนักกะลามะพร้าว

ค.การหาความสามารถในการเผาถ่านจริง เพื่อทำให้ทราบถึงความสามารถของเตาที่ใช้เผาถ่าน ซึ่งสามารถนำไปหาประสิทธิภาพการเผาถ่านได้ ดังสมการ

ความสามารถในการเผาถ่านจริง =น้ำหนักถ่านที่เผาได้ทั้งหมด (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
เวลาที่ใช้ทั้งหมด

ง.การหาความสามารถในการเผาถ่านทางทฤษฎี เพื่อทำให้ทราบถึงความสามารถเฉพาะที่มีช่วงการเผา ซึ่งสามารถนำไปหาประสิทธิภาพการเผาถ่านได้ ดังสมการ

ความสามารถในการเผาถ่านทางทฤษฎี = น้ำหนักถ่านที่เผาได้ทั้งหมด (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
เวลาที่ใช้เฉพาะช่วงที่มีการเผา

จ.การหาประสิทธิภาพในการเผาถ่านกะลามะพร้าว เพื่อเป็นค่าเปรียบเทียบว่าความสามารถในการเผาถ่านกะลามะพร้าวที่แท้จริง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าความสามารถในการเผาถ่านกะลามะพร้าวทางทฤษฎี ซึ่งทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพการเผาถ่านกะลามะพร้าวของเตา ดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพในการเผาถ่านกะลามะพร้าว (%) = ความสามารถในการเผาจริง X 100

ความสามารถในการเผาทางทฤษฎี

ฉ. การหาค่าเฉลี่ย เพื่อเป็นการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดเพียงค่าเดียวในการวิเคราะห์ผลแต่ละด้าน ดังสมการ

ค่าเฉลี่ย = ผลรวมของค่าทั้งหมด

จำนวนของค่าทั้งหมดที่รวม

3.7 ระยะเวลาการดำเนินงาน

ระยะเวลาการดำเนินงาน 10 เดือน ตั้งแต่ เดือนกรกฎาคม 2547 ถึง เดือนมีนาคม 2548

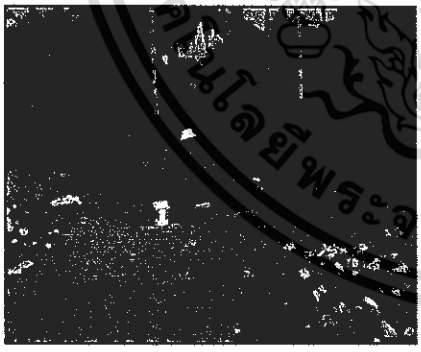
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล (Findings and Results)

ผลการศึกษาและทดสอบ ได้ดำเนินการตามแนวทางในบทที่ 3 คือ การศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวโดยใช้ถังน้ำมัน 200 ลิตร การศึกษาออกแบบสร้างเตาชุดทดสอบ และการศึกษาคุณสมบัติของกะลามะพร้าวและการทดสอบหาเชื้อไฟเริ่มต้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 การศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวโดยใช้ถังน้ำมัน 200 ลิตร

การศึกษาได้ไปดำเนินการเมื่อวันที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2547 ที่โรงงานถ่านเจียงกี่จำกัด ต. บางใบไม้ อ. เมือง จ. สุราษฎร์ธานี ซึ่งสภาพทั่วไปของโรงงานมีเนื้อที่ประมาณ 3 ไร่ บริเวณรอบๆ เป็นสวนมะพร้าวห่างไกลจากชุมชนที่อยู่อาศัย (ภาพที่ 6) ลักษณะอากาศโดยทั่วไปในช่วงเวลา 08.00-12.00 นาฬิกา มีแสงแดดมากอากาศปลอดโปร่ง ส่วนช่วงเวลา 13.00-15.00 นาฬิกา มีฝนตกเล็กน้อย ทำให้กะลามะพร้าวที่รอการเผาเปียก (ภาพที่ 7) ส่งผลให้การเผาไหม้เกิดช้าลง เพราะความชื้นในกะลามะพร้าวเพิ่มขึ้น ที่โรงงานจะทำการเผาถ่านกะลามะพร้าววันละ 6 ถัง มีคนงานเฉพาะที่มีหน้าที่ในการผลิตถ่านกะลามะพร้าว 3 คน แบ่งเป็นหน้าที่เผาถ่าน 1 คน และหน้าที่บรรจุกับขนส่ง 2 คน โดยการศึกษาใช้วิธีการ สังเกตกรรมวิธีการเผาถ่าน สัมภาษณ์คนงานที่เผาถ่านและบันทึกการทำงานในขั้นตอนต่างๆ



ภาพที่ 6 สภาพทั่วไป

ภาพที่ 7 กะลามะพร้าวเปียกฝน

การเผาถ่าน เริ่มจากการจุดเตาโดยใช้กาบมะพร้าวแห้ง กะลามะพร้าว และน้ำมันก๊าด ซึ่งขณะจุดเตาต้องล้มถังให้นอนกับพื้น เพื่อให้อากาศไหลเข้าได้ดีขึ้นช่วยไฟติดเร็วขึ้น เมื่อเห็นไฟลุกไหม้ดีแล้ว ให้ยกถังตั้งตรงกับพื้น ซึ่งในการยกถังตั้งตรงกับพื้นค่อนข้างยุ่งยาก เพราะต้องใช้มือจับปากถังขณะที่ไฟกำลังลุกไหม้ ทำให้คนงานได้รับความร้อนโดยตรง จากนั้น การเติมกะลามะพร้าวรอจนไฟลุกไหม้ สังเกตถ้าเปลวไฟลดลง ให้เติมกะลามะพร้าวอีกครั้ง ต้องรอสังเกตเปลวไฟ และรอ

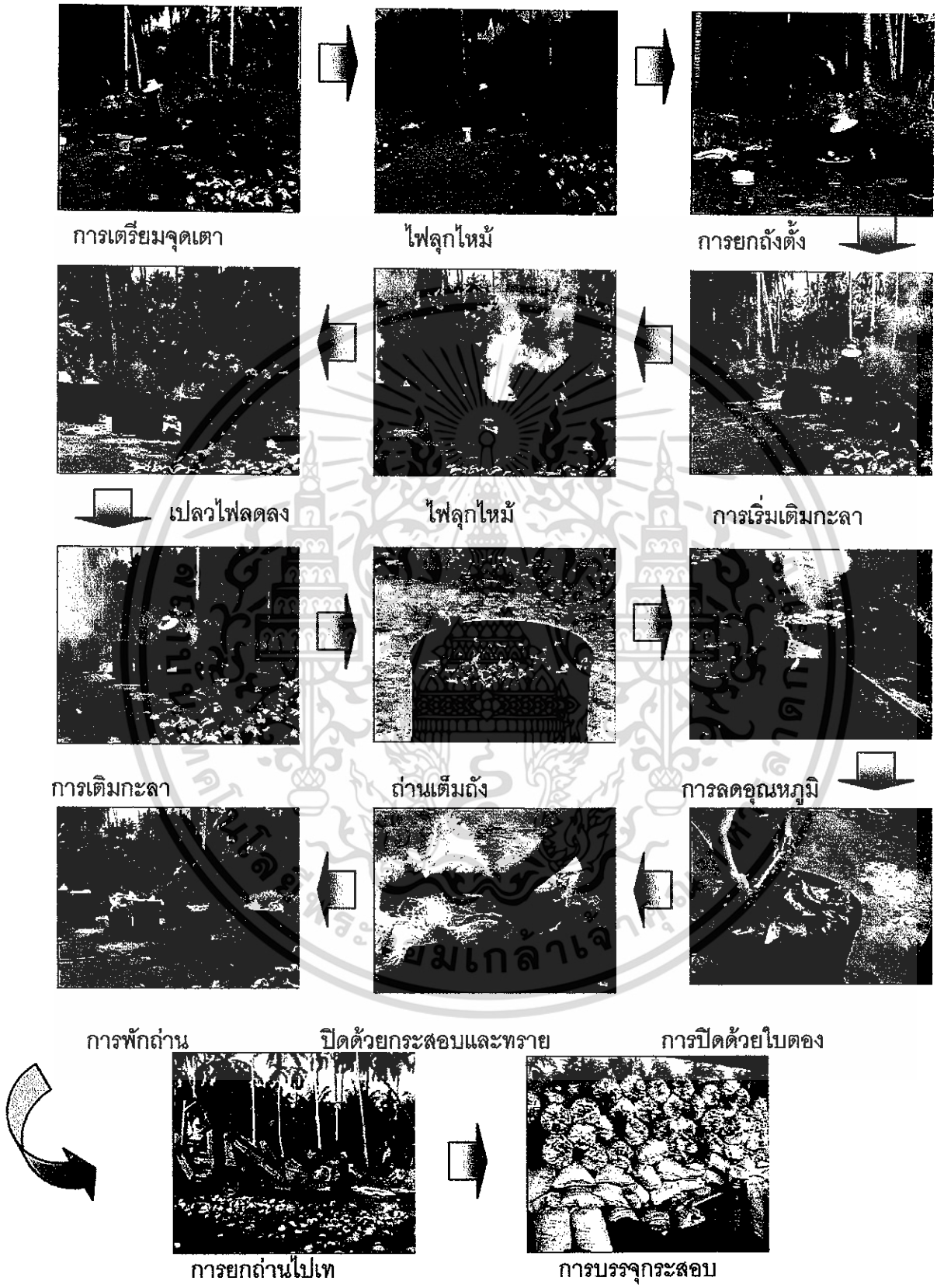
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เติมกะลามะพร้าวจนกว่าจะได้ถ่านเต็มถัง โดยต้องปะทะกับความร้อนและเขม่าควันจากการเผาไหม้ที่มีเป็นจำนวนมาก ซึ่งใช้เวลาประมาณ 1 วัน ในเวลาการทำงานของคนงาน การปิดถังต้องทำการลดอุณหภูมิ โดยการใช้น้ำรดลงบนถ่านในถังขณะร้อนต้องใช้ปริมารน้ำที่มากเพื่อดับไฟและลดความร้อน รอจนกว่าสามารถสัมผัสถ่านได้ ส่งผลให้ถ่านที่ได้ความชื้นสูง ทำให้เวลาจำหน่ายต้องเสียเวลาในการนำถ่านมาผึ่งแดดลดความชื้น หลังจากลดอุณหภูมิแล้วทำการปิดปากถัง โดยใช้ใบตองปิดบนถ่านบริเวณปากถัง จากนั้นนำกระสอบปิดทับบนใบตอง แล้วกลบปากถังด้วยทรายที่เปียกน้ำให้เต็มปากถัง เพื่อป้องไม่ให้อากาศไหลเข้าถัง เพราะถ้าอากาศไหลเข้าในถังได้จะทำให้เกิดการลุกไหม้ของถ่านจนกลายเป็นขี้เถ้า ซึ่งใช้เวลาพักถ่านไว้ในถังประมาณ 1 คืน แล้วใช้รถเคลื่อนย้ายถ่านไปลานผึ่งถ่าน ผึ่งลมไว้ 2 วันเพื่อลดความชื้นก่อนบรรจุกระสอบ ดังภาพที่ 8 ขั้นตอนการเผาถ่านแบบชาวบ้าน

การศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวโดยใช้ถังน้ำมัน 200 ลิตร จากข้อมูลที่ศึกษามีรายละเอียดดังตารางภาคผนวกที่1 และสามารถวิเคราะห์ผลการศึกษาได้ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยค่าความชื้นของกะลามะพร้าวก่อนเผาเฉลี่ยอยู่ที่ 13.65 % (ตารางภาคผนวกที่ 2) พบว่ากะลามะพร้าวที่ใช้ในการเผาเฉลี่ย 128.40 กิโลกรัม/ถัง ใช้ระยะเวลาในการจุดเตาประมาณ 4.20 นาที/ถัง ส่วนในถังที่ 3 ใช้เวลาในการจุดเตามากกว่าถังอื่นๆ เพราะการจุดเตาครั้งแรกไม่ติดจึงต้องจุดเตาเป็นครั้งที่ 2 และในการเติมกะลามะพร้าวใช้กะลาประมาณ 12.67 กิโลกรัม/ครั้ง /ถัง โดยใช้เวลาเผาต่อการเติม 1 ครั้ง ประมาณ 38.29 นาที/ถัง ทำให้เวลาที่ใช้ในการเผาต่อกิโลกรัมเฉลี่ย 3.05 นาที และระยะเวลาในการเผาให้ได้ถ่านเต็มถังเฉลี่ย 7.24 ชั่วโมง/ถัง จากนั้นทำการลดอุณหภูมิด้วยน้ำแล้วปิดถังด้วยใบตอง กระสอบและทราย ในขั้นตอนนี้ใช้เวลาเฉลี่ย 5 นาที/ถัง ส่งผลให้ค่าความชื้นของถ่านในถังสูงถึง 55.24 % ดังตารางภาคผนวกที่ 2 หลังจากนั้นพักถ่านไว้ในถังเฉลี่ย 16.05 ชั่วโมง ซึ่งถ่านที่เผาได้มีน้ำหนักเฉลี่ย 37 กิโลกรัม/ถัง คิดเป็นผลผลิตถ่าน 29 % ของกะลาที่ใช้เผาต่อถัง แล้วบรรจุกระสอบ ซึ่งค่าความชื้นของถ่านที่บรรจุกระสอบเฉลี่ย 3.46 % ดังตารางภาคผนวกที่ 3 ซึ่งความสามารถของเตาในการเผาถ่านจริงเฉลี่ย 5.52 กิโลกรัม/ชั่วโมง และความสามารถของเตาในการเผาถ่านทางทฤษฎีเฉลี่ย 6.39 กิโลกรัม/ชั่วโมง ส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงเวลาในการเผาถ่านกะลามะพร้าวเท่ากับ 86.61 %

จากขั้นตอนการเผาถ่านเห็นได้ว่าการเผาถ่านมีขั้นตอนที่ยุ่งยากลำบากมาก โดยเฉพาะขั้นตอนการจุดเตาต้องล้มถังและเมื่อไฟติดต้องยกถังตั้ง และขั้นตอนเติมกะลาให้เผาจนกว่าได้ถ่านเต็มถังใช้เวลาประมาณ 1 วัน ซึ่งต้องปะทะกับความร้อนที่สูงและเขม่าควันจากการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นตลอดเวลา แล้วใช้น้ำดับไฟเพื่อให้ถ่านเย็นตัวทำให้ต้องเสียเวลาผึ่งลดความชื้น 2 วันก่อนจำหน่าย ปิดถังทิ้งไว้ 1 คืนแล้วนำไปเทที่ต้องใช้แรงงานในการขนย้าย ส่งผลให้เสียเวลาทำงานอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 8 ขั้นตอนการเผาถ่านแบบชาวบ้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์การศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวโดยใช้ถังน้ำมัน 200 ลิตร

รายการวิเคราะห์ผล / ถังที่	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
น้ำหนักกะลาที่เผา(กิโลกรัม)	128.00	140.00	116.00	111.00	147.00	128.40
เวลาในการจุดเตา(นาที)	4.00	4.00	7.00	2.00	2.00	4.20
น้ำหนักกะลาเฉลี่ยในการเติม(กิโลกรัม)	14.00	12.54	14.00	10.80	12.00	12.67
เวลาการเผาเฉลี่ยต่อการเติม 1 ครั้ง (นาที)	45.00	37.45	44.00	34.30	28.72	38.29
เวลาที่ใช้ในการเผาเฉลี่ย (นาที ต่อกิโลกรัม)	3.21	3.36	3.14	3.17	2.39	3.05
เวลาที่ใช้ในการเผาถ่านทั้งหมด(ชั่วโมง)	7.33	7.38	7.14	6.19	6.14	7.24
เวลาที่ใช้ในการลดอุณหภูมิ (นาที)	5.00	7.00	4.00	4.00	5.00	5.00
เวลาที่พักถ่านในถัง (ชั่วโมง)	15.18	15.20	15.18	16.31	16.35	16.05
น้ำหนักถ่านที่เผาได้(กิโลกรัม)	33.50	38.50	38.50	37.00	37.50	37.00
ผลผลิตถ่านกะลามะพร้าว(เปอร์เซ็นต์)	0.26	0.27	0.33	0.33	0.25	0.29
ความสามารถในการเผาถ่านจริง (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	4.57	5.21	5.39	6.37	6.10	5.52
ความสามารถในการเผาถ่านทางทฤษฎี (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	5.14	6.30	6.05	7.21	7.26	6.39
ประสิทธิภาพในการเผาถ่านกะลามะพร้าว(เปอร์เซ็นต์)	88.91	82.69	89.09	88.34	84.02	86.61

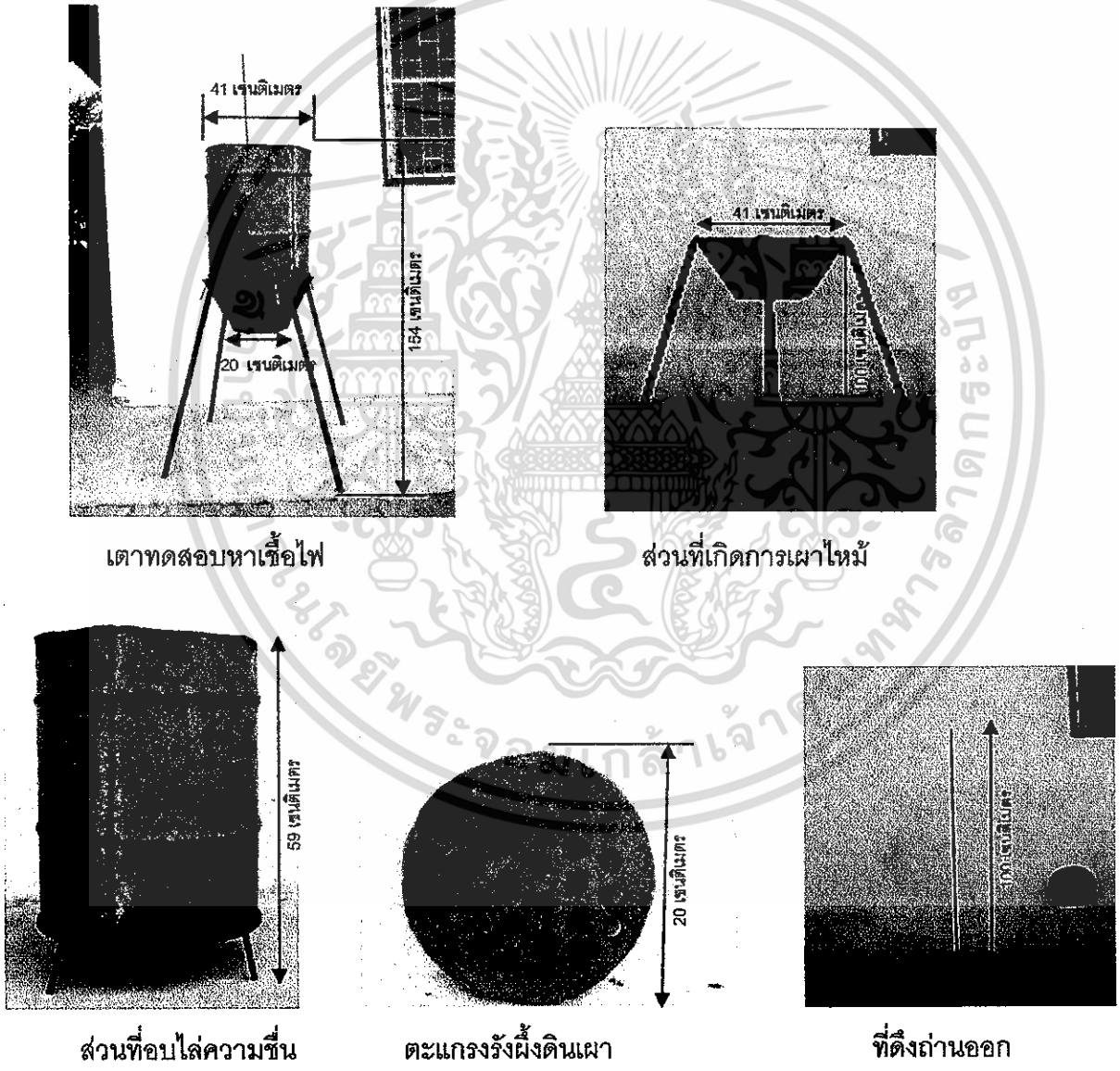
จากการศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวโดยใช้ถังน้ำมัน 200 ลิตร สามารถสรุปได้ว่า การเผาถ่านใช้กะลามะพร้าว 128.40 กิโลกรัมต่อถัง โดยจะเติมครั้งละ 12.67 กิโลกรัม ใช้เวลาในการเผา 7.24 ชั่วโมง พักถ่านในถังใช้เวลา 16.05 ชั่วโมง ผลผลิตถ่านที่ได้ 37 กิโลกรัม ส่งผลให้ความสามารถในการเผาถ่านจริง 5.52 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และความสามารถในการเผาถ่านทางทฤษฎี 6.39 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตลอดจนประสิทธิภาพในการเผาถ่านกะลามะพร้าวอยู่ที่ 86.61 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการเผาถ่านกะลามะพร้าวต้องอาศัยประสบการณ์จากการสังเกตของคนเผา

4.2 เตาเผาถ่านกะลามะพร้าวแบบกึ่งต่อเนื่องต้นแบบ

ออกแบบสร้างเตาได้ศึกษาขั้นตอนการเผาถ่านแบบชาวบ้านที่ใช้ถัง 200 ลิตร และเตาเผาถ่านแบบต่อเนื่องที่มีเผาได้เรื่อยๆ ควบคู่กับการศึกษาถึงขั้นตอนทั้ง 4 ของการเผาไหม้แบบคาร์บอไนเซชั่น ซึ่งขั้นตอนที่ 3 และ 4 คือกลายเป็นถ่านสามารถจัดการนอกเตาได้ เมื่อนำถ่านออกแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการเผาอีกครั้งโดยไม่ต้องจุดเตาใหม่ จึงได้ทดลองหาปริมาณเชื้อไฟ โดยออกแบบเตาทดสอบให้สามารถเก็บถ่านไว้เป็นชื้อไฟที่ไว้ในเตาและออกมาหาปริมาณได้ ดังภาพที่ 9 ซึ่งทำให้ทราบถึงปริมาณเชื้อไฟที่เหมาะสมในการเผาถ่านได้อีกครั้งแล้ว จากนั้นได้ออกแบบสร้างเตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่องต้นแบบขึ้น โดยสามารถนำถ่านที่เผาได้ออกแล้วเผาถ่านได้เรื่อยๆ โดยไม่ต้องจุดเตาใหม่ ซึ่งมีกลไกในการนำถ่านออกอยู่ส่วนล่างของเตา ดังภาพที่ 10

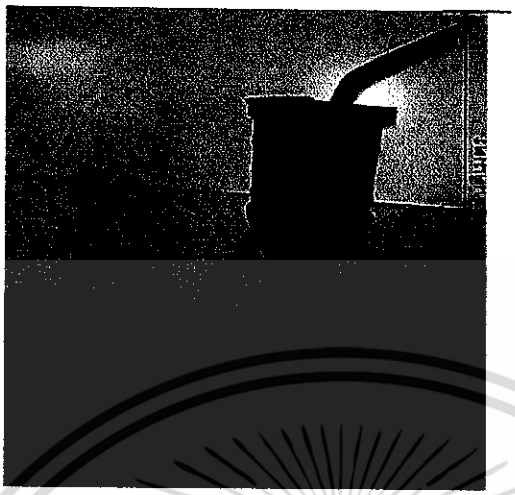


เตาทดสอบหาเชื้อไฟ ส่วนที่เกิดการเผาไหม้

ส่วนที่อบไล่ความชื้น ตะแกรงรังผึ้งดินเผา ที่ดึงถ่านออก

ภาพที่ 9 ส่วนประกอบเตาทดสอบหาเชื้อไฟ

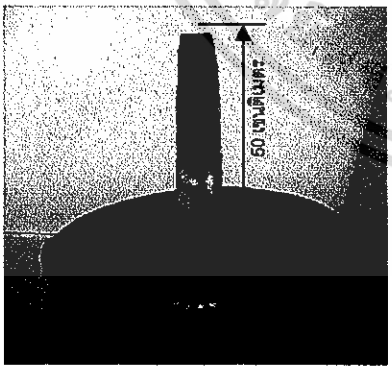
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่อง

ห้องเผาไหม้และช่องถ่านออก

ส่วนที่อบไล่ความชื้น



ฝาปิดเตา

ถังเก็บถ่าน

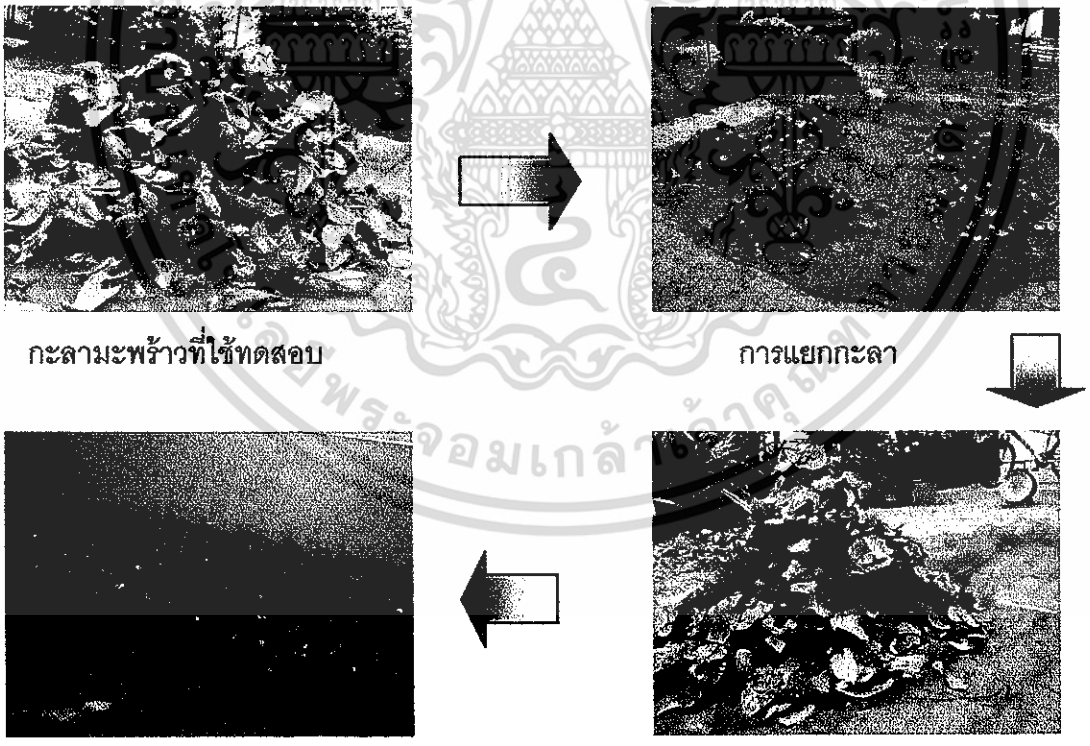
ภาพที่ 10 ส่วนประกอบเตาถังน้ำแบบกึ่งต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การศึกษาคุณสมบัติของกะลามะพร้าวและการทดสอบหาเชื้อไฟเริ่มต้น

การศึกษาและการทดสอบ ได้ไปดำเนินการ เมื่อวันที่ 26 มกราคม พ.ศ. 2548 ที่แปลงเกษตรของภาควิชาเทคนิคเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สภาพโดยทั่วไปเป็นที่โล่งแจ้งมีแหล่งน้ำ และห่างไกลจากชุมชน ลักษณะอากาศทั่วๆ ไป ช่วงเวลา 07.00-09.00 นาฬิกา ท้องฟ้าหลัว ส่วนช่วงเวลา 10.00-12.00 นาฬิกา มีแสงแดดแรง ในช่วงเวลา 13.00-16.00 นาฬิกา มีแดดอ่อนๆ และมีลมพัดเป็นระยะๆ สามารถแบ่งการศึกษาได้ดังนี้

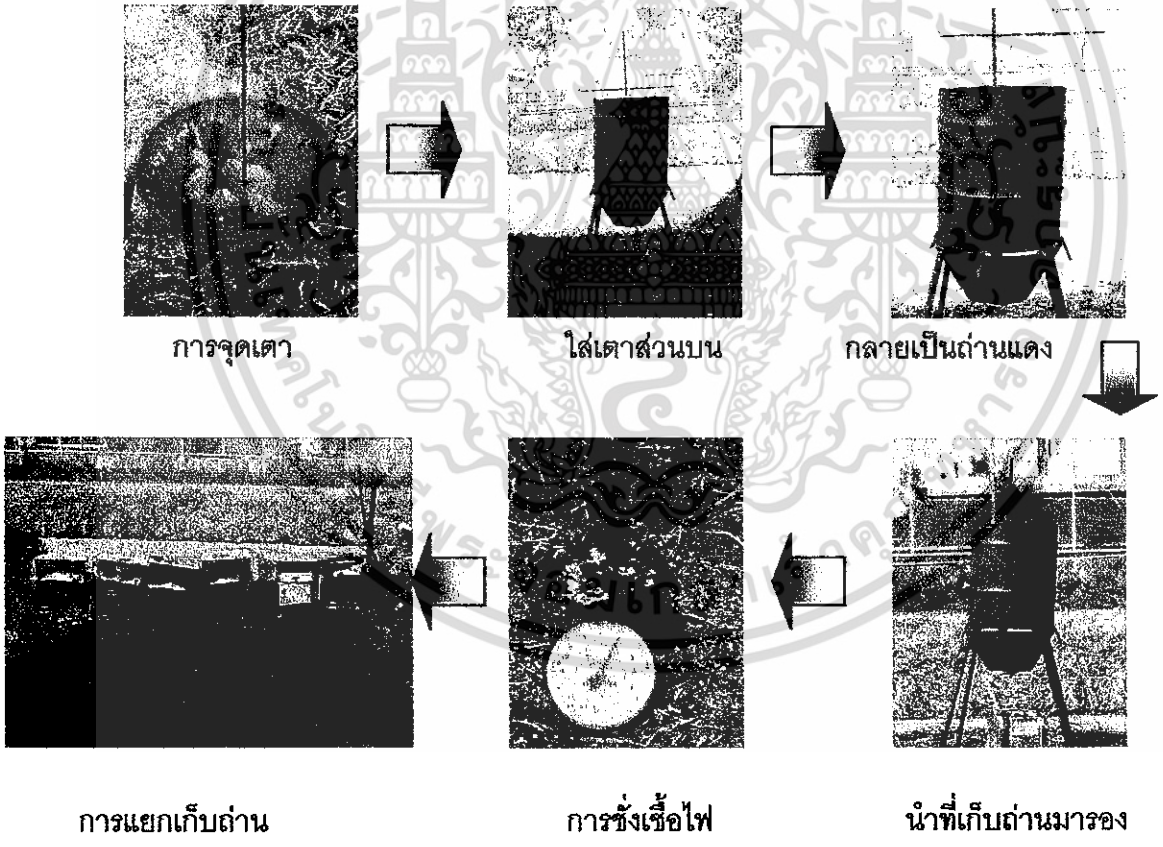
4.3.1 การศึกษาคุณสมบัติของกะลามะพร้าว ซึ่งจะทำการหาค่าความชื้นและความหนาแน่นของกะลามะพร้าวก่อนการทดสอบ โดยนำกะลามะพร้าวที่จะมาใช้ทดสอบมาแบ่งออกเป็น 5 กอง เพื่อให้สุ่มตัวอย่างนำไปหาค่าความชื้นได้สม่ำเสมอ แล้วสุ่มตัวอย่างกองละ 5 ตัวอย่าง ให้กระจายทั่วทั้งกอง จากนั้นหาความหนาแน่นโดยใช้กระบอกแล้วชั่งน้ำหนัก แล้วนำกะลามะพร้าวบรรจุใส่ถุงมัดให้แน่นไว้ใช้ทดสอบเพื่อป้องกันความชื้นของกะลามะพร้าวเปลี่ยนแปลงขณะทดสอบมีขั้นตอนดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ขั้นตอนการศึกษาคุณสมบัติของกะลามะพร้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 การทดสอบหาเชื้อไฟเริ่มต้น ในการทดสอบใช้แรงงาน 1คน โดยใช้เตาชุดทดสอบที่สร้างขึ้นมาเป็นเตาในการทดสอบ ซึ่งกะลามะพร้าวที่ใช้ต้องผ่านการผึ่งแดดเพื่อลดความชื้น ก่อนการทดสอบทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อหาค่าความชื้นและความหนาแน่น โดยทำการทดสอบ 5 ครั้งๆ ละ 6 ซ้ำ ในแต่ละครั้งใช้ปริมาณของกะลามะพร้าวที่น้ำหนักต่างกันในแต่ละครั้งตั้งแต่ 1,2,3,4 และ 5 กิโลกรัม ตามลำดับ รวมทั้งหมดใช้กะลามะพร้าว 90 กิโลกรัม การทดสอบหาเชื้อไฟ เริ่มโดยการจุดเตา ซึ่งก่อนจุดเตาต้องยกตัวเตาส่วนบนออกเพื่อให้จุดเตาสะดวกขึ้น เมื่อไฟติดใส่ตัวเตาส่วนบนแล้วเติมกะลามะพร้าว รอสังเกตจนกะลามะพร้าวกลายเป็นถ่านแดง นำที่เก็บถ่านมารองใต้เตาแล้วยกตะแกรงรังผึ้งดินเผาออกจากเตานำมาชั่งน้ำหนักเชื้อไฟ เมื่อชั่งเสร็จนำไปวางในเตาตำแหน่งเดิม จากนั้นเติมกะลามะพร้าวในซ้ำต่อไป ซึ่งถ่านในถังเก็บต้องปิดฝาให้สนิท แล้วแยกเก็บถ่านในแต่ละซ้ำ แล้วนำมาชั่งน้ำหนักขณะที่ถ่านร้อน และน้ำหนักถ่านเย็น เพื่อเปรียบเทียบน้ำหนักถ่านร้อนกับถ่านเย็น รอสังเกตและทำตามขั้นตอนที่กล่าวมาจนครบทุกซ้ำ มีขั้นตอนดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 ขั้นตอนการทดสอบหาเชื้อไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากการศึกษาคุณสมบัติของกะลามะพร้าว จากข้อมูลที่ศึกษามีรายละเอียดดังตารางภาคผนวกที่ 7 พบว่าค่าความชื้นของกะลามะพร้าวก่อนทดสอบ 7.36 % และค่าความหนาแน่นดังตารางภาคผนวกที่ 5 พบว่าความหนาแน่นของกะลามะพร้าวเฉลี่ย 0.214 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยการทดสอบหาเชื้อไฟเบื้องต้น จากข้อมูลการทดสอบดังตารางภาคผนวกที่ 4 ผลการวิเคราะห์การทดสอบ ดังตารางที่ 3 พบว่า เวลาที่ใช้ในการเผาเป็นเชื้อไฟในการทดสอบที่น้ำหนักกะลามะพร้าว 2 และ 3 กิโลกรัม ใช้เวลาเฉลี่ยเท่ากันคือ 8.33 นาที ซึ่งใช้เวลามากว่าการทดสอบที่ 1 กิโลกรัม แต่ใช้เวลาน้อยกว่าการทดสอบที่ 4 และ 5 กิโลกรัม แสดงให้เห็นว่าปริมาณเชื้อไฟการในทดสอบที่ 1 กิโลกรัม ได้ปริมาณน้อยที่สุด 0.03 กิโลกรัม แต่ในขณะการทดสอบที่ 2,3 และ4 กิโลกรัม มีน้ำหนักใกล้เคียงกัน ซึ่งในการทดสอบที่ 5 กิโลกรัม มีน้ำหนักมากที่สุด 0.18 กิโลกรัม เพราะการเติมกะลามากทำให้เผากะลามะพร้าวที่ยังไม่ติดไฟจะกดอัดลงบนกะลามะพร้าวที่เป็นถ่านแล้วอัดแน่น ส่งผลให้มุมกองของถ่านเชื้อไฟบนตะแกรงรังผึ้งดินเผามีมุมกองที่มากขึ้น ซึ่งผลผลิตเชื้อไฟ ในการทดสอบที่ 1,3,4 และ 5 กิโลกรัม ได้ผลที่ใกล้เคียงกัน แต่การทดสอบที่ 2 กิโลกรัม ได้ผลผลิตเชื้อไฟสูงถึง 5 % แสดงว่าที่น้ำหนัก 2 กิโลกรัม ให้ผลผลิตเชื้อไฟสูง เพราะถ้าใช้กะลามะพร้าวมากกว่า 2 กิโลกรัม ซึ่งผลผลิตใกล้เคียงกับการใช้กะลามะพร้าวแค่ 1 กิโลกรัม ส่งผลให้ความสามารถจริงการเผาเป็นเชื้อไฟ และความสามารถในการเผาเป็นเชื้อไฟทางทฤษฎี ได้ผลในการทดสอบที่เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ตั้งแต่การทดสอบที่ 1-5 กิโลกรัม ส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงวัสดุการทดสอบที่ 3,4 และ5 กิโลกรัม ถ่านที่ได้กลายเป็นขี้เถ้าเนื่องจากการติดไฟของกะลามะพร้าวไม่พร้อมกัน จึงได้ค่าที่ใกล้เคียงกัน แต่ขณะที่การทดสอบที่ 2 กิโลกรัม ได้ค่าที่สูงถึง 61.14 % และในทำนองเดียวกันประสิทธิภาพการเผาเป็นเชื้อไฟ ในการทดสอบที่ 1,3,4 และ5 กิโลกรัม ได้ค่าที่ใกล้เคียงกัน แต่ในขณะที่การทดสอบที่ 2 กิโลกรัม ได้ค่าสูงถึง 83.56 %

จากภาพที่ 13 เห็นได้ว่า เส้นกราฟของเวลาที่ใช้ในการเผาเป็นเชื้อไฟ จะเพิ่มขึ้นในช่วง 1 และ 2 กิโลกรัม มาคงที่ในช่วง ที่ 2 และ 3 กิโลกรัม และเพิ่มขึ้นอีกในช่วงที่ 3-5 กิโลกรัม ส่วนเส้นกราฟของผลผลิตเชื้อไฟ ประสิทธิภาพเชิงวัสดุ มีแนวโน้มและทิศทางเพิ่มขึ้นในช่วง 1 และ 2 กิโลกรัม และหลังจากผ่านที่ 2 กิโลกรัม ไปมีแนวโน้มลดลงมากในช่วงที่ 2-4 กิโลกรัม หลังจากนั้นในช่วงที่ 4 และ 5 กิโลกรัม มีแนวโน้มลดลงไม่มากเมื่อเทียบกับในช่วงที่ 2-4 กิโลกรัม ส่วนประสิทธิภาพการเผาเป็นเชื้อไฟมีทิศทางที่สม่ำเสมอ เนื่องจากค่าที่ได้แตกต่างกันไม่มาก ซึ่งกราฟอีก 3 เส้น คือ น้ำหนักเชื้อไฟ ความสามารถการเผาเป็นเชื้อไฟจริง และ เส้นของความสามารถในการเผาเป็นเชื้อไฟทางทฤษฎี มีทิศทางและแนวโน้มเดียวกัน คือ เพิ่มขึ้นไม่มากนัก ตามปริมาณของกะลามะพร้าวที่ใช้

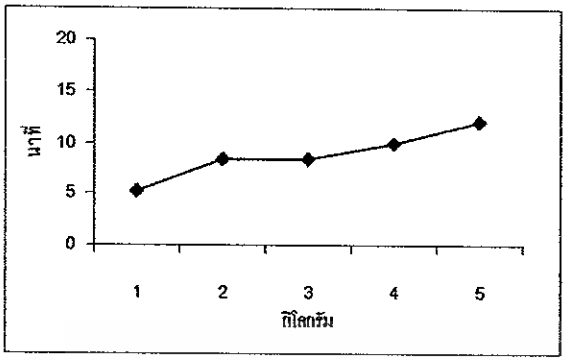
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์การทดสอบหาเชื้อไฟเบื้องต้น

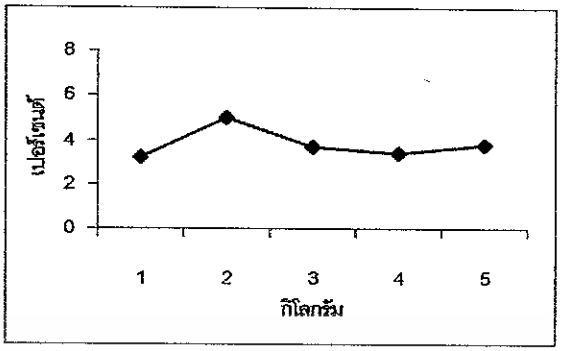
รายการวิเคราะห์ผล \ การทดสอบที่ (กิโลกรัม)	1	2	3	4	5
เวลาที่ใช้ในการเผาเป็นเชื้อไฟเฉลี่ย(นาที)	5.33	8.33	8.33	10.00	12.00
น้ำหนักเชื้อไฟเฉลี่ย (กิโลกรัม)	0.03	0.10	0.11	0.13	0.18
ผลผลิตเชื้อไฟ (เปอร์เซ็นต์)	3.20	5.00	3.66	3.35	3.80
ความสามารถการเผาเป็นเชื้อไฟจริง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	0.44	0.61	0.62	0.66	0.71
ความสามารถในการเผาเป็นเชื้อไฟทางทฤษฎี(กิโลกรัม/ชั่วโมง)	0.54	0.73	0.78	0.78	0.83
ประสิทธิภาพเชิงวัสดุ(เปอร์เซ็นต์)	34.01	61.14	44.76	35.27	34.68
ประสิทธิภาพการเผาเป็นเชื้อไฟ (เปอร์เซ็นต์)	81.48	83.56	79.48	84.61	85.54

จากการศึกษาคุณสมบัติของกะลามะพร้าวและการทดสอบหาเชื้อไฟเริ่มต้น ผลสรุปได้ว่า กะลามะพร้าวที่ความชื้น 7.36 % มีความหนาแน่นเท่ากับ 0.214 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่ปริมาณกะลามะพร้าว 2 กิโลกรัม ให้ผลผลิตเชื้อไฟที่ 5 % โดยใช้เวลาในการเผา 8.33 นาที ซึ่งประสิทธิภาพเชิงวัสดุมีถึง 61.14 % และประสิทธิภาพการเผาอยู่ที่ 83.56 % เห็นได้ว่า กะลามะพร้าว 2 กิโลกรัม เหมาะสมที่ใช้ในการเผาเป็นเชื้อไฟก่อนการเผาถ่านกะลามะพร้าวด้วยเตาชุดทดสอบที่สร้างขึ้น จึงเลือกใช้ปริมาณกะลามะพร้าว 2 กิโลกรัม ในการเผาเป็นเชื้อไฟ สำหรับการทดสอบครั้งต่อไป

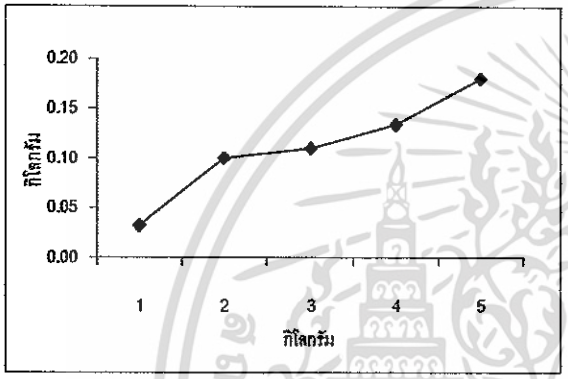
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



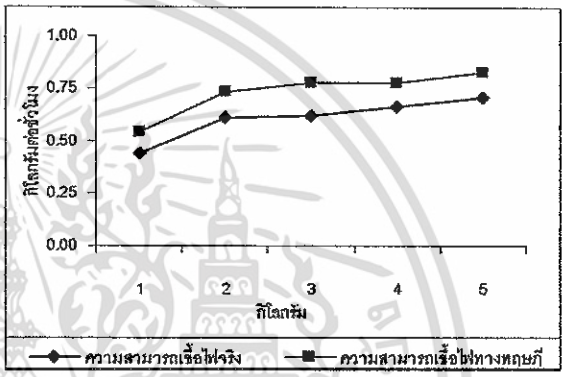
เวลาที่ใช้ในการเผาเฉลี่ย(นาที)



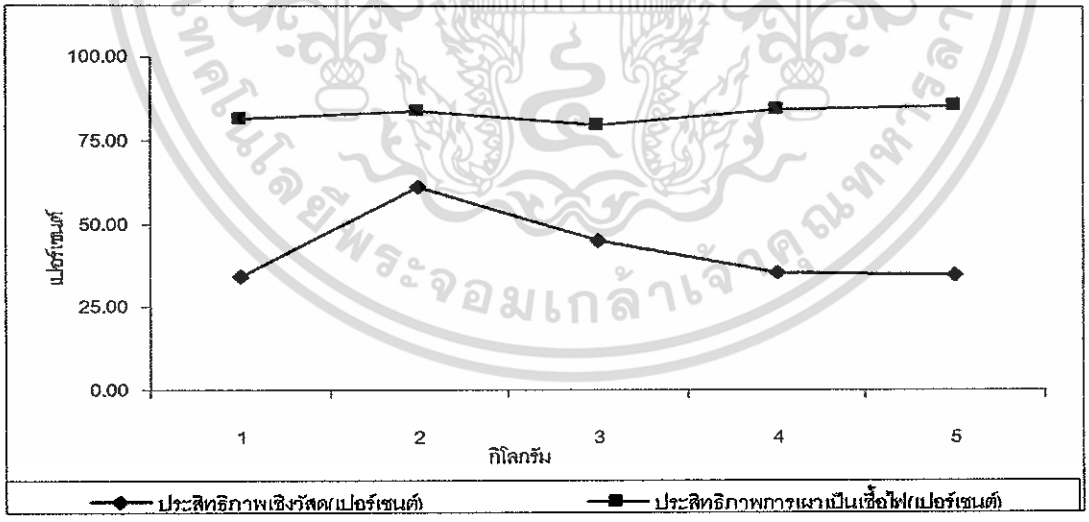
ผลผลิตเชื้อไฟ(เปอร์เซ็นต์)



น้ำหนักเชื้อไฟเฉลี่ย(กิโลกรัม)



ความสามารถจริงและทางทฤษฎี



ประสิทธิภาพเชิงวัสดุ และการเผาเป็นเชื้อไฟ(เปอร์เซ็นต์)

ภาพที่ 13 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์การทดสอบหาเชื้อไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

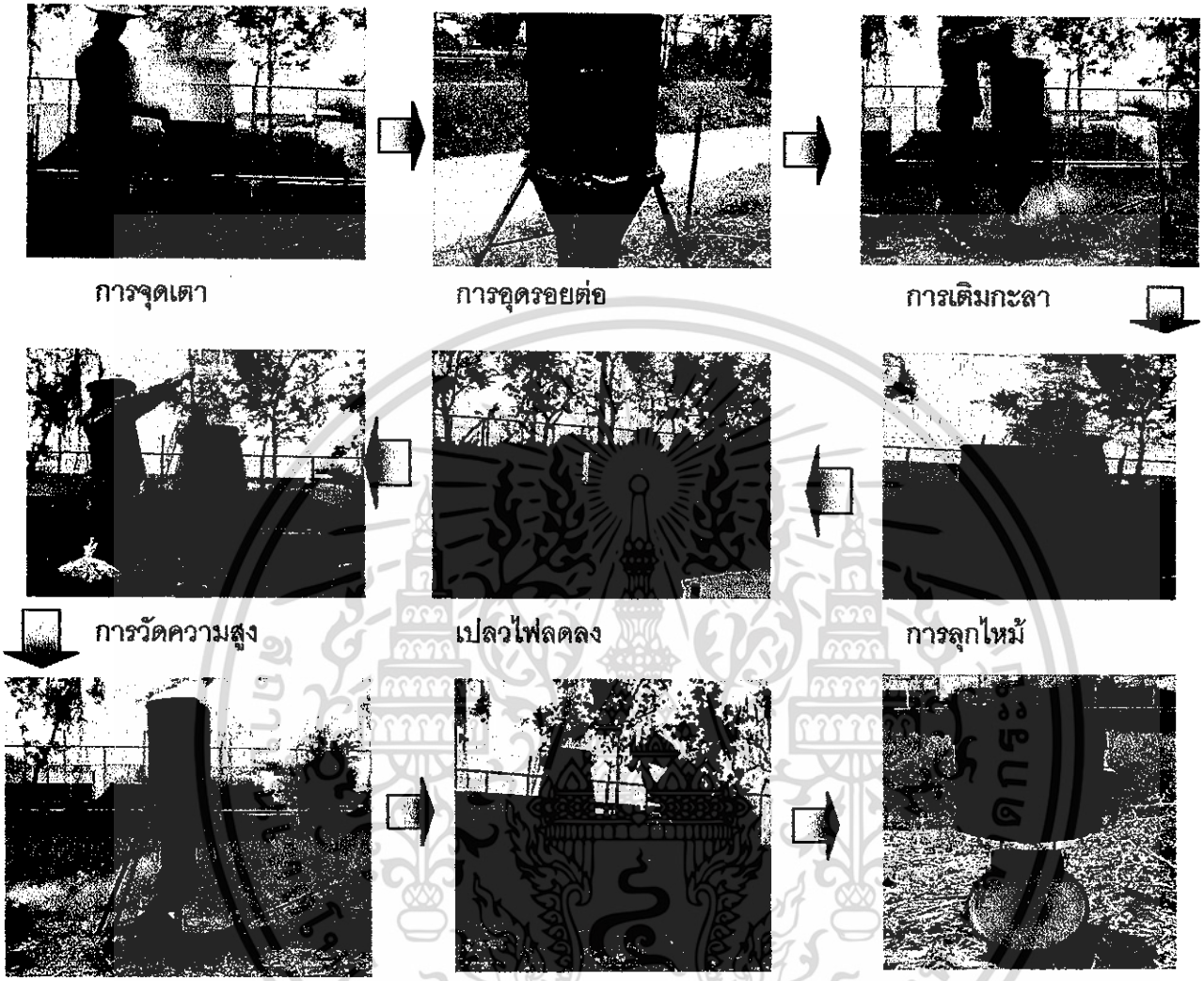
4.4 การศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวโดยใช้เตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่อง 1.แบบเปิดฝา 2.แบบปิดฝา 3.เตาถังน้ำมันแบบชาวบ้าน

การศึกษาและทดสอบได้ดำเนินการเมื่อวันที่ 28 มีนาคม พ.ศ.2548 บริเวณแปลงเกษตรของภาควิชาเทคนิคเกษตร คณะเทคโนโลยีเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สภาพโดยทั่วไปเป็นที่โล่งแจ้ง มีแหล่งน้ำ และห่างไกลจากชุมชน ลักษณะอากาศทั่วๆ ไป มีแสงแดดแรง และมีลมพัดเป็นระยะๆ โดยทำการทดสอบแบ่งออกเป็น 2 สภาวะ ดังนี้

4.4.1การศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวโดยใช้เตาเผาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่องในสภาวะเปิดฝาเตา ทำการทดสอบโดยทำการหาค่าความชื้นของกะลามะพร้าวก่อนการทดสอบ ซึ่งทดสอบ 6 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้กะลามะพร้าว 13 กิโลกรัม รวมทั้งหมดใช้กะลามะพร้าว 78 กิโลกรัม การทดสอบเริ่มโดยการจุดเตา ซึ่งก่อนจุดเตาต้องยกตัวเตาส่วนบนออกเพื่อให้จุดเตาสะดวกขึ้น เมื่อไฟติดก็ใส่ตัวเตาส่วนบนแล้วอุดรอยต่อของเตาด้วยดินเหนียว เพื่อป้องกันการไหลเข้าของอากาศซึ่งจะทำให้การลุกไหม้เกิดได้ช้า แล้วเติมกะลามะพร้าว สังเกตการลุกไหม้ของกะลามะพร้าว รอจนเปลวไฟหายไป วัดความสูงของถ่านในถัง นำที่เก็บถ่านมารองใต้เตา แล้วกดถ่านออก รอจนไม่มีถ่านตกลงจากเตาอีก แล้วหยุดกดและเติมกะลามะพร้าวซ้ำต่อไป ซึ่งถ่านถังเก็บได้ต้องปิดฝาที่เก็บให้สนิทแล้วนำมาชั่งหาน้ำหนักถ่านที่ได้ ซึ่งขั้นตอนดังภาพที่ 14

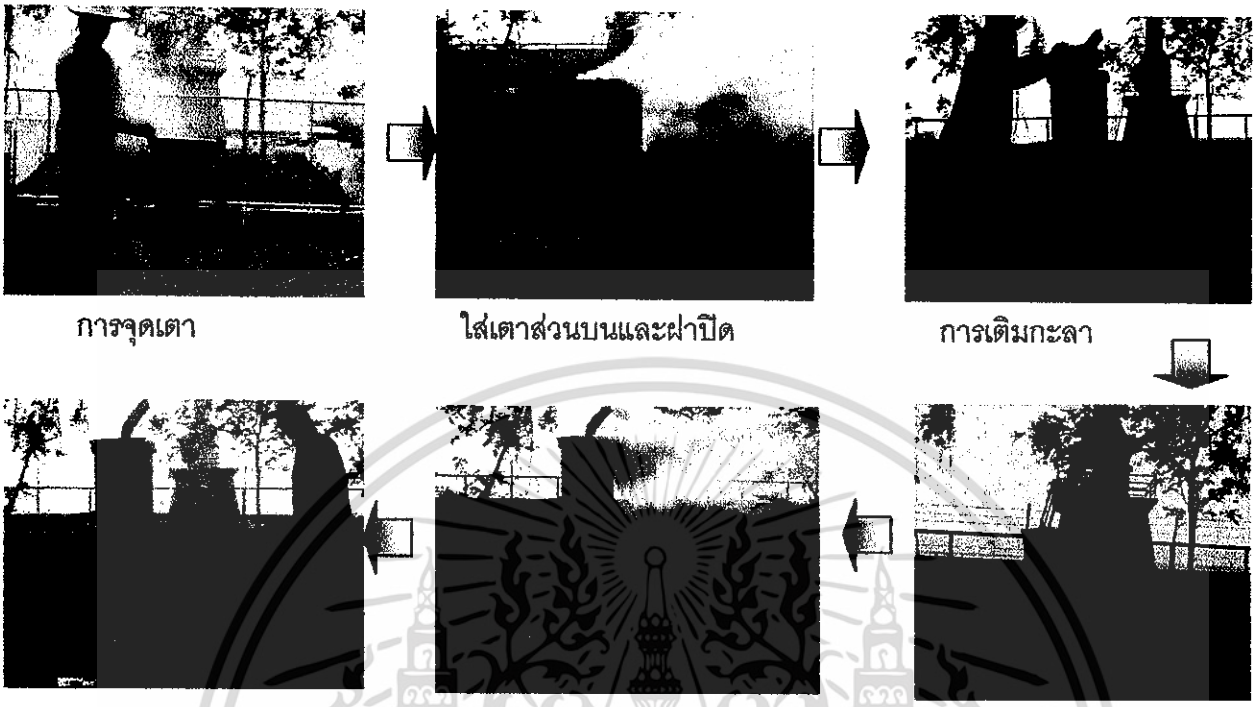
4.4.2การศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวโดยใช้เตาเผาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่องในสภาวะปิดฝาเตา ทำการทดสอบโดยทำการหาค่าความชื้นของกะลามะพร้าวก่อนการทดสอบ ซึ่งทดสอบ 6 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้กะลามะพร้าว 13 กิโลกรัม รวมทั้งหมดใช้กะลามะพร้าว 78 กิโลกรัม การทดสอบเริ่มโดยการจุดเตาซึ่งก่อนจุดเตาต้องยกตัวเตาส่วนบนออกเพื่อให้จุดเตาสะดวกขึ้น เมื่อไฟติดใส่ตัวเตาส่วนบนและฝาปิดเตา โดยต้องอุดรอยต่อของเตาด้วยดินเหนียวบริเวณรอยต่อ เพื่อป้องกันการไหลเข้าของอากาศ แล้วเติมกะลามะพร้าว สังเกตการลุกไหม้ของกะลามะพร้าว รอจนเปลวไฟหายไป วัดความสูงของถ่านในถังนำถังเก็บถ่านมารองใต้เตา แล้วกดถ่านออก รอจนไม่มีถ่านตกลงจากเตาอีก แล้วหยุดกดและเติมกะลามะพร้าวซ้ำต่อไป ซึ่งถ่านที่เก็บได้ต้องปิดฝาที่เก็บให้สนิทแล้วนำมาชั่งหาน้ำหนักถ่านที่ได้ ซึ่งขั้นตอนดังภาพที่ 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 14 ขั้นตอนการศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวโดยใช้เตาเผาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่องในสภาวะเปิดฝาเตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



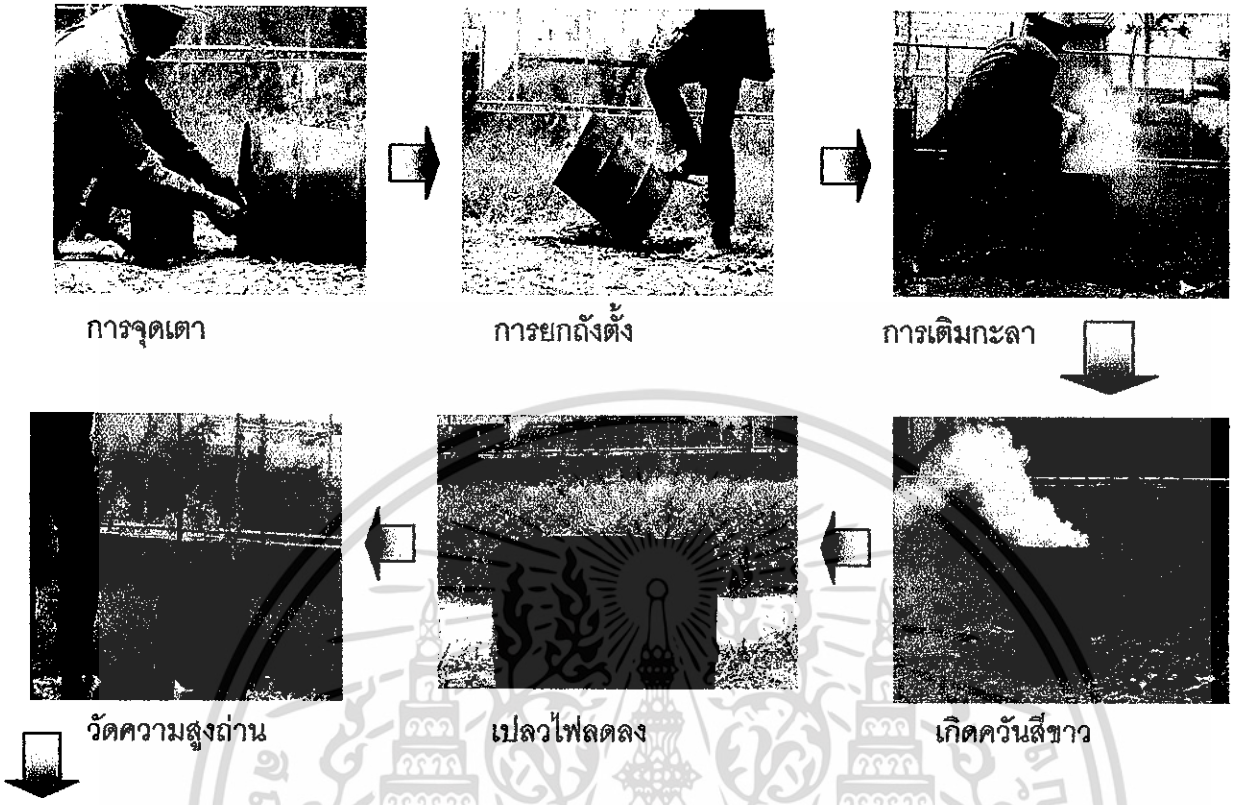
การจุดเตา ใส่เตาส่วนบนและฝาปิด การเติมกะลา

การกดถ่านออก นำถังเก็บถ่านมารอง เปลวไฟลดลง

ภาพที่ 15 ขั้นตอนการศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวโดยใช้เตาเผาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่องในสภาวะปิดฝาเตา

4.4.3 การศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวโดยใช้เตาถังน้ำมันแบบชาวบ้าน การศึกษาและทดสอบได้ดำเนินการเมื่อวันที่ 30 มีนาคม พ.ศ.2548 บริเวณแปลงเกษตรของภาควิชาเทคนิคเกษตร คณะเทคโนโลยีเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สภาพโดยทั่วไปเป็นที่โล่งแจ้ง มีแหล่งน้ำ และห่างไกลจากชุมชน ลักษณะอากาศทั่วๆ ไป ช่วง 11.00 น.-15.00 น. มีแสงแดดแรง ในช่วงเวลา 15.00 น.-21.00 น. อากาศร้อนอบอ้าวและมีลมพัดเป็นระยะๆ ซึ่งในการทดสอบจะใช้กะลามะพร้าวที่ได้บรรจุใส่ถุงไว้แล้วจากการทด สอบเตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่อง ทำการทดสอบ 6 ซ้ำ ในแต่ละซ้ำ ใช้กะลามะพร้าว 13 กิโลกรัม รวมทั้งหมดใช้กะลามะพร้าว 78 กิโลกรัม เริ่มการทดสอบโดยการจุดเตาซึ่งการจุดเตาต้องล้มถังนอนกับพื้นเพื่อให้เกิดการลุกไหม้ได้เร็วขึ้น รอจนกะลามะพร้าวลุกไหม้เป็นเชื้อไฟแล้ว จึงยกถังตั้งขึ้น แล้วเติมกะลามะพร้าว สังเกตการลุกไหม้ของกะลามะพร้าว ซึ่งในช่วงแรกควันสีขาวเกิดขึ้นจำนวนมากและเกิดเปลวไฟลุกไหม้สักพักเปลวไฟแล้วหายไป จึงวัดความสูงของถ่านในถัง และชั่งน้ำหนักถ่านขณะอยู่ในถังแล้วเทถ่านออกใส่ที่เก็บถ่านแล้วปิดฝาให้สนิทซึ่งขั้นตอนดังภาพที่16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 16 ขั้นตอนการศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวโดยใช้เตาถังน้ำมันแบบชาวบ้าน

จากผลการทดสอบ ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบแสดงรายละเอียดดังตารางภาคผนวกที่ 10 พบว่า ค่าความชื้นของกะลามะพร้าวก่อนทดสอบเฉลี่ย 11.60% สำหรับการทดสอบเผาถ่านโดยใช้เตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่องทั้งเปิดฝาและปิดฝาเตา แสดงดังตารางภาคผนวกที่ 8 ผลการวิเคราะห์การทดสอบแสดงดังตารางที่ 4 พบว่า เวลาที่ใช้ในการจุดเตาให้เป็นเชื้อไฟเริ่มต้นนั้น ในเตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่องในสภาวะที่ปิดฝาใช้เวลาในการจุดเตาน้อยที่สุดในการทดสอบคือ 2.35 นาที เพราะอากาศไหลเข้าทางด้านล่างของเตาทางเดียว เมื่อเทียบกับสภาวะที่เปิดฝาเตาทางไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้าของอากาศเข้าทางด้านบนด้วยทำให้ความร้อนไม่พุ่งขึ้นด้านบนของเตา ส่งผลให้การเผาไหม้เกิดขึ้นช้ากว่า และการเผาในเตาถังน้ำมันแบบชาวบ้านอากาศไหลเข้า-ออกทางเดียวกันทำให้การเผาไหม้เกิดช้าเช่นกัน ด้วยเหตุผลดังกล่าวทำให้เตาถังน้ำมันแบบชาวบ้านใช้เวลาถึง 84 นาที ในขณะที่เตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่องในสภาวะที่ปิดฝาเตาเวลาที่ใช้คือ 44.4 นาที และในสภาวะที่เปิดฝาใช้เวลาเพียง 30 นาที สังเกตได้ว่าการไหลเข้าและออกของอากาศมีผลต่อการเกิดการเผาไหม้ แต่ในทางกลับกันการที่เกิดการเผาไหม้ของเตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่องทั้งสภาวะที่เปิดฝาและปิดฝาเตาให้ถ่านได้เพียง 1.40 และ 1.46 กิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับการเผาในเตาถังน้ำมันแบบชาวบ้านได้ถ่านถึง 3.34 กิโลกรัม พบว่าการเผาถ่านโดยใช้เตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่องให้ผลผลิตถ่านน้อยกว่าเพียงแค่ครึ่งหนึ่งของเตาถังน้ำมันแบบชาวบ้าน แสดงว่าถ้าการเผาไหม้เกิดขึ้นเร็วทำให้ได้ปริมาณผลผลิตถ่านน้อยลงไปด้วย ส่งผลให้ผลผลิตถ่านของเตาถังน้ำมันแบบชาวบ้านมีค่าถึง 26.07% ซึ่งความสามารถในการเผาถ่านที่เกิดขึ้นจริงและทางทฤษฎี เตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่องในสภาวะที่เปิดฝาเตาให้ความสามารถสูงถึง 4.18 และ 4.72 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อเทียบกับในสภาวะที่ปิดฝาเตาและเตาถังน้ำมันแบบชาวบ้าน ซึ่งให้ความสามารถสูงสุดในการทดสอบ สำหรับประสิทธิภาพในการเผาถ่านของเตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่องในสภาวะที่เปิดฝาเตามีค่าสูงถึง 88.7% ซึ่งมีค่าสูงสุดในการทดสอบ และการเอาถ่านออกจากเตานั้นการเผาในเตาถังน้ำมันแบบต่อเนื่องสามารถเอาถ่านออกได้รวดเร็วกว่าการเผาในเตาถังน้ำมันแบบชาว บ้าน ซึ่งถ่านที่เผาได้เมื่อนำไปศึกษาความหนาแน่น แสดงดังตารางภาคผนวกที่ 10 พบว่าความหนาแน่นของถ่านกะลามะพร้าวเฉลี่ยที่ 0.264 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งค่าความชื้นของถ่านกะลามะพร้าวในการศึกษามีค่าความชื้น 11.11% ดังตารางภาคผนวกที่ 10

จากขั้นตอนดังกล่าว และผลการศึกษาทดสอบ ทำให้ทราบว่า ขั้นตอนในการทดสอบของเตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่อง การจุดเตาสามารถทำได้ง่ายและรวดเร็วกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการเผาในเตาถังน้ำมันแบบชาวบ้าน เพราะไม่ต้องล้มตัวเตา และอากาศไหลเข้าเตาได้ดีกว่าเนื่องจากมีตะแกรงรังผึ้งดินเผาอยู่ด้านล่าง ส่งผลใช้เวลาในการเผาถ่านน้อยกว่ามาก แต่ปริมาณถ่านที่ได้น้อยกว่าเตาถังน้ำมันแบบชาวบ้าน ซึ่งถ่านที่ได้จากเตาแบบชาวบ้านยังมีส่วนของใยมะพร้าวติดอยู่ แสดงให้เห็นว่าปริมาณที่มากกว่าอันเนื่องมาจากการเผาไหม้ไม่หมด โดยเมื่อมาวิเคราะห์ผลเตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่องในสภาวะที่ไม่มีฝาปิดให้ปริมาณกิโลกรัมต่อชั่วโมงมากกว่า เพราะว่าการเผาไหม้เกิดขึ้นเร็วเนื่องจากอากาศไหลเข้าเตาได้สะดวก และการนำถ่านออกจากเตาสามารถทำได้รวดเร็ว แต่จะมีอุปสรรคในการเติมกะลามะพร้าว เพราะเตามีขาที่สูงเนื่องจากต้องรองรับกลไกในการนำถ่านออก และจะมีถ่านบางส่วนที่ติดค้างบริเวณช่องทางออกของถ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

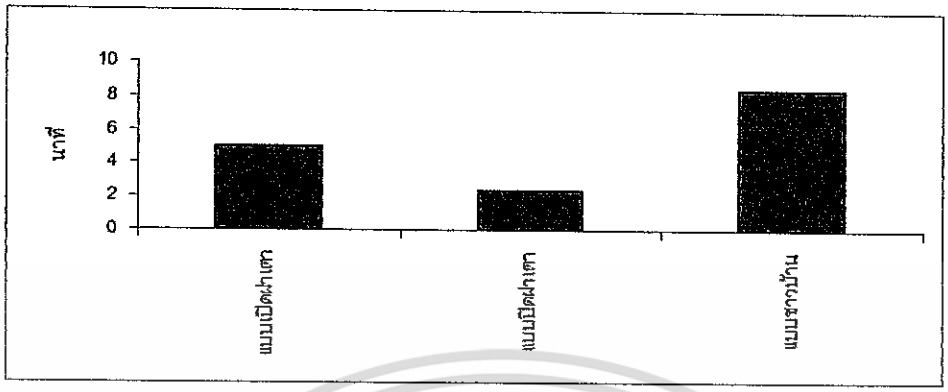
จากภาพที่ 17 กราฟผลการวิเคราะห์การทดสอบ พบว่ากราฟแท่งของความสามารถในการเผาถ่านจริงและทางทฤษฎีมีทิศทางแนวโน้มคล้ายกันคือ มีค่าสูงสุดที่เตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่องในสภาวะที่เปิดฝาเตาและมีค่าลดต่ำลงที่เตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่องในสภาวะที่ปิดฝาเตาและมีค่าเพิ่มขึ้นอีกครั้งที่เตาถังน้ำมันแบบชาวบ้าน ส่งผลให้แท่งกราฟของประสิทธิภาพในการเผาแนวโน้มเช่นเดียวกับแท่งกราฟความสามารถ สำหรับปริมาณถ่านที่เผาได้กับผลผลิตถ่านมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันคือ เริ่มต้นจากเตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่องในสภาวะที่เปิดฝาเตาจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และสูงสุดอยู่ที่เตาถังน้ำมันแบบชาวบ้าน เป็นผลมาจากเวลาที่ใช้ในการเผาที่เตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่อง ในสภาวะที่เปิดฝาเตาใช้เวลาในการเผาน้อยที่สุด และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นซึ่งที่เตาถังน้ำมันแบบชาวบ้านใช้เวลาในการเผาสูงสุดขึ้นอยู่กับทางเดินไหลเข้าออกของอากาศของการเผา

จากการศึกษาทดสอบเตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่องในสภาวะเปิดฝากับปิดฝาเตา และเตาถังน้ำมันแบบชาวบ้าน สรุปได้ว่าที่ความชื้นของกะลามะพร้าว 11.60% ซึ่งผลที่ได้แตกต่างกันคือเมื่อเผาในเตาถังน้ำมันแบบชาวบ้านได้ถ่าน 3.39 กิโลกรัม แต่การเผาในเตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่องทั้ง 2 สภาวะ ได้ถ่านเพียง 1.40 และ1.46 กิโลกรัม ซึ่งเมื่อมาสังเกตที่ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักถ่านที่ได้กับเวลาที่ใช้แล้ว พบว่าการเผาในเตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่องในสภาวะที่เปิดฝาเตาค่าความสามารถในการเผาจริงและทางทฤษฎีสูงสุดถึง 4.18 และ 4.72 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เนื่องจากเวลาในการเผาใช้เพียง 30 นาที ทำให้ประสิทธิภาพในการเผาสูงสุดด้วย อีกทั้งเวลาในการเอาถ่านออกจากเตาก็ใช้เวลาน้อยเพียง 20 วินาที ในการทดสอบ ด้วยเหตุผลดังกล่าวจะเป็นได้ว่าเตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่องในสภาวะที่เปิดฝาเตามีความสามารถและประสิทธิภาพสูงสุดในการทดลอง

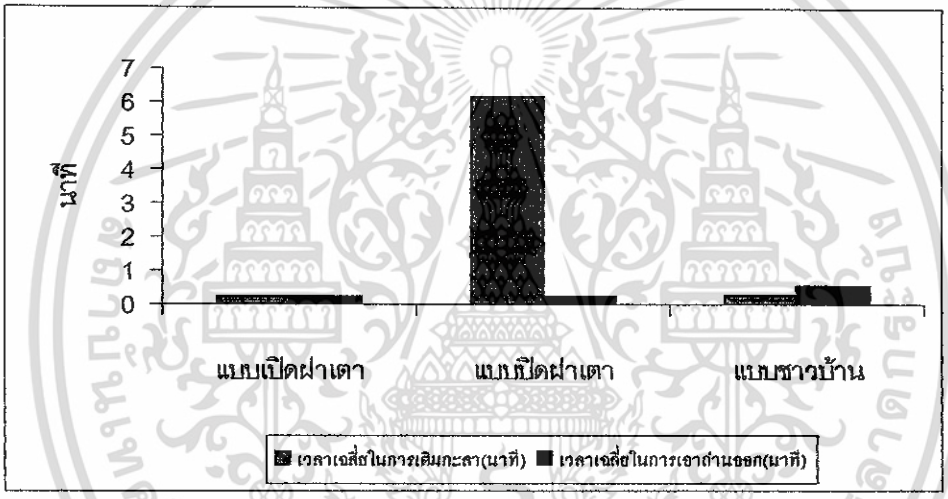
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์การทดสอบ

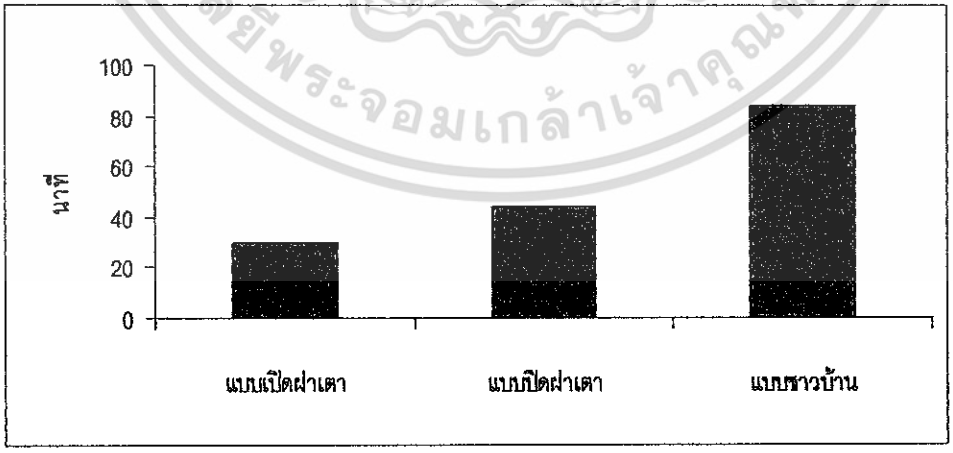
การวิเคราะห์	เตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่อง เปิดฝาเตา	เตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่อง ปิดฝาเตา	เตาถังน้ำมันแบบชาวบ้าน
เวลาเฉลี่ยที่ใช้จุดเตา(นาที)	5	2.35	8.47
เวลาเฉลี่ยในการเติมกะลา(นาที)	0.22	6.16	0.27
เวลาเฉลี่ยในการเผา(นาที)	30.00	44.40	84.00
เวลาเฉลี่ยในการเอาถ่านออก(นาที)	0.20	0.22	0.53
น้ำหนักถ่านเฉลี่ยที่เผาได้(กิโลกรัม)	1.40	1.46	3.39
ผลผลิตถ่านกะลาเฉลี่ย(เปอร์เซ็นต์)	10.77	11.23	26.07
ความสามารถเฉลี่ยในการเผาถ่านจริง(กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	4.18	2.70	3.42
ความสามารถเฉลี่ยในการเผาถ่านทางทฤษฎี(กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	4.72	3.31	4.06
ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการเผาถ่าน(เปอร์เซ็นต์)	88.70	81.68	84.92



เวลาเฉลี่ยในการจุดเตา



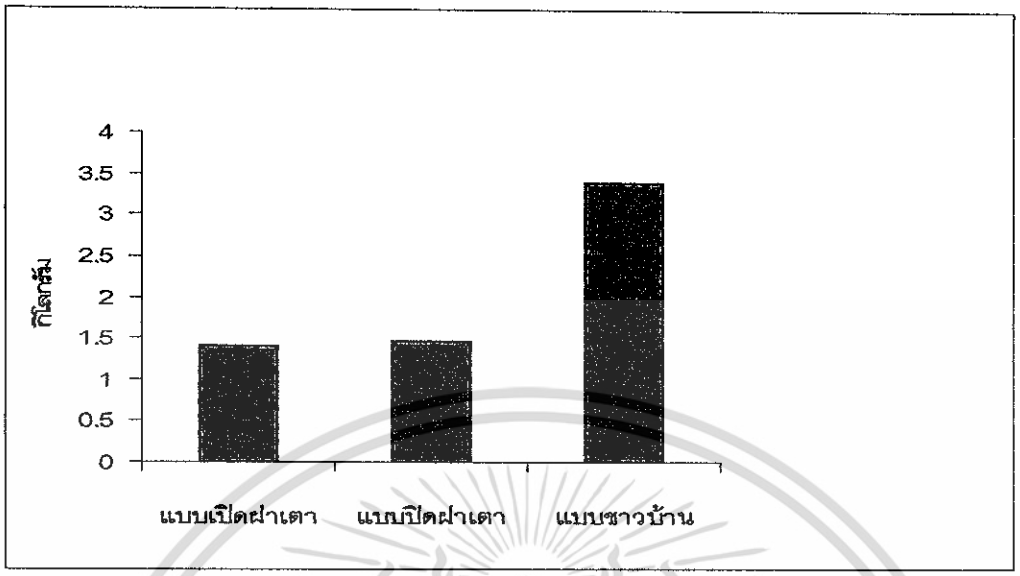
เวลาเฉลี่ยในการเติมกะลา และเวลาเฉลี่ยในการเอาถ่านออก

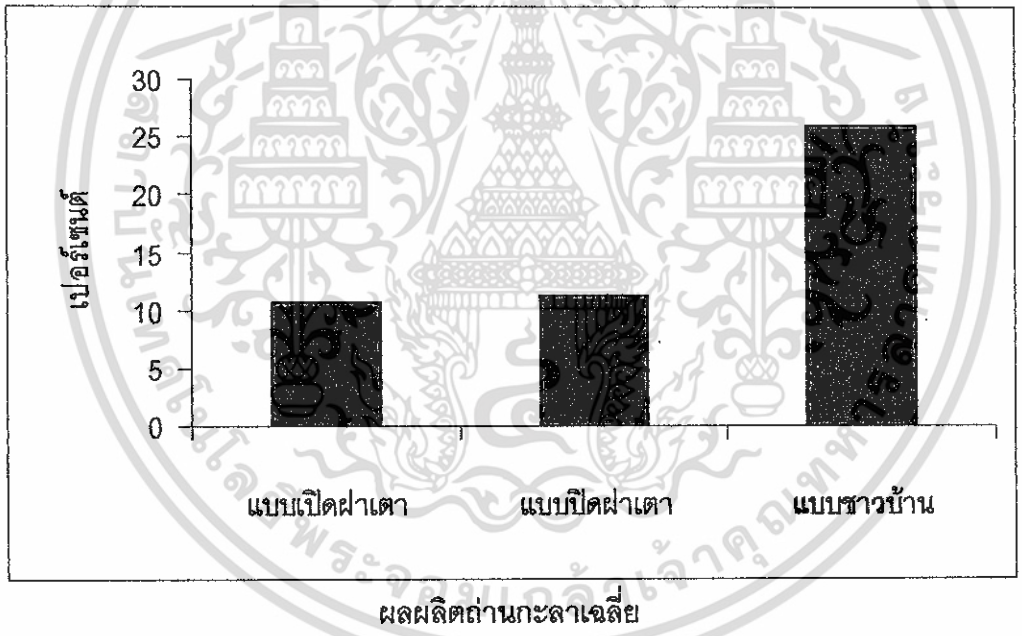


น้ำหนักถ่านเฉลี่ยที่เผาได้

ภาพที่ 17 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์การทดสอบ

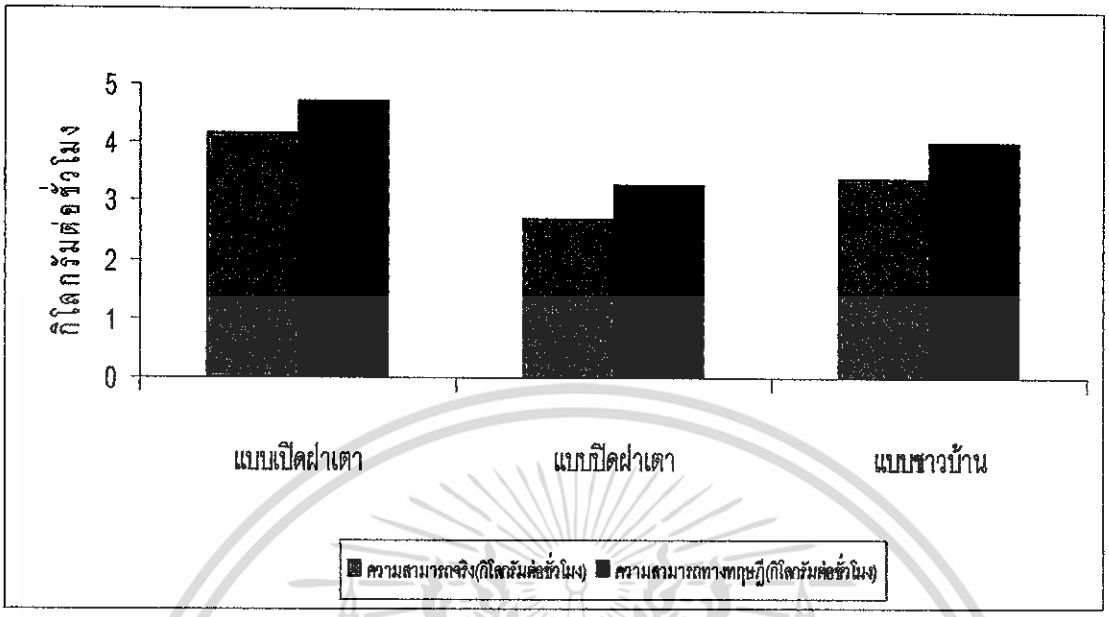
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

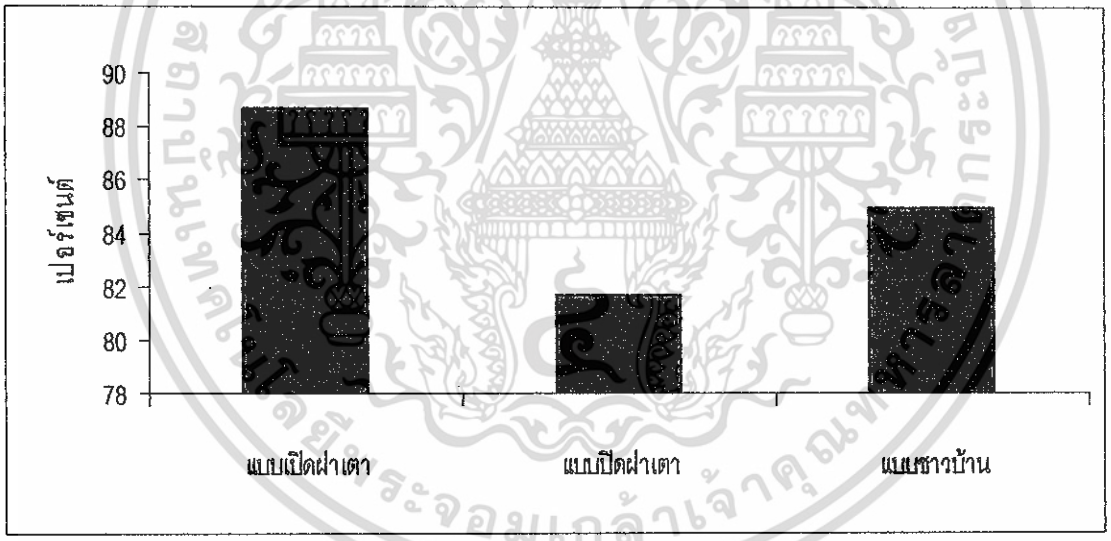




ภาพที่ 17 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์การทดสอบ(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





ภาพที่ 17 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์การทดสอบ(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ
(Conclusions and Recommendations)

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวโดยใช้ถังน้ำมัน 200 ลิตร ค่าความชื้นของกะลามะพร้าวก่อนเผาเฉลี่ย 13.65 % พบว่า การจุดเตาเป็นขั้นตอนที่ยุ่งยากลำบากซึ่งต้องล้มถังในการจุด และเมื่อไฟติดต้องยกถังตั้งอีก ต้องใช้เวลาจุดเตาเฉลี่ยถึง 4.20 นาที/ถัง และในการเติมกะลามะพร้าวเป็นอีกขั้นตอนที่ลำบาก เพราะต้องปะทะกับควันและความร้อนจากเผา ซึ่งเติมครั้งละเฉลี่ย 12.67 กิโลกรัม/ถัง ทำให้ต้องเติมหลายครั้งต่อถัง เพื่อให้ได้ถ่านเติมถังต้องใช้กะลามะพร้าวเฉลี่ยถึง 128.40 ทำให้ต้องเฝ้ารอเติมกะลาทั้งวัน ซึ่งใช้เวลาในการเผาเฉลี่ยนานถึง 7.24 ชั่วโมง จากนั้นทำการลดอุณหภูมิต้องใช้น้ำลดเพื่อให้สัมผัสถ่านได้ จึงต้องใช้น้ำมากและถ่านที่ได้ต้องเสียเวลานำไปผึ่งแดดเพื่อลดความชื้นอีกก่อนจำหน่าย แล้วปิดถังด้วยใบตอง กระสอบและทราย ทำให้ใช้เวลาเฉลี่ย 5 นาที/ถัง ซึ่งการพักถ่านไว้ในถังต้องใช้เวลาเฉลี่ยนานถึง 16.05 ชั่วโมง ซึ่งผลผลิตที่ได้มีน้ำหนักเฉลี่ยแค่ 37 กิโลกรัม/ถัง ซึ่งคิดเป็นผลผลิตถ่าน 29 % ของกะลาที่ใช้เผาต่อถัง เมื่อเทแล้วต้องผึ่งแดดลดความชื้นของถ่านให้ได้ 3.46 % ก่อนที่บรรจุกระสอบ

การศึกษาคุณสมบัติของกะลามะพร้าว และการทดสอบหาเชื้อไฟเบื้องต้น พบว่าค่าความชื้นของกะลามะพร้าวก่อนทดสอบ 7.36 % และค่าความหนาแน่นของกะลามะพร้าวเฉลี่ย 0.214 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยการทดสอบหาเชื้อไฟเบื้องต้น เวลาที่ใช้ในการเผาเป็นเชื้อไฟในการทดสอบที่น้ำหนักกะลามะพร้าว 2 และ 3 กิโลกรัม ใช้เวลาเฉลี่ยเท่ากันคือ 8.33 นาที ซึ่งในการทดสอบที่ 5 กิโลกรัม มีน้ำหนักมากที่สุด 0.18 กิโลกรัม เพราะการเติมกะลามากทำให้เผากะลามะพร้าวที่ยังไม่ติดไฟจะกดอัดลงบนกะลามะพร้าวที่เป็นถ่านแล้วอัดแน่น ส่งผลให้มุมกองของถ่านเชื้อไฟบนตะแกรงรังผึ้งดินเผามีมุมกองที่มากขึ้น ซึ่งผลผลิตเชื้อไฟ ในการทดสอบที่ 2 กิโลกรัม ได้ผลผลิตเชื้อไฟสูงสุด 5 % ส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงวัสดุการทดสอบที่ 2 กิโลกรัม ได้ค่าที่สูงสุด 61.14 % และในทำนองเดียวกันประสิทธิภาพการเผาเป็นเชื้อไฟ ในการทดสอบที่ 2 กิโลกรัม ได้ค่าสูงสุด 83.56 %

การทดสอบการเผาถ่านโดยใช้เตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่องต้นแบบ ทั้งสภาวะเปิดฝาและปิดฝาเตา เปรียบเทียบกับการเผาแบบชาวบ้าน การจุดเตาของเตาแบบกึ่งต่อเนื่องสามารถทำได้ง่ายและสะดวก เพราะไม่ต้องล้มถังลดเวลาในการจุดเตาและอันตรายจากการยกถังตั้ง ทำให้ใช้เวลาน้อย ซึ่งในสภาวะปิดฝาในเวลาน้อยสุดเฉลี่ย 2.35 นาที และในสภาวะเปิดฝาใช้เวลาเฉลี่ย 5 นาที แต่การเผาแบบชาวบ้านใช้เวลาจุดเตาเฉลี่ยนานถึง 8.47 นาที โดยการเติมกะลามะพร้าวใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะปิดฝาเติมลำบากเพราะช่องเติมมีขนาดเล็กทำให้ใช้เวลาเฉลี่ยนานถึง 6.16 นาที ซึ่งในสภาวะเปิดฝา กับการเผาแบบชาวบ้านใช้เวลาในการเติมเฉลี่ยใกล้เคียงกัน โดยการเผาในสภาวะปิดฝาสามารถเผาได้รวดเร็วที่สุดในการทดสอบเฉลี่ยเพียง 30 นาที ได้ถ่านเฉลี่ย 1.40 กิโลกรัม และสภาวะปิดฝาเตาใช้เวลาเฉลี่ย 44.4 นาที ได้ถ่านเฉลี่ย 1.46 กิโลกรัม แต่การเผาแบบชาวบ้านใช้เวลาเฉลี่ยมากถึง 48 นาที ได้ถ่านปริมาณมากเพราะจากการสังเกตสภาพของถ่านที่ได้มีการเผาไหม้ไม่หมดคือมีเปลือกติดอยู่ที่ถ่านทำให้ได้ถ่านเฉลี่ยสูงถึง 3.34 กิโลกรัม เห็นได้ว่าการที่เกิดการเผาไหม้อย่างรวดเร็วทำให้ได้ปริมาณถ่านน้อย ซึ่งความสามารถในการเผาถ่านจริงและทางทฤษฎีในสภาวะเปิดฝา ได้ถ่านสูงสุดถึง 4.18 และ 4.72 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ เนื่องจากเกิดการเผาไหม้อย่างรวดเร็ว และประสิทธิภาพการเผาถ่านมีค่าสูงสุดถึง 88.7% สำหรับการนำถ่านออกจากเตาทั้งเผาในสภาวะเปิดฝาและปิดฝามีความสะดวกรวดเร็วใช้เวลาเฉลี่ยเพียง 0.20 นาที ซึ่งเร็วกว่าการเผาแบบชาวบ้านที่ใช้เวลาเฉลี่ยถึง 0.53 นาที ทำให้ลดเวลาในการนำถ่านออกจากเตา

การเผาถ่านแบบชาวบ้านมีขั้นตอนที่ยุ่งยากลำบาก และใช้เวลาในการเผานาน แต่ได้ปริมาณถ่านมากกว่า การเผาถ่านในเตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่องต้นแบบ ที่ลดขั้นตอนที่ยุ่งยากลำบากลง และใช้เวลาในการเผาน้อย แต่ได้ปริมาณถ่านน้อย โดยความสามารถและประสิทธิภาพในการผลิตสูงกว่า ซึ่งถ้ามีการพัฒนาให้ได้ปริมาณถ่านสูงขึ้น โดยสร้างขนาดที่ใช้ถังน้ำมัน 200 ลิตร คาดว่าจะได้ผลผลิตถ่านที่สูงขึ้นตามขนาดของเตา และใช้เวลาการเผาลดลงตามปริมาณเชื้อไฟที่เพิ่มขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

1.ควรคำนึงถึงขนาดของกะลามะพร้าวที่ใช้ในการทดสอบก่อนการศึกษา เพื่อจะนำข้อมูลที่ศึกษามาไว้เปรียบเทียบในการทดสอบ

2.ควรศึกษาหาจุดที่เหมาะสมของกะลาในการเติมแค่ละครั้งเพื่อให้ผลสอดคล้องของเวลาในการเผากับถ่านที่ได้

3.ควรศึกษาวิธีการลดอุณหภูมิของถ่านเพื่อลดระยะเวลาในการพักถ่านทำให้ไม่เสียเวลาในการรอให้ถ่านเย็นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะจากการดำเนินงานวิจัย

1.ในการดำเนินการทดสอบควรใส่เครื่องป้องกันความร้อนจากการเผาไหม้ เช่น เสื้อแขนยาว ถุงมือ หน้ากาก เป็นต้น

2.ที่เก็บถ่านกะลามะพร้าวที่พึ่งออกจากเตาควรเป็นภาชนะที่ปิดสนิท ป้องกันอากาศเข้าได้

3.วัสดุ ที่นำมาทำผนังเตาควรมีความคงทนต่อความร้อนจากการเผาไหม้ เพื่อยืดอายุการใช้งานนานขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กมลเทพ กิจเจริญเสรี และคณะ. 2544. **เตาเผาเชื้อเพลิงชีวมวลแบบวอร์เทค.** วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร.

กิตติพงศ์ สุขศรีเมือง และคณะ. 2544 ก. **เตาเผาชีวมวลแบบฟลูอิดไดซ์เบด.** วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร.

"_____". 2544 ข. **เตาเผาชีวมวลแบบฟลูอิดไดซ์เบด.** วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร. อ้างถึง ศศิวิมล สูงสว่าง. 2526. **การเผาไหม้แกลบในเตาฟลูอิดไดซ์เบด.** วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร.

จันทร์ณรงค์ ปรากฏรัตน์. 2545. **เตาเผาแกลบแบบวอร์เทคคู่.** วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร.

เฉลิมวรรณ ชูทรัพย์. 2539. **เทคโนโลยีสำหรับชาวชนบท** . กรุงเทพมหานคร : ศูนย์บริการเอกสารการวิจัยแห่งประเทศไทย.

ชาญชัย ลิมปิยากร. ม.ป.ป. ถ่าน : **การผลิตที่ถูกวิธีและประโยชน์**.กรุงเทพมหานคร : สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

ธัชชัย ทั่วถวิล และ สันติ วัชรอาภาไพบูลย์. 2534. **เตาเผาเศษวัสดุทางการเกษตรแบบใช้อากาศหมุนวน** 2. ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร.

ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ และธงไชย ศรีนพคุณ. 2532. "**การผลิตถ่านไร้ควันสำหรับอุตสาหกรรมโดยวิธีคาร์บอนไนเซชั่น**".วิศวกรรมสาร มก. (9) : 21-23.

นิรนาม. 2535. "การเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม".**วารสารสรุปข่าวธุรกิจ.** 23(12) :3-5.

นิรนาม. 2543. "การผลิตถ่านกะลาอัดแท่ง".**วารสารกสิกร**.8(5) : 98-99.

ปราณีต งามเสน่ห์. 2539. **เทคโนโลยีสำหรับชาวชนบท**. กรุงเทพมหานคร : ศูนย์บริการเอกสารการวิจัยแห่งประเทศไทย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พเยาว์ รอดโพธิ์ทอง.2539. **เทคโนโลยีสำหรับชาวชนบท**. กรุงเทพมหานคร : ศูนย์บริการเอกสารการวิจัยแห่งประเทศไทย.

รัชนี จิตตวานิช. 2532. **เครื่องใช้จากมะพร้าว**.กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมม์โอเดียนสโตร์.

วิฑูรย์ สิมะโชคดี และวีรพงษ์ เฉลิมจิตตรัตน์. 2546. **วิศวกรรมและการบริหารความปลอดภัยในโรงงาน**. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี.

สุนัน ศศิวิมลพันธุ์ และสมชาย วงศ์วิเศษ. 2533. **โครงการเสริมทักษะด้านการบิหาร รุ่นที่ 7 เตาผลิตถ่านกะลามะพร้าวแบบเผาไหม้กึ่งต่อเนื่อง** (2 เมษายน – 16 มิถุนายน 2533). (เอกสารอัดสำเนา)

สำนักงานคณะกรรมมาการวิจัยแห่งชาติ, ม.ป.ป. **นโยบายและแนวทางการวิจัยของชาติ ฉบับที่ 6** (2545-2549). 72หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2545. **สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก** 2543/2544. กรุงเทพมหานคร : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ฝ่ายเทคนิค. 2545. "เตาเผาถ่านใช้ถังน้ำมัน 200 ลิตร". **เทคโนโลยีเพื่อการพึ่งตนเอง.** 11(1) : 5-6.

อนงค์ ริมสินธุ. 2547. "อนาคตของโรงไฟฟ้าชีวมวล". **ประโยชน์ของโรงไฟฟ้าชีวมวล.** กรุงเทพมหานคร.

"ถ่านอัดแท่ง" 2004. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http:// www.dip.go.th/Research/PreviewInvesmentl.asp

"พลังงานชีวมวล" 2004. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.dedp.go.th/renew/bio_p.html

"สถานการณ์มะพร้าว"2004. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.chiangraiwinery.com/qualifications_th.html

"สถานะภาพการใช้พลังงานชีวมวล" 2004. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.dnf5.nfe.go.th/ilp/sunshine/SUN-3.htm

"สถิติการเกษตรของประเทศไทย" 2004. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http:// www.oae.go.th/index-th2.php

"องค์ประกอบของพลังงานชีวมวลที่นำมาผลิตไฟฟ้า" 2002. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.efe.or.th/news/biomass-components.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1 การศึกษาการเผาถ่านเบื้องต้นแบบถังน้ำมัน 200 ลิตร วันที่ 6 ต.ค. 2547 สถานที่ โรงงานด่านเจียงกี่จำกัด

1				2				3				4				5			
การจุดเตา																			
ครั้งที่	หน้าเตา	ปล่อง	เวลาจุด (นาที)	ครั้งที่	หน้าเตา	ปล่อง	เวลาจุด(นาที)	ครั้งที่	หน้าเตา	ปล่อง	เวลาจุด(นาที)	ครั้งที่	หน้าเตา	ปล่อง	เวลาจุด (นาที)	ครั้งที่	หน้าเตา	ปล่อง	เวลาจุด (นาที)
2	09.34	09.38	4	2	09.25	09.29	4	2	09.36 09.48	09.55	7	2	09.36 09.41	09.37	1 3	2	09.36 09.46	09.38	2 9
กะลาเผากะลา																			
ครั้งที่	หน้าเตา	ปล่อง	ปริมาณ	(นาที)	ครั้งที่	หน้าเตา	ปล่อง	ปริมาณ	(นาที)	ครั้งที่	หน้าเตา	ปล่อง	ปริมาณ	(นาที)	ครั้งที่	หน้าเตา	ปล่อง	ปริมาณ	(นาที)
12	09.42	87	67	46	12	09.32	57	50	23	18	10.20	93	46	25	6	09.44	40	77	31	6	09.43	47	25	3
24	10.24	97	77	35	12	09.55	69	63	27	18	11.05	97	42	45	30	10.15	107	47	53	12	09.50	60	22	7
18	10.59	107	42	44	30	10.22	74	54	16	18	12.16	97	45	34	6	11.08	87	58	22	24	10.25	97	43	35
24	11.43	107	50	69	18	10.38	97	58	62	12	12.50	77	47	32	12	11.40	107	62	41	12	11.05	97	65	40
12	12.52	107	51	40	12	11.40	97	52	37	12	13.22	87	42	41	12	12.21	97	54	30	12	11.42	97	61	37
18	13.32	97	65	43	6	12.17	97	52	38	12	14.03	87	64	22	12	12.51	97	49	34	12	12.15	107	54	39
6	14.15	97	73	45	12	12.55	97	48	28	6	14.25	87	75	36	12	13.25	87	71	55	12	12.54	87	51	32
6	15.00	97	70	50	6	13.23	97	59	23	12	15.01	107	78	44	6	14.20	107	68	35	12	13.26	107	71	44
6	15.50	97	74	45	12	13.46	97	62	35	6	15.45	97	80	25	6	14.55	87	72	25	12	14.10	107	74	30
					12	14.21	107	69	35						6	15.20	97	80	35	12	14.40	107	78	40
					6	14.56	107	79	27											6	15.20	107	80	40
หลังการเผา																			
หน้าเตา	ปล่อง	ปริมาณ	พักถ่าน (ชม.)	หน้าเตา	ปล่อง	ปริมาณ	พักถ่าน(ชม)	หน้าเตา	ปล่อง	ปริมาณ	พักถ่าน(ชม	หน้าเตา	ปล่อง	ปริมาณ	พักถ่าน(ชม	หน้าเตา	ปล่อง	ปริมาณ	พักถ่าน(ชม
16.35	08.30	67	15.55	16.23	08.30	77	16.07	16.10	08.30	75	16.20	15.55	08.30	74	16.35	15.50	08.30	75	16.40

ตารางภาคผนวกที่ 2 ความชื้นของถ่านกะลามะพร้าวหลังเทออกจากถัง

วันที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2547

สถานที่ทดสอบ โรงงาน ด่านเจียงกี่ จำกัด ต.บางใบไม้ อ.เมือง จ. สุราษฎร์ธานี

ผู้ทดสอบ นาย จรูญพงศ์ เทียมประทีป

ถัง / ข้อมูล		น้ำหนักก่อนอบ (ก.)	น้ำหนักหลังอบ (ก.)	ค่าความชื้น (%)
1	ถ่านปากถัง	50.37	34.56	31.38
	ถ่านกลางถัง	59.40	45.57	23.95
	ถ่านก้นถัง	39.87	27.91	29.99
2	ถ่านปากถัง	27.70	23.96	13.50
	ถ่านกลางถัง	36.03	31.77	11.82
	ถ่านก้นถัง	28.41	24.04	15.38
3	ถ่านปากถัง	38.76	26.12	32.61
	ถ่านกลางถัง	37.96	30.64	19.28
	ถ่านก้นถัง	25.91	22.48	13.23
4	ถ่านปากถัง	47.96	34.18	23.73
	ถ่านกลางถัง	30.98	25.04	19.173
	ถ่านก้นถัง	31.72	26.68	15.88
5	ถ่านปากถัง	46.62	36.57	21.55
	ถ่านกลางถัง	31.24	27.45	12.13
	ถ่านก้นถัง	30.97	26.06	15.85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 3 ความชื้นของกะลามะพร้าว และถ่านกะลามะพร้าว

วันที่ทำการทดสอบ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2547

สถานที่ทดสอบ โรงงาน ด่านเจียงกี่ จำกัด ต.บางใบไม้ อ.เมือง จ. สุราษฎร์ธานี

ผู้ทำการทดสอบ นาย จรูญพงศ์ เทียมประทีป

ข้อมูล / รายการ		น้ำหนักก่อนอบ (ก.)	น้ำหนักหลังอบ (ก.)	ค่าความชื้น (%)
กะลาก่อนเผา	จุดที่ 1	32.07	25.09	19.23
	จุดที่ 2	29.02	25.32	12.74
	จุดที่ 3	25.15	21.02	16.42
	จุดที่ 4	24.08	21.67	10.00
	จุดที่ 5	34.20	30.82	9.88
			ค่าเฉลี่ย	13.65
ถ่านที่ผึ่งแล้วรอบรรจุ	จุดที่ 1	35.40	31.02	4.38
	จุดที่ 2	29.04	26.41	2.63
	จุดที่ 3	38.48	34.9	3.58
	จุดที่ 4	35.38	32.53	2.85
	จุดที่ 5	31.20	28.51	2.69
			ค่าเฉลี่ย	3.22
ถ่านที่บรรจุในกระสอบ	จุดที่ 1	43.69	39.77	3.92
	จุดที่ 2	39.00	34.93	4.07
	จุดที่ 3	33.58	30.85	2.73
	จุดที่ 4	36.58	33.33	3.25
	จุดที่ 5	38.55	35.22	3.33
			ค่าเฉลี่ย	3.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 4 การศึกษาหาปริมาณเชื้อไฟเริ่มต้น

ข้อมูล \ กก.	1						2						3						4						5					
เวลาเริ่มจุดไฟ	08.26						09.15						10.15						11.17						12.28					
ซ้ำที่	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5
เวลา(นาฬิกา) ไฟติด	08.30	08.42	08.49	08.57	09.03	09.11	09.16	09.27	09.36	09.46	09.55	10.06	10.16	10.27	10.36	10.44	10.55	11.07	11.18	11.29	11.41	11.53	12.04	12.16	12.28	12.43	13.00	13.14	13.27	13.39
เติม	08.33	08.42	08.49	08.57	09.03	09.11	09.16	09.27	09.36	09.46	09.55	10.06	10.16	10.27	10.36	10.44	10.55	11.07	11.18	11.29	11.41	11.53	12.04	16.16	12.28	12.43	13.00	13.14	13.27	13.39
ละลาย	08.41	08.48	05.55	09.02	09.08	09.15	09.26	09.35	09.45	09.53	10.04	10.14	10.25	10.34	10.43	10.53	11.05	11.16	11.27	11.39	11.51	12.02	12.14	12.27	12.41	12.58	13.11	13.25	13.37	13.57
ถ่าน																														
ออก																														
เวลาเผา(นาที)	8	6	6	5	5	8	11	8	9	7	9	8	10	7	7	9	10	9	10	10	10	9	10	11	14	15	10	11	10	19
น้ำหนักถ่าน (กิโลกรัม) บน	0.05	0.05	0.05	0.02	0.02	0.02	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.05	0.10	0.10	0.15	0.15	0.15	0.15	0.10	0.15	0.15	0.12	0.15	0.20	0.20	0.20	0.15	0.20
ตะแกรง																														
ร้อนเก็บ	0.05	0.05	0.10	0.10	0.05	0.05	0.10	0.10	0.05	0.10	0.05	0.10	0.15	0.20	0.15	0.15	0.15	0.20	0.30	0.25	0.25	0.35	0.30	0.25	0.40	0.50	0.30	0.35	0.40	0.50
ร้อน	0.10	0.10	0.15	0.12	0.07	0.07	0.20	0.20	0.15	0.20	0.15	0.20	0.25	0.25	0.25	0.25	0.30	0.35	0.45	0.40	0.35	0.50	0.45	0.37	0.55	0.70	0.50	0.55	0.55	0.70
รวม																														
เย็นเก็บ	0.05	0.05	0.05	0.10	0.05	0.05	0.10	0.07	0.05	0.15	0.05	0.10	0.15	0.20	0.15	0.15	0.15	0.20	0.30	0.25	0.25	0.35	0.30	0.25	0.40	0.50	0.30	0.35	0.40	0.50
เวลา(นาฬิกา) ถ่านเย็น	10.05	10.10	10.18	10.25	10.30	10.35	10.40	10.45	10.48	10.52	11.02	11.08	11.20	11.35	11.45	11.55	12.15	12.30	12.50	13.10	13.25	13.45	14.00	14.40	15.25	15.55	16.20	17.00	18.30	19.00
เผาเสร็จ	08.41	08.48	08.56	09.02	09.10	09.15	09.27	09.36	09.46	09.54	10.05	10.15	10.26	10.35	10.44	10.54	11.06	11.16	11.28	11.40	11.52	12.03	12.15	12.28	12.42	12.59	13.12	13.26	13.38	13.58
เวลาที่ใช้(นาที)	11	7	8	6	8	5	12	9	10	9	11	10	11	9	10	11	12	11	11	12	12	11	12	12	15	17	14	13	12	20

ตารางภาคผนวกที่ 5 การศึกษาความหนาแน่นของกะลามะพร้าว

ครั้งที่	กก./ลบ. ซม.	ครั้งที่	กก./ลบ. ซม.	ครั้งที่	กก./ลบ. ซม.	ครั้งที่	กก./ลบ. ซม.	ครั้งที่	กก./ลบ. ซม.	ครั้งที่	กก./ลบ. ซม.	ครั้งที่	กก./ลบ. ซม.	ครั้งที่	กก./ลบ. ซม.	ครั้งที่	กก./ลบ. ซม.	ครั้งที่	กก./ลบ. ซม.
1	0.234	11	0.194	21	0.249	31	0.258	41	0.229	51	0.204	61	0.212	71	0.179	81	0.192	91	0.223
2	0.195	12	0.204	22	0.231	32	0.233	42	0.243	52	0.179	62	0.233	72	0.193	82	0.191	92	0.185
3	0.193	13	0.234	23	0.206	33	0.230	43	0.220	53	0.175	63	0.245	73	0.178	83	0.234	93	0.178
4	0.138	14	0.255	24	0.224	34	0.221	44	0.244	54	0.259	64	0.218	74	0.215	84	0.207	94	0.213
5	0.203	15	0.173	25	0.242	35	0.184	45	0.244	55	0.250	65	0.177	75	0.179	85	0.184	95	0.176
6	0.206	16	0.218	26	0.205	36	0.181	46	0.215	56	0.230	66	0.224	76	0.227	86	0.192	96	0.208
7	0.172	17	0.284	27	0.258	37	0.191	47	0.233	57	0.237	67	0.234	77	0.232	87	0.258	97	0.231
8	0.188	18	0.180	28	0.241	38	0.236	48	0.232	58	0.228	68	0.187	78	0.199	88	0.230	98	0.213
9	0.205	19	0.197	29	0.206	39	0.251	49	0.208	59	0.239	69	0.235	79	0.187	89	0.188	99	0.199
10	0.219	20	0.201	30	0.233	40	0.255	50	0.196	60	0.210	70	0.210	80	0.224	90	0.175	100	0.225
																		ค่าเฉลี่ย	0.214

หมายเหตุ : กระบองตวงมีปริมาตร 1.24 ลบ.ซม.

กะลามะพร้าวที่ทำการศึกษามีความชื้นเฉลี่ย 7.36 %

ตารางภาคผนวกที่ 6 การเปรียบปริมาณถ่านขณะร้อน กับถ่านที่เย็น

ซ้ำที่ / น้ำหนัก	1		2		3		4		5	
	ถ่านร้อน	ถ่านเย็น	ถ่านร้อน	ถ่านเย็น	ถ่านร้อน	ถ่านเย็น	ถ่านร้อน	ถ่านเย็น	ถ่านร้อน	ถ่านเย็น
1 กิโลกรัม	0.10	0.10	0.15	0.15	0.12	0.12	0.07	0.07	0.07	0.07
2 กิโลกรัม	0.20	0.21	0.15	0.15	0.20	0.21	0.15	0.15	0.20	0.20
3 กิโลกรัม	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.30	0.30	0.35	0.35
4 กิโลกรัม	0.40	0.40	0.35	0.35	0.50	0.50	0.45	0.45	0.37	0.37
5 กิโลกรัม	0.70	0.70	0.50	0.50	0.55	0.55	0.55	0.55	0.70	0.70
ค่าเฉลี่ย	0.33	0.33	0.28	0.28	0.32	0.326	0.30	0.30	0.33	0.33

ตารางภาคผนวกที่ 7 การศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวในเตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่อง 2 สภาวะ วันที่ 28 มีนาคม 2548

สถานที่ทดสอบ แปลงเกษตรภาควิชาเทคนิคเกษตร ผู้ทดสอบ นาย จรูญพงศ์ เทียมประทีป

สภาวะการทดลอง	**สภาวะเปิดฝาเตา**						เวลาที่ใช้(นาที)						**สภาวะปิดฝาเตา**						เวลาที่ใช้(นาที)					
เวลาจุดเตา(นาฬิกา)	11.37						5						14.55						2.35					
ข้อมูล \ ซ้ำที่	0		1		2		3		4		5		0		1		2		3		4		5	
	เวลา		เวลา		เวลา		เวลา		เวลา		เวลา		เวลา		เวลา		เวลา		เวลา		เวลา		เวลา	
	นาฬิกา	นาที	นาฬิกา	นาที	นาฬิกา	นาที	นาฬิกา	นาที	นาฬิกา	นาที	นาฬิกา	นาที	นาฬิกา	นาที	นาฬิกา	นาที	นาฬิกา	นาที	นาฬิกา	นาที	นาฬิกา	นาที	นาฬิกา	นาที
เวลาที่เติมกะลา	11.45	0.41	12.16	0.33	12.46	0.18	13.18	0.20	13.5	0.25	14.22	0.16	14.59	3.30	15.43	6.00	16.27	6.10	17.08	7.02	17.58	7.50	18.52	4.20
เวลาที่กดถ่านออก	12.15	0.24	12.45	0.19	13.17	0.15	13.49	0.23	14.21	0.17	14.5	0.25	15.41	0.17	16.25	0.30	17.07	0.20	17.56	0.20	18.51	0.20	19.36	0.21
ความสูงของถ่าน(ซม.)	18		23		22		23		22		25		20		22		20		21		19		21	
เวลาปิดถังเก็บถ่าน (นาฬิกา)	12.17		12.48		13.19		13.51		14.24		14.53		15.48		16.28		17.16		18.05		18.57		19.45	
น้ำหนักถ่านที่ได้ (กิโลกรัม)	1.05		1.25		1.35		1.30		1.45		1.65		1.20		1.20		1.35		1.90		1.30		1.55	

ตารางภาคผนวกที่ 8 การศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวในเตาถังน้ำมันแบบชาวบ้าน วันที่ 30 มีนาคม 2548

สถานที่ทดสอบ แปลงเกษตรภาควิชาเทคนิคเกษตร ผู้ทดสอบ นาย จรูญพงศ์ เทียมประทีป

	สภาวะแบบชาวบ้าน											
ข้อมูล \ ซ้ำที่	0		1		2		3		4		5	
	เวลา		เวลา		เวลา		เวลา		เวลา		เวลา	
	นาฬิกา	นาที	นาฬิกา	นาที	นาฬิกา	นาที	นาฬิกา	นาที	นาฬิกา	นาที	นาฬิกา	นาที
เวลาที่จุดเตา	11.33	5.52	13.2	13.34	15.15	8.07	16.53	7.35	18.47	7.45	20.29	6.15
เวลาที่ยกถังตั้ง	11.40	0.07	13.34	0.05	15.23	0.03	17.02	0.04	18.55	0.05	20.38	0.04
เวลาที่เติมกะลา	11.41	0.14	13.55	0.33	15.24	0.24	17.03	0.28	18.56	0.25	20.39	0.27
เวลาที่เทถ่านออก	13.14	0.32	15.06	0.56	16.45	0.49	18.38	0.58	20.21	0.54	21.59	0.50
ความสูงของถ่าน(ซ.ม.)	16		18		18		20		17		18	
เวลาปิดถังเก็บถ่าน(นาฬิกา)	13.16		15.08		16.47		18.41		20.24		22.02	
น้ำหนักถ่านที่ได้(กิโลกรัม)	3.25		3.30		3.35		3.65		3.30		3.30	

ตารางภาคผนวกที่ 9 การทดสอบหาความหนาแน่นของถ่านกะลามะพร้าว

ครั้งที่	กก./ลบ. ซม.	ครั้งที่	กก./ลบ. ซม.	ครั้งที่	กก./ลบ. ซม.	ครั้งที่	กก./ลบ. ซม.	ครั้งที่	กก./ลบ. ซม.	ครั้งที่	กก./ลบ. ซม.	ครั้งที่	กก./ลบ. ซม.	ครั้งที่	กก./ลบ. ซม.	ครั้งที่	กก./ลบ. ซม.	ครั้งที่	กก./ลบ. ซม.
1	0.230	11	0.271	21	0.244	31	0.349	41	0.287	51	0.241	61	0.276	71	0.27	81	0.267	91	0.265
2	0.222	12	0.236	22	0.288	32	0.311	42	0.286	52	0.275	62	0.279	72	0.266	82	0.259	92	0.234
3	0.231	13	0.304	23	0.234	33	0.305	43	0.223	53	0.283	63	0.268	73	0.283	83	0.257	93	0.249
4	0.249	14	0.278	24	0.272	34	0.292	44	0.241	54	0.271	64	0.261	74	0.233	84	0.271	94	0.241
5	0.225	15	0.226	25	0.278	35	0.231	45	0.255	55	0.226	65	0.263	75	0.226	85	0.264	95	0.276
6	0.253	16	0.256	26	0.283	36	0.239	46	0.259	56	0.242	66	0.241	76	0.252	86	0.259	96	0.233
7	0.263	17	0.260	27	0.279	37	0.255	47	0.276	57	0.239	67	0.258	77	0.242	87	0.273	97	0.241
8	0.279	18	0.271	28	0.287	38	0.253	48	0.255	58	0.256	68	0.234	78	0.284	88	0.268	98	0.267
9	0.275	19	0.278	29	0.302	39	0.245	49	0.234	59	0.239	69	0.276	79	0.234	89	0.257	99	0.255
10	0.258	20	0.266	30	0.272	40	0.276	50	0.241	60	0.257	70	0.287	80	0.256	90	0.247	100	0.237
																		ค่าเฉลี่ย	0.264

หมายเหตุ : กระบองตวงมีปริมาตร 1.24 ลบ.ซม.

กะลามะพร้าวที่ทำการศึกษามีความชื้นเฉลี่ย 11.11 %

ตารางภาคผนวกที่ 10 ค่าความชื้นกะลามะพร้าวในการหาเชื้อไฟ

ซ้ำที่ \ กองที่	1	2	3	4	5
1	1.13	5.99	8.34	6.37	16.07
2	0.45	0.47	4.61	16.44	5.15
3	5.78	2.26	2.27	1.70	0.92
4	5.90	7.45	0.57	11.37	12.96
5	16.59	14.62	26.97	8.43	1.29
				ค่าเฉลี่ย	7.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 11 การศึกษาความชื้นของกะลามะพร้าวและถ่านกะลามะพร้าว

ความชื้นถ่านกะลามะพร้าวที่ได้จากการทดสอบ			ความชื้นกะลามะพร้าวก่อนทดสอบ		
น้ำหนักก่อนอบ	น้ำหนักหลังอบ	ค่าความชื้น(%)	น้ำหนักก่อนอบ	น้ำหนักหลังอบ	ค่าความชื้น(%)
54.04	47.64	11.84	81.18	72.68	10.47
101.84	91.64	10.01	94.66	84.46	10.77
75.89	65.87	13.80	83.52	72.50	13.19
83.88	74.85	10.76	88.40	76.60	13.34
88.54	79.50	10.21	65.22	57.20	12.29
82.74	74.30	10.20	97.96	87.06	11.12
74.98	63.92	14.75	107.72	94.48	12.29
75.28	67.56	10.25	99.70	87.76	11.97
93.94	82.73	11.93	94.72	84.64	10.64
96.68	85.73	11.32	89.00	78.34	11.97
93.82	84.18	10.33	107.38	95.06	11.47
81.90	73.52	10.23	83.30	74.38	10.70
64.89	56.81	12.45	106.92	94.10	11.99
79.42	71.14	10.42	86.12	77.06	10.52
99.62	88.72	10.94	100.64	87.04	13.51
84.13	73.13	13.07	80.98	72.36	10.64
85.96	77.76	9.53	62.92	55.74	11.41
72.10	64.72	10.23	59.64	53.58	10.16
95.52	85.78	10.19	70.58	63.32	10.28
93.40	82.41	11.16	70.70	62.44	11.68
85.02	76.38	10.16	64.58	56.56	12.41
81.90	70.80	13.55	97.46	85.94	11.82
78.42	70.22	10.45	105.22	93.52	11.11
105.28	94.90	9.85	111.34	96.88	12.98
86.96	78.06	10.23	103.12	91.60	11.17
	ค่าเฉลี่ย	11.11		ค่าเฉลี่ย	11.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้