

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาวิธีการผลิตถ่านจากผลมังคุด
Study of Charcoal Production from Mangosteen

โดย

นางสาวรัตน์ลักษณ์ ศรีทอง

เสนอ

สาขาวิชาพัฒนาการเกษตรและการจัดการทรัพยากร
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กทม.
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (พัฒนาการเกษตร)

พ.ศ. 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ
สาขาวิชาพัฒนการเกษตรและการจัดการทรัพยากร

เรื่อง

การศึกษาวิธีการผลิตถ่านจากผลมังคุด
Study of Charcoal Production from Mangosteen

โดย

นางสาวรัตนลักษณ์ ศรีทอง

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาลักสูตร

วท.บ. (พัฒนการเกษตร)

เมื่อวันที่ 10 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2554

ประธานกรรมการปัญหาพิเศษ

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ลือพงษ์ ลือนาม)

กรรมการปัญหาพิเศษ

.....
(ดร.ดวงกมล ปานรศทิพ ธรรมาธิวัฒน์)

ประธานสาขาวิชา

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธำรงค์ เมฆโหรา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การศึกษาการผลิตถ่านจากผลมังคุด
 ชื่อเรื่อง : Study of Charcoal Production from Mangosteen
 โดย : นางสาวรัตนลักษณ์ ศรีทอง
 ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตร์บัณฑิต
 สาขาวิชาเอก : พัฒนาการเกษตร
 ประธานกรรมการปัญหาพิเศษ :

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ลือพงษ์ ลือนาม)

...../...../.....

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสูญเสียของผลมังคุด ในปลายฤดูการเก็บเกี่ยว จากสวนของเกษตรกร และนำมาเป็นข้อมูล เพื่อศึกษาวิธีการผลิตถ่านจากผลมังคุด พบว่าเกษตรกรชาวสวนมังคุดปล่อยทิ้งให้มังคุดหล่นได้ต้นโดยไม่นำออกจำหน่าย เนื่องจาก อาจไม่คุ้มกับค่าใช้จ่ายในการเดินทาง มีปริมาณของผลมังคุดที่เหลือทิ้งหลังฤดูการเก็บเกี่ยว 2.44 กิโลกรัมต่อต้น ทำการดำเนินการทดลองในการผลิตถ่านจากมังคุดทั้งหมด 3 รูปแบบ คือ การบรรจุผลมังคุดลงในบีก การใส่ผลมังคุดลงในกล่องเหล็ก และการเรียงผลมังคุดลงในถาดเหล็ก ในการทดลอง แต่ละการทดลอง ใช้มังคุดในการผลิตถ่าน ครั้งละ 1.5 กิโลกรัม มีค่าความชื้น (ฐานเปียก) อยู่ที่ 49.47 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้เตา สจล.51 ในการดำเนินการทดลอง ซึ่งในการทดลอง พบว่า การใส่มังคุดลงในกล่องเหล็กมีแนวโน้มผลออกมาดีที่สุด คือ มีปริมาณไม้พินบรรจุในห้องเผาไหม้ 63.66 กิโลกรัม มีปริมาณไม้เชื้อไฟ 7.40 กิโลกรัม ค่าความชื้นของไม้พิน (ฐานเปียก) 28.80 เปอร์เซ็นต์ มีกระบวนการเผาไหม้ภายในเตาเป็นเวลา 3.25 ชั่วโมง ได้ถ่านมังคุดที่สมบูรณ์ 0.26 กิโลกรัม มีปริมาณถ่านมังคุดที่แตก 0.11 กิโลกรัม มีเปอร์เซ็นต์การผลิตถ่านมังคุด 17.77 เปอร์เซ็นต์ และได้ปริมาณถ่านจากไม้พิน 12.84 กิโลกรัม และมีเปอร์เซ็นต์การผลิตถ่าน 20.16 เปอร์เซ็นต์

คำนิยม

ปัญหาพิเศษเล่มนี้ได้รับความกรุณาเป็นอย่างสูงจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ลือพงษ์ ลือนาม ซึ่งเป็นประธานกรรมการปัญหาพิเศษ ที่ได้กรุณาสละเวลาของท่านมาให้คำปรึกษา และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนช่วยเหลือและดูแลการตรวจสอบแก้ไขปัญหาพิเศษให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความกรุณา และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.ดวงกมล ปานรศทิพ ธรรมาธิวัฒน์ ซึ่งเป็นกรรมการปัญหาพิเศษ ที่คอยแนะนำสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อการทำปัญหาพิเศษ อีกทั้งยังกรุณาให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบคุณภาพของปัญหาพิเศษ รวมถึงคณาจารย์สาขาวิชาพัฒนากาเกษตร และการจัดการทรัพยากร คณะเทคโนโลยีการเกษตร ทุกท่านที่ให้ความรู้ คำชี้แนะ และประสบการณ์ดี ๆ แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ คุณรุ่งโรจน์ อยู่ทอง เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการช่างกลเกษตร ที่ให้ความสะดวกในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ

ขอขอบพระคุณ คุณอภิเดช แก้วกับทอง ที่คอยให้คำชี้แนะในการทำปัญหาพิเศษตั้งแต่การเริ่มดำเนินการจนปัญหาพิเศษเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ คุณลือขจร ลือนาม ที่คอยให้คำปรึกษาชี้แนะ และช่วยอำนวยความสะดวก ในขณะที่ทำการทดลองตั้งแต่ต้นจนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณพ่อตาน้อย แม่อนงค์ ศรีทอง และครอบครัวที่คอยเลี้ยงดู ให้ความช่วยเหลือ เป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้าในการศึกษาหาความรู้ระดับมหาวิทยาลัย และขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่คอยช่วยเหลือ กันในด้านต่างๆ ตลอดการศึกษา จนทำให้ปัญหาพิเศษนี้สำเร็จได้ด้วยดี

หวังเป็นอย่างยิ่งว่าปัญหาพิเศษฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาหาความรู้ หากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เกิดข้อผิดพลาดประการใด จึงขออภัยมา ณ โอกาสนี้

รัตนลักษณ์ ศรีทอง

ตุลาคม 2544

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(ก)
คำนิยม	(ข)
สารบัญ	(ค)
สารบัญตาราง	(จ)
สารบัญภาพ	(ช)
บทที่ 1 บทนำ	
1. ที่มาและความสำคัญ	1
2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
3. ขอบเขตการศึกษา	2
4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
5. นิยามศัพท์ปฏิบัติการ	2
บทที่ 2 การตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้อง	
1. มังคุด	3
2. ประเภทเตาเผาถ่าน	9
3. หลักการเผาไหม้	14
4. ถ่าน	17
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
บทที่ 3 วิธีการศึกษา	
1. การศึกษาหาปริมาณความสูญเสียของผลมังคุด	23
2. การศึกษาการผลิตถ่านจากผลมังคุด	23
3. การวิเคราะห์ข้อมูล	28
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	
1. ปริมาณความสูญเสียของผลมังคุด	29
2. ผลการศึกษาทดสอบเตาผลิตถ่านจากมังคุด	30
3. ผลการเปรียบเทียบในการผลิตถ่านจากผลมังคุดในรูปแบบต่างๆ	46
4. วิจารณ์ผล	47

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
1.สรุปผลการวิจัย	49
2.ข้อเสนอแนะ	50
เอกสารอ้างอิง	52
ภาคผนวก	
ภาคผนวก	54



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 การศึกษาการเผาถ่านจากมังคุดโดยใช้เตา สจล.51 ในรูปแบบการบรรจุผลมังคุดลงในปี๊บ	35
4.2 การศึกษาการเผาถ่านจากมังคุดโดยใช้เตา สจล.51 ในรูปแบบการใส่ผลมังคุดลงในกล่องเหล็ก	40
4.3 การศึกษาการเผาถ่านจากมังคุดโดยใช้เตา สจล.51 ในรูปแบบการใส่มังคุดลงในถาดเหล็ก	45
4.4 ผลการเปรียบเทียบในการผลิตถ่านจากผลมังคุดในรูปแบบต่างๆ	46
ตารางภาคผนวกที่	
1 ปริมาณความสูญเสียของมังคุดที่หั่นได้ต้นหลังฤดูการเก็บเกี่ยว	56
2 ค่าความชื้นของมังคุด	60
3 ค่าความชื้นของไม้พืนก่อนที่จะนำมาเผาของรูปแบบการบรรจุมังคุดลงในปี๊บ	61
4 ค่าความชื้นของไม้พืนก่อนที่จะนำมาเผาของรูปแบบการใส่มังคุดลงในกล่องเหล็ก	62
5 ค่าความชื้นของไม้พืน ก่อนที่จะนำมาเผาของรูปแบบการเรียงมังคุดลงในถาดเหล็ก	63
6 ผลการทดลองเผามังคุดเพื่อผลิตถ่าน	64
7 ปริมาณผลผลิตหลังการเผา	65
8 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ภายในเตาผลิตถ่านของการเผาในรูปแบบ การบรรจุมังคุดลงในปี๊บ ในการทดลองที่ 1 แล้วนำไปเผาในเตา สจล.51	66
9 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ภายในเตาผลิตถ่านของการเผาในรูปแบบ การบรรจุมังคุดลงในปี๊บ ในการทดลองที่ 2 แล้วนำไปเผาในเตา สจล.51	69
10 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ภายในเตาผลิตถ่านของการเผาในรูปแบบ การบรรจุมังคุดลงในปี๊บ ในการทดลองที่ 1 แล้วนำไปเผาในเตา สจล.51	73
11 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ภายในเตาผลิตถ่านของการเผาในรูปแบบ การใส่มังคุดลงในกล่องเหล็ก ในการทดลองที่ 1 แล้วนำไปเผาในเตา สจล.51	77
12 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ภายในเตาผลิตถ่านของการเผาในรูปแบบ การใส่มังคุดลงในกล่องเหล็ก ในการทดลองที่ 2 แล้วนำไปเผาในเตา สจล.51	79
13 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ภายในเตาผลิตถ่านของการเผาในรูปแบบ การใส่มังคุดลงในกล่องเหล็ก ในการทดลองที่ 3 แล้วนำไปเผาในเตา สจล.51	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
14 ระดับอนุหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ภายในเตาผลิตถ่านของการเผาในรูปแบบ การเรียงมั่งคุดลงในถาดเหล็ก ในการทดลองที่ 1 แล้วนำไปเผาในเตา สจล.51	83
15 ระดับอนุหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ภายในเตาผลิตถ่านของการเผาในรูปแบบ แบบการเรียงมั่งคุดลงในถาดเหล็ก ในการทดลองที่ 2 แล้วนำไปเผาในเตา สจล.51	85
16 ระดับอนุหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ภายในเตาผลิตถ่านของการเผาในรูปแบบ การเรียงมั่งคุดลงในถาดเหล็ก ในการทดลองที่ 3 แล้วนำไปเผาในเตา สจล.51	88



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ภาพแสดงแหล่งเพาะปลูกมังคุดของประเทศไทย	7
2.2 ภาพแสดงพื้นที่ให้ผล ผลผลิตและผลผลิตต่อไร่	8
2.3 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกมังคุดสดและผลิตภัณฑ์	9
2.4 สัดส่วนการส่งออกมังคุดแยกตามปริมาณ	9
3.1 ส่วนประกอบของเตาผลิตถ่านจากมังคุด	24
3.2 เตาผลิตถ่านจากมังคุดรูปแบบที่ 1 การใส่มังคุดลงในบับ	26
3.3 เตาผลิตถ่านจากมังคุดรูปแบบที่ 2 การใส่มังคุดลงในกล่องเหล็ก	26
3.4 เตาผลิตถ่านจากมังคุดรูปแบบที่ 3 การใส่มังคุดลงในถาดเหล็ก	26
4.1 การทดสอบหาปริมาณความสูญเสียของมังคุด	29
4.2 อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่าง ของการเผาในรูปแบบ การบรรจุผลมังคุดลงในบับ แล้วนำไปเผาในถัง 200 ลิตร	33
4.3 อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่าง ของการเผาในรูปแบบที่ การใส่มังคุดลงในกล่องเหล็ก แล้วนำไปเผาในถัง 200 ลิตร	38
4.4 อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่าง ของการเผาในรูปแบบที่ การใส่มังคุดลงในถาดเหล็ก แล้วนำไปเผาในถัง 200 ลิตร	43
ภาพภาคผนวก ภาพที่	
1 ตัวอย่างต้นมังคุดที่ทำการสุ่มตัวอย่างเก็บข้อมูลปริมาณ ความสูญเสียของผลมังคุดหลังฤดูการเก็บเกี่ยว	55
2 ผลมังคุดที่ร่วงหล่นของต้นมังคุดที่ทำการเก็บตัวอย่าง หลังฤดูการเก็บเกี่ยว	55
3 ผลมังคุดที่เก็บรวบรวมได้ในแต่ละต้นที่ทำการสุ่มตัวอย่าง เพื่อจะนำไปชั่งน้ำหนักหาความสูญเสียของมังคุดหลังฤดูการเก็บเกี่ยว	55
4 การเก็บตัวอย่างไม้พินเพื่อนำไปหาค่าความชื้นก่อนนำมาผลิตถ่าน	56
5 การเลื่อยไม้พินให้ได้ขนาดพอดีกับตัวเตาเพื่อนำไปเผาเพื่อการผลิตถ่าน	56
6 การชั่งน้ำหนักไม้พินก่อนนำเข้าเตาเพื่อให้ทราบปริมาณการใช้ไม้พิน ในแต่ละรูปแบบ	57
7 การเรียงไม้เข้าตัวเตา สจล.51	57

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพภาคผนวก ภาพที่	หน้า
8 ชั่งน้ำหนักของผลมังคุดก่อนนำเข้าผลิตถ่านในเตา สจล.51 เพื่อนำมาหาเปอร์เซ็นต์การเป็นถ่านมังคุดที่สมบูรณ์	57
9 การวางภาชนะที่บรรจุมังคุดการนำไปผลิตเป็นถ่าน	58
10 การติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิก่อนการเผา เพื่อเก็บอุณหภูมิระหว่างการผลิตถ่าน	58
11 ปิดหน้าเตาเพื่อทำการเผาถ่าน	58
12 จุดไฟหน้าเตาเพื่อไล่ความชื้นของไม้ฟืนและมังคุดเพื่อผลิตถ่านมังคุด	59
13 ลักษณะของควันบริเวณปากปล่องเริ่มใสให้เตรียมปิดเตา	59
14 ถ่านมังคุดที่สมบูรณ์ของจากทำวิจัยครั้งนี้	65

บทที่ 1

บทนำ

1. ที่มาและความสำคัญ

มังคุด เป็นผลไม้ในเขตร้อน ที่มีรสชาติดี ผลของมังคุดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.5 – 7.0 เซนติเมตร เมื่อผลมังคุดแก่จัดมีสีม่วงแดงหรือสีม่วงดำ น้ำหนักประมาณ 30 - 16 กรัมต่อผล ซึ่งตลาดมีความต้องการมังคุดที่มีผลขนาดใหญ่ น้ำหนักของผลมังคุดมากกว่า 100 กรัมขึ้นไปต่อผล หรือประมาณ 8 -10 ผลต่อ 1 กิโลกรัม ผิวเกลี้ยงสะอาดไม่มีน้ำยางสีเหลืองเปรอะเปื้อนเนื้อผล เนื้อผล อ่อนนุ่ม มีสีขาว ไม่มีลักษณะ เป็น เนื้อ แก้ว และ เนื้อ ผล ไม่ ข้ำ เสีย หรือ เน่า (นฤมล มานีพพาน, 2544)

มังคุดเป็นผลไม้ที่จัดว่าได้รับความนิยมในการรับประทานมากที่สุด จนได้รับการยกย่องว่าเป็นราชินีแห่งผลไม้และเป็นผลไม้ที่มีการส่งออกสูงชนิดหนึ่ง จากข้อมูลการส่งออกในปี พ.ศ.2551 สามารถส่งออกจำหน่ายต่างประเทศสูงประมาณ 47,232 ตัน มีมูลค่า 755 ล้านบาท สถานการณ์การปลูกมังคุดของไทยใน พ.ศ. 2552 มีพื้นที่เพาะปลูกมังคุดประมาณ 360,194 ไร่ ส่งออกในรูปของผลสด 99 เปอร์เซ็นต์ และในรูปของมังคุดแช่แข็ง 1 เปอร์เซ็นต์ มีตลาดส่งออกที่สำคัญได้แก่ จีน ญี่ปุ่น เวียดนาม พม่า และสหรัฐอเมริกา (สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร, 2552) แต่ยังมีมังคุดจำนวนมากที่เกิด ความเสียหาย จึงทำให้ผลมังคุดดังกล่าวไม่เป็นที่ต้องการของตลาด การที่ผลมังคุดเกิดความเสียหายนั้น อาจเกิดจากการเก็บเกี่ยวมังคุดไม่ได้รับการเอาใจใส่เท่าที่ควร ทำให้ผลของมังคุดตกลงสู่พื้นดินเป็นผลทำให้มังคุดข้ำ หลังจากการเก็บเกี่ยวแล้วจึงต้องนำมาคัดเลือกผลผลิต ซึ่งจะต้องคัดเลือกผลมังคุดที่มีลักษณะเป็นเนื้อแก้ว ผิวไม่เกลี้ยงและมียางสีเหลืองเปรอะเปื้อนเนื้อผล ผลมังคุดที่เกิดความเสียหายดังกล่าวจึงต้องถูกทิ้งไว้เป็นจำนวนมาก ตลอดจนปัจจุบันมีการประกอบอาชีพชาวสวนมังคุดกันมาก จึงทำให้เกิดปัญหาในการค้าขาย เห็นได้ชัดว่ามังคุดมีปริมาณมากเกินความต้องการจึงเกิดวิกฤตราคามังคุดตกต่ำและล้นตลาด โดยประเทศไทยมีมังคุดมากกว่า 235,000 ตัน (ศูนย์วิจัยมังคุดแห่งชาติ, 2551) บางครั้งขายสดไม่ทันและบางครั้งก็เน่าเสีย ซึ่งกลายเป็นปัญหาสำหรับเกษตรกร จึงได้นำผลมังคุดที่ ราคาตกต่ำ มาทำให้เกิดประโยชน์ และเพิ่มมูลค่าให้กับผลมังคุด ด้วยการนำผลมังคุดมาผลิตเป็นถ่าน สามารถนำออกจำหน่ายเป็นผลิตภัณฑ์ดูกลิ่น และเมื่อนำมาใส่บรรจุภัณฑ์สวยๆสามารถขายได้ราคา 5 - 10 บาทต่อผล นับว่าเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลมังคุดที่ราคาตกต่ำได้เป็นอย่างดี ส่วนถ่านผลไม้ที่สามารถดูกลิ่นได้ดีที่สุด คือ ถ่านจากผลน้อยหน้า รongลงมา คือ ถ่านจากผลมังคุด แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากน้อยหน่ามีช่วงฤดูการเก็บเกี่ยวที่สั้นกว่าฤดูการเก็บเกี่ยวของมังคุด และผลของน้อยหน่ามีปริมาณการเหลือทิ้งน้อยกว่าผลของมังคุด รวมทั้งผลของมังคุดเมื่อเผาออกมาเป็นถ่านแล้วมีรูปทรงที่สวยงามกว่า ซึ่งการผลิตถ่านจากผลมังคุดอาจเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้ทำสวนมังคุด ทั้งด้านการก่อให้เกิดงาน สร้างรายได้จากผลมังคุดที่ขายไม่ได้ราคาให้แก่เกษตรกรและชุมชน

2.วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.ศึกษาความสูญเสียของผลมังคุดจากสวนของเกษตรกร
- 2.ศึกษาวิธีการเผาถ่านจากมังคุด

3.ขอบเขตการศึกษา

เก็บข้อมูลปริมาณความสูญเสียของผลมังคุด ศึกษาวิธีการผลิตถ่านจากผลมังคุด เปรียบเทียบวิธีการผลิตถ่านในแต่ละรูปแบบ อุณหภูมิภายในเตา อุณหภูมิในภาชนะบรรจุผลมังคุด ผลผลิตของถ่านผลมังคุดที่ได้ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ สรุปผล และเสนอแนะ

4.ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.นำผลมังคุดที่ราคาตกต่ำ มาทำให้เกิดประโยชน์
- 2.ช่วยเพิ่มมูลค่าของถ่านมากขึ้น
- 3.นำวิธีการที่ศึกษาไปประยุกต์ใช้กับผลไม้ชนิดอื่นๆ
- 4.เพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร

5.นิยามศัพท์ปฏิบัติการ

การผลิตถ่าน หมายถึง การนำไม้หรือวัสดุใกล้เคียงอื่นๆ เช่น กะลามะพร้าว ผลไม้ มาผ่านกระบวนการคาร์บอนเซชัน โดยการเผาที่อุณหภูมิสูง

ถ่านดุดกลิ้น หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไม้หรือผลไม้มาเผาจนกลายเป็นถ่าน มีสมบัติในการดุดกลิ้น

มังคุด หมายถึง ผลของมังคุดที่เหลือทิ้งหลังฤดูการเก็บเกี่ยวในสวนของเกษตรกร

บทที่ 2 การตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาหลักการ ข้อมูล และงานวิจัยต่างๆ โดยสามารถแบ่งแยกออกเป็นส่วนๆ คือ

1. มังคุด
2. ประเภทเตาเผาถ่าน
3. หลักการเผาไหม้
4. ถ่าน
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. มังคุด

1.1 ความเป็นมา

มังคุด (*Garcinia mangostana* L.) อยู่ในวงศ์ Guttiferae ชื่อสามัญ คือ Mangosteen มีถิ่นกำเนิดเดิมในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งได้แก่ มาเลเซีย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ ไทย และพม่า มังคุดเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง ระยะเวลาปลูกของมังคุดคือ 10 x 10 เมตร ผลมีลักษณะกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางผล 3.5 – 7.0 เซนติเมตร ผลดิบสีเขียว เมื่อสุกมีสีม่วงเข้มหรือสีน้ำตาลแดง เปลือกหนา มีกระดูกกลีบเลี้ยงอยู่ที่ขั้วผล เนื้อในสีขาว แบ่งออกเป็นกลีบๆ ในแต่ละผลมี 4 – 8 กลีบ (นิดดา หงษ์วิวัฒน์ และ ทวีทอง หงษ์วิวัฒน์, 2550) พันธุ์มังคุดที่ปลูกกันโดยทั่วไปมีพันธุ์เดียวเรียกว่าเป็นพันธุ์พื้นเมือง เพราะมังคุดเป็นพืชที่ปลูกด้วยเมล็ด และมังคุดไม่ได้เกิดจากการผสมเกสร จึงไม่มีโอกาสกลายพันธุ์เลย (นฤมล มานีพพาน, 2544)

1.2 การเก็บเกี่ยวมังคุด

ต้นมังคุดที่สมบูรณ์โดยเฉลี่ยแล้ว จะเริ่มออกผลในปีที่ 8 - 10 ซึ่งอาจจะสั้นกว่านี้ในกรณีที่ปลูกจากการทาบกิ่ง เนื่องจากใช้กิ่งของต้นที่มีการเจริญเติบโตแล้วมาใช้ (นฤมล มานีพพาน, 2544) ฤดูกาลของมังคุดในช่วงติดดอกออกผลจนถึงเก็บช่วงผลผลิตในภาคใต้ คือ เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนสิงหาคม ส่วนภาคตะวันออกฤดูกาลของมังคุดในช่วงติดดอกจนถึงเก็บช่วงผลผลิต คือ เดือนมกราคม ถึงเดือนมิถุนายน (นิดดา หงษ์วิวัฒน์ และ ทวีทอง หงษ์วิวัฒน์, 2550) ปกติมังคุดหลังจากติดดอกออกผลแล้วประมาณ 3 เดือน ผลจะเริ่มแก่สามารถทยอยเก็บได้ (โกศล มารมย์, 2547) ต้นมังคุดต้นหนึ่งๆ จะให้ผลผลิตหลายรุ่น และต้นมังคุดแต่ละต้นจะมีผลมังคุดที่แก่ไม่พร้อมกัน การเก็บผลมังคุดควรเก็บวันเว้นวันหรือสองสามวันเก็บครั้งหนึ่ง เพื่อให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำออกจำหน่ายหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ผลมังคุดที่มีลักษณะสุกในเกณฑ์ที่ตลาดต้องการ การเก็บมังคุดจนหมดต้นจะใช้เวลาทั้งสิ้นประมาณ 30 – 40 วัน ในแต่ละปี ต้นมังคุด 1 ต้น จะให้ผลผลิตตั้งแต่ 500 – 1,500 ผล ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของต้นนั้นๆ มังคุดจะออกผลปีละ 1 ครั้งเท่านั้น แต่เวลาในการออกดอกผลในแต่ละท้องถิ่นจะไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น แสง ความชื้น ความสูงจากระดับน้ำทะเล (นฤมล มานีพพาน, 2544) การเก็บมังคุดจะต้องเผื่อเวลาในการสุกก่อนถึงมือผู้บริโภค ดังนั้นก่อนเก็บผลมังคุดจากต้นจะต้องสังเกตสีผิวของเปลือกมังคุดเป็นสำคัญ ถ้าผิวของเปลือกมังคุดมีจุดแต้มหรือรอยประสีชมพูคล้ายมีสายเลือดขึ้นตามผิวให้เก็บได้ แต่ยังไม่เหมาะสมจะรับประทาน เพราะจะแกะเนื้อออกจากผลยาก และมียางสีเหลืองอยู่ภายในเปลือก ซึ่งใช้เวลาอีก 4 วัน ผลจะสุกเปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงแดง สามารถรับประทานได้ ถัดจากนั้นอีก 1-3 วัน เปลือกเปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงเข้มหรือสีม่วงดำ แสดงว่าสุกเต็มที่ เป็นระยะที่เหมาะสมในการรับประทานมากที่สุด (โกศล มารมย์, 2547) แต่ถ้านานต่อจากนั้นมังคุดจะเริ่มเน่าในวันต่อไป หลังจากนั้นเนื้อของมังคุดจะเสื่อมคุณภาพ ถ้าเก็บไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส จะสามารถเก็บรักษามังคุดไว้ได้นานขึ้น (สุรพล มนต์เสรี, 2550) การเก็บเกี่ยวมังคุดส่วนใหญ่ ใช้คุณสมบัติของตัวผลมังคุดมาผสมผสานรวมกัน โดยอาศัยลักษณะที่มองเห็นจากภายนอก เช่น ขนาดของผล สีของเปลือก การเกิดนวล การเก็บเกี่ยวผลมังคุดที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติ เป็นการสังเกตพัฒนาการของสีของผลมังคุดเป็นหลักโดยสถาบันทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ได้ลำดับสีของมังคุดเป็น 7 ระดับ ตั้งแต่ 0-6 เพื่อใช้เป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวดังนี้ (นฤมล มานีพพาน, 2544)

- ระดับ 0 ผลมังคุดมีสีขาวอมเหลืองสม่ำเสมอ หรือมีสีขาวอมเหลืองแต้มด้วยสีเขียวอ่อน หรือจุดสีเทา มียางสีเหลืองภายในเปลือกมาก เนื้อและเปลือกไม่สามารถแยกออกจากกันได้

- ระดับ 1 ผลมังคุดมีสีเหลืองอ่อนอมเขียว มีจุดสีชมพูกระจายอยู่บางส่วนของผิวผลภายในเปลือกยังคงอยู่ในระดับมาก เนื้อและเปลือกยังไม่สามารถแยกออกจากกันได้

- ระดับ 2 ผลมังคุดมีสีเหลืองอ่อนอมชมพู มีสีชมพูกระจายไปทั่วทั้งผลภายในเปลือกของผลมังคุดยังคงมีอยู่ในระดับปานกลาง การแยกตัวของเนื้อและเปลือกทำได้ยากถึงปานกลาง

- ระดับ 3 ผลมีสีชมพูสม่ำเสมอ ประสีชมพูเริ่มขยายเข้ามารวมกันไม่แบ่งแยกกันอย่างชัดเจนเหมือนในระยะที่ 2 ภายในเปลือกยังคงมีอยู่น้อยถึงน้อยมาก การแยกตัวของเนื้อและเปลือกทำได้ง่ายกว่าระดับที่ 2 เป็นระดับที่เริ่มจะเก็บเกี่ยวได้

- ระดับ 4 ผลมีสีแดงหรือน้ำตาลอมแดง บางครั้งมีแต้มสีม่วง ยางภายใต้เปลือกมีน้อยมากจนถึงไม่มี การแยกตัวของเนื้อและเปลือกทำได้ง่าย
- ระดับ 5 ผลมีสีม่วงแดงภายในเปลือกไม่มียางเหลืออยู่ เนื้อและเปลือกสามารถแยกออกจากกันได้ง่าย ...
- ระดับ 6 ผลมีสีม่วงเข้มจนถึงดำ ภายในเปลือกไม่มียางเหลืออยู่เลย เนื้อและเปลือกแยกออกจากกันได้ง่าย

ลักษณะนิสัยในการเจริญเติบโตและออกดอกติดผลจนเก็บเกี่ยวได้ของมังคุดจะมีความสัมพันธ์กันอย่างมากกับปริมาณน้ำฝนและความชื้นในแต่ละรอบปี โดยจะส่งผลถึงคุณภาพมังคุด เช่น ผลมีขนาดเล็ก ยางไหล เป็นโรคเน่าเสีย และอาการเนื้อแก้วของมังคุด โดยเฉพาะอาการเนื้อแก้ว เมื่อเกิดอาการนี้แล้วเนื้อผลปกติอ่อนนุ่มสีขาว จะเปลี่ยนเป็นใสและแข็งเหมือนวุ้นที่ไม่มีฟองอากาศแทรกอยู่ ซึ่งจะเห็นเป็นวุ้นแข็งเป็นสีขาวขุ่นขณะที่เนื้อแก้วเซลล์ได้รับน้ำมากเกินไป ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ฉีกขาด น้ำเข้าไปแทนที่อากาศในช่องว่างระหว่างเซลล์ทำให้เห็นเนื้อผลใสเหมือนกับน้ำแข็งที่ไม่ฟองอากาศแทรกอยู่ภายใน (นฤมล มานีพพาน, 2544)

การเก็บเกี่ยวผลมังคุดให้ได้ลักษณะผิวสวยงามไม่ช้ำมี 2 วิธี คือ (โกศล มารมย์, 2547)

- การปีนขึ้นไปเก็บใส่ถุงหรือตะกร้าห้อยลงมา ทำให้ผลมังคุดไม่ช้ำ แต่เป็นวิธีที่สิ้นเปลืองแรงงานและเวลาไม่เหมาะสมจะนำมาใช้เก็บมังคุดจำนวนมากๆ
- การใช้ตะกร้อแบบดุงกาแพหรือเครื่องมือเก็บแบบบิดเป็นวิธีที่สะดวกรวดเร็วและนิยมกันมาก

1.3 คุณภาพของมังคุดที่ผลิตได้ในปัจจุบันมีลักษณะดังนี้ (นฤมล มานีพพาน, 2544)

- 1.3.1 ผลมีขนาดเล็กเกินไป คือ มีขนาด 16-18 ผลต่อ 1 กิโลกรัม หรือเล็กกว่านี้เหมาะสำหรับบริโภคภายในประเทศ เพราะจะมีเมล็ดน้อย
- 1.3.2 ผิวของผลกร้าน มีร่องรอยการทำลายของแมลง เช่น เพลี้ยไฟ และไรแดง
- 1.3.3 ที่กลีบบริเวณขั้วผลจะมีแมลงอาศัยอยู่ เช่น มดดำ เพลี้ยแป้ง และก่อให้เกิดโรคที่ผล
- 1.3.4 ผิวของผลแตก ยางไหล ดูสกปรก
- 1.3.5 มีอาการเนื้อภายในผลช้ำ เป็นเนื้อแก้ว
- 1.3.6 เปลือกแข็งและภายในเน่าเสีย

นั่นคือลักษณะของมังคุดที่เราพบเห็นกันอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งไม่สามารถจะส่งไปขายยังตลาดต่างประเทศได้ ทำให้ผู้ซื้อไม่กล้าซื้อไปรับประทาน เพราะผลเสียมีมากกว่าผลดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 คุณภาพของมังคุดที่ตลาดต้องการ (นฤมล มานีพพาน, 2544)

1.4.1 ผลขนาดใหญ่มีขนาดของผลตั้งแต่ 100 กรัม ขึ้นไปประมาณ 8-10 ต่อ 1 กิโลกรัม บางประเทศมีความต้องการขนาด 200 กรัมต่อผล

1.4.2 ผิวของผลสะอาด ไม่มีร่องรอยของการทำลายของแมลง มีผิวฉนวนตามธรรมชาติ

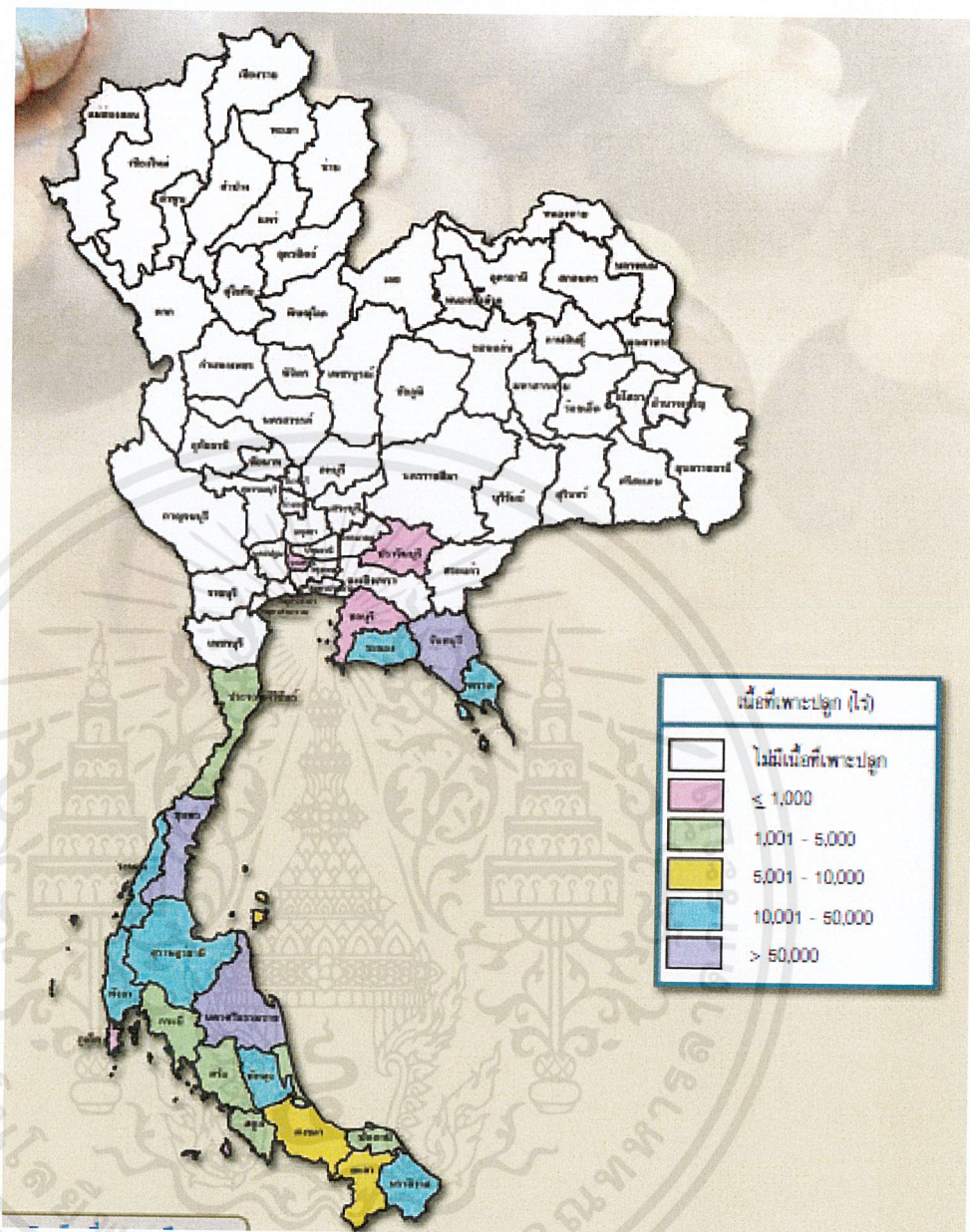
1.4.3 เปลือกของผลมีความหนาปานกลาง ไม่แข็ง เนื้อภายในมีสีขาว

1.4.4 ไม่มีอาการยางไหลที่เปลือก

1.4.5 ไม่มีอาการเนื้อแก้วหรือเนื้อเน่าซ้ำ

1.5 การผลิตมังคุดในประเทศไทย

ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมังคุดประมาณ 360,194 ไร่ มีผลผลิตประมาณ มีผลผลิตประมาณ 298,391 ตันต่อปี (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552) พื้นที่ปลูกมังคุดของประเทศไทยมีมากที่สุดทางภาคใต้ นับตั้งแต่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ลงไปตลอดภาคใต้ ภาคตะวันออก ได้แก่ จังหวัดจันทบุรี นครนายก ระยอง ตราด และปราจีนบุรี ส่วนภาคกลางปลูกในเขตจังหวัดนนทบุรี ดังภาพที่ 2.1 (สุรพล มั่นสเลวี, 2550)



ภาพที่ 2.1 ภาพแสดงแหล่งเพาะปลูกมั่งคุดของประเทศไทย

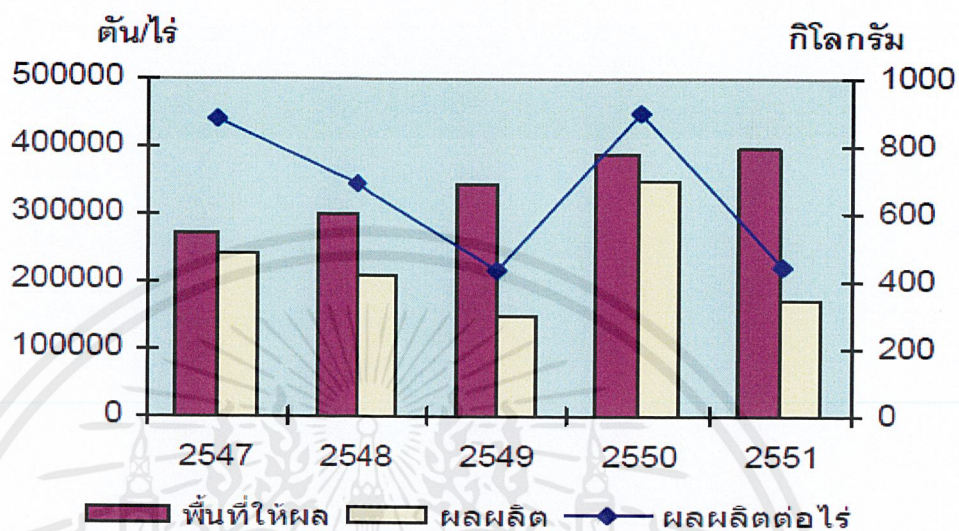
ที่มา : ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร พ.ศ. 2552

1.5.1 สถานการณ์ผลิตมั่งคุดของประเทศไทย

ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา (2547-2551) พื้นที่ให้ผลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 272,921ไร่ ในปี 2547 เป็น 396,325 ไร่ ในปี 2551 หรือเพิ่มขึ้นในอัตราเฉลี่ยร้อยละ 10.46 ต่อปี ส่วนต่อไร่มีแนวโน้มลดลงจาก 239,275 ตัน และผลผลิตไร่ละ 877 กิโลกรัม ในปี 2547 เหลือผลผลิต 173,511 ตัน และผลผลิตไร่ละ 438 กิโลกรัมในปี 2551 หรือลดลงในอัตราเฉลี่ยร้อยละ 1.31 และ 10.66 ต่อปี ตามลำดับ สำหรับในปี 2551 มีพื้นที่ให้ผลเพิ่มขึ้นจาก 387,292 ไร่ ของปี 2550 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละ 2.33 ส่วนผลผลิตและผลผลิตต่อไร่ลดลงจาก 348,181 ตันและผลผลิตไร่ละ 899 กิโลกรัม ของปี 2550 หรือลดลงร้อยละ 50.16 และ 51.27 ตามลำดับ ดังภาพที่ 2.2

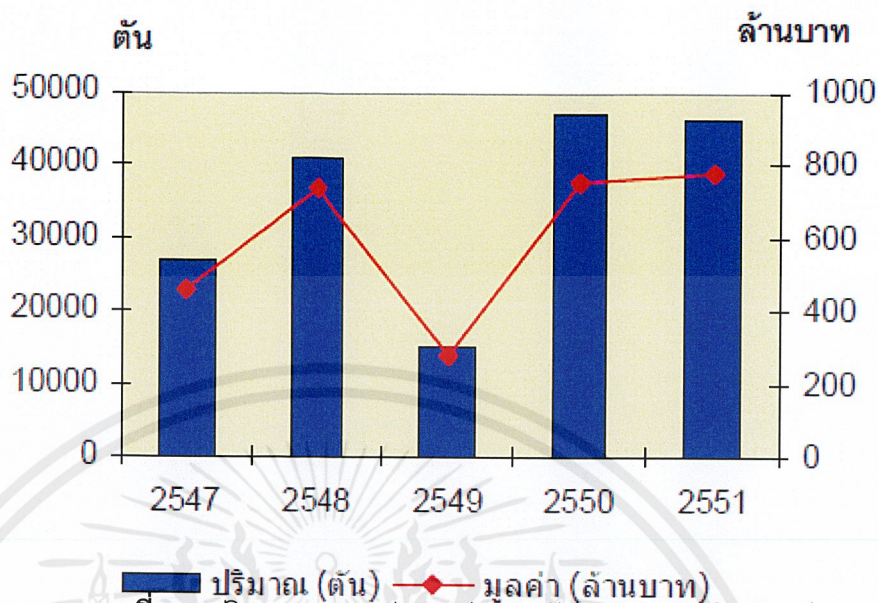


ภาพที่ 2.2 ภาพแสดงพื้นที่ให้ผล ผลผลิตและผลผลิตต่อไร่

ที่มา : ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร พ.ศ. 2552

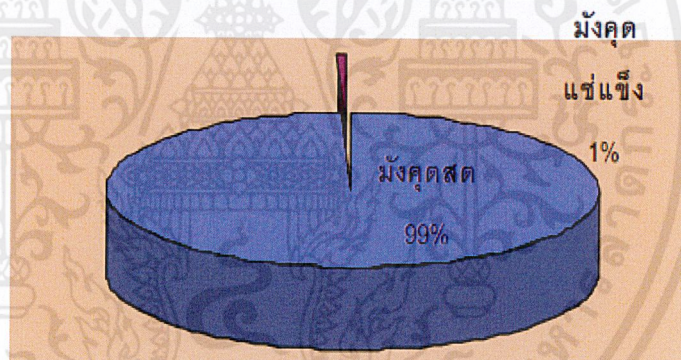
1.5.2 การส่งออกมังคุดของประเทศไทย

ไทยเป็นผู้ผลิตและผู้ส่งออกมังคุดรายใหญ่ของโลก โดยตลาดหลักของไทยได้แก่ สาธารณรัฐประชาชนจีน การส่งออกส่วนใหญ่จะส่งออกในรูปแบบมังคุดสดกว่าร้อยละ 99 ของการส่งออกทั้งหมด โดยในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา (2547-2551) การส่งออกมังคุดสดและผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปริมาณ 27,006 ตัน มูลค่า 462 ล้านบาทในปี 2547 เป็นปริมาณ 46,300 ตัน มูลค่า 775 ล้านบาทในปี 2551 หรือเพิ่มขึ้นในอัตราเฉลี่ยร้อยละ 12.99 และ 11.21 ต่อปีตามลำดับ ในปี 2551 การส่งออกมังคุดสดและผลิตภัณฑ์ลดลงจากปริมาณ 47,232 ตัน ของปี หรือลดลงร้อยละ 2.61 ส่วนมูลค่าเพิ่มขึ้นจาก 755 ล้านบาทในปี 2550 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.65 โดยตลาดส่งออกที่สำคัญยังคงเป็นสาธารณรัฐประชาชนจีน (ภาพที่ 2.3 , 2.4)



ภาพที่ 2.3 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกมังคุดสดและผลิตภัณฑ์

ที่มา : ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร พ.ศ. 2552



ภาพที่ 2.4 สัดส่วนการส่งออกมังคุดแยกตามปริมาณ

ที่มา : ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร พ.ศ. 2552

2.ประเภทเตาเผาถ่าน

2.1 เตาเผาถ่านแบบเคลื่อนที่ไม่ได้ (ชาญชัย ลิมปิยากร, 2544)

2.1.1 เตาเผาถ่านแบบใช้ดินกลบ การเรียงไม้ให้เป็นกองอย่างมีระเบียบแล้วถมกลบด้วยเศษหญ้าและดิน สามารถทำการคาร์บอนเซชันไม้ได้เกือบทุกขนาด และสามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างและขนาดที่เหมาะสมตามความต้องการ โดยปกติแล้วการเผาแต่ละครั้งจะใช้เศษหญ้าคลุมประมาณ 2-3 ชั้น แล้วถมกลบด้วยดินหนาประมาณ 25 เซนติเมตร

2.1.2 เตาเผาถ่านแบบผนังไม้ จะมีความซับซ้อนมากขึ้น โดยใช้แผ่นกระดานหรือเสาไม้ทำเป็นกรอบของผนังเตา เพื่อกันดินกับไม้ที่จะเผา เตาแบบนี้จะใช้ใบปาล์มคลุมปิดด้านข้าง ขณะเดียวกันใบปาล์มเหล่านี้จะยื่นโผล่ขึ้นมาด้านบน ทำหน้าที่เป็นช่องอากาศและปล่องไฟ ไม้ที่จะเผาจะถูกจัดเรียงอยู่บนไม้รองที่เรียกว่า สตรีงเกอร์ ทำให้มีอากาศอยู่ใต้กองไม้ เพื่อการหมุนเวียนของอากาศในการคาร์บอนไนเซชัน

2.1.3 เตาเผาถ่านแบบคาซาแมน เป็นเตาที่ได้รับการปรับปรุงมาจากเตาแบบดั้งเดิม โดยจะทำฐานรองให้สูงกว่าพื้นปกติและทำช่องอากาศรอบๆเตา เพื่อให้มีอากาศหมุนเวียน จากนั้นเพิ่มปล่องไฟขนาดใหญ่ติดไว้ด้านข้างเตาเพื่อทำให้เกิดรีเวอร์ตราฟท์ สำหรับด้านบนของเตาจะมีช่องสำหรับจุดไฟ โดยจะอยู่ที่ศูนย์กลางเตาลึกประมาณ 1 เมตร ในส่วนของช่องอากาศจะทำได้โดยใช้กิ่งไม้วางกันไว้ด้านข้างรอบๆ กองไม้ที่จะเผา ปล่องไฟทำจากถัง 220 ลิตร จำนวน 3 ถัง เชื่อมต่อเข้าด้วยกันและมีแผ่นเชื่อมอยู่ภายใน เพื่อเพิ่มพื้นที่สำหรับกลั่นตัวของไอระเหย ปล่องไฟจะถูกวางไว้ให้เชื่อมต่อกันภายในของช่องอากาศ ที่สร้างขึ้นเพื่อดูดอากาศจากใต้ฐานรอง ส่วนทางด้านบนของเตา จะกลบด้วยใบไม้และดินตามปกติ การจะไฟทำได้โดยการใช้อ่างร้อนทิ้งลงไป ในปล่องไฟด้านบน

2.1.4 เตาเผาถ่านแบบหลุม เตาเผาจะก่อสร้างโดยขุดให้เป็นหลุมลงไปในพื้นที่ดินบรรจุมันที่ทำการเผาและถมกลบด้วยใบไม้หรือดินด้านบน หรือบางครั้งอาจใช้ฝาโลหะปิดเพื่อป้องกันการรั่วซึมของอากาศที่ดีกว่า และลดปริมาณของสิ่งเจือปน

2.1.5 เตาเผาถ่านแบบโลหะ เตาเผาถ่านซึ่งอาจใช้โลหะสร้างเพียงอย่างเดียว หรืออาจมีวัสดุประเภทอื่นๆ ประกอบในการสร้าง ตัวเตาทำด้วยโลหะมีปล่องไฟอยู่ด้านข้างของเตา มีทางเข้าของอากาศอยู่ด้านล่างและมีช่องระบายอากาศอยู่ด้านบน บริเวณฐานเตาที่ใช้ดินกลบ

2.1.6 เตาเผาถ่านแบบมาร์ควี เตาเผาประกอบด้วยถังโลหะทรงกระบอกขนาดใหญ่ 2 ถัง วางเชื่อมต่อกัน โดยด้านบนจะเป็นฝาทรงกรวยซึ่งมีรูอยู่ตรงกลาง และสามารถปิดเปิดได้เพื่อการจุดไฟ ส่วนรอยต่อระหว่างส่วนประกอบหลักทั้งสาม จะใช้ทรายในการป้องกันการรั่วซึม เตาชนิดนี้จะทำงานแบบรีเวอร์ตราฟท์ มีช่องอากาศ 8 ช่อง วางด้วยระยะห่างเท่าๆ กัน ที่ฐานเตาซึ่งแต่ละช่องจะถูกดัดแปลงให้ทำหน้าที่ต่างกันคือ เป็นช่องอากาศเข้า หรือต่อปล่องออกเพื่อทำหน้าที่เป็นท่อปล่อยควันไอเสีย

2.1.7 เตาเผาถ่านจากอิฐดินเหนียวตากแห้งและอิฐเผา เตาเผาทำจากอิฐที่ทำจากดินเหนียวตากแห้งหรือเผาแล้ว มีน้ำหนักมากไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ เก็บความร้อนได้ดี ถ้าได้รับความร้อนนานๆ เกิดรอยแตกกร้าว

2.1.8 เตาเผาถ่านแบบรวงผึ้ง เตาเผาถ่านทำจากอิฐดินเหนียว โครงสร้างประกอบด้วย ผนังอิฐในแนวตรงมีหลังคาเป็นโดม โดยจะมีเหล็กเสริมความแข็งแรง หน้าที่รับที่ฐานของโดมทำแรงในแนวด้านข้างและแรงจากภายนอกที่กระทำกับผนัง ในส่วนของเตาซึ่งเป็นดินเหนียวที่ตากแห้ง โดยด้านนอกฉาบด้วยปูนซึ่งจะทำหน้าที่ป้องกันการรั่วซึมของอากาศ หลังจากจัดเรียงไม้เข้าเตา ด้วยการก่ออิฐขึ้นปิดและฉาบด้วยปูนอีกครั้ง ซึ่งการปิดเตาด้วยวิธีนี้จะช่วยป้องกันการรั่วซึมของอากาศได้ดีกว่า และมีราคาถูกกว่าใช้ประตุโลหะ

2.1.9 เตาเผาถ่านแบบมิสซูรี เตาเผาถ่านขนาดใหญ่ที่ต้องใช้เวลาในการคาร์บอนไนเซชันนานถึงหนึ่งเดือนครึ่ง ตัวเตาประกอบด้วยปล่องไฟและช่องอากาศอยู่รอบเตา ด้านบนของเตามีช่องอากาศสำหรับจุดไฟ 4 ช่อง และมีประตูเหล็กขนาดใหญ่ 2 ด้าน เพื่อสะดวกต่อการใช้เครื่องจักรจัดเรียงไม้เข้าเตาและการเคลื่อนย้ายถ่านออก

2.1.10 เตาเผาถ่านแบบผสม จะผสมระหว่างเตาเผาแบบหลุมกับเตาเผาแบบโลหะ ในการสร้างจะทำการขุดหลุมและนำเตาโลหะมาวางด้านบน เตาจะสูญเสียความร้อนบางส่วนในช่วงแรก

2.2 เตาเผาถ่านแบบเคลื่อนที่ได้

2.2.1 เตาเผาถ่านขนาดเล็ก ตัวเตาประกอบด้วย ถังน้ำมันขนาดความจุ 200 ลิตร เจาะฝาด้านบนออก เก็บฝาที่เปิดออกนี้ไว้ใช้ในการเผา เจาะรู 4 รู ให้ชิดขอบด้านที่เปิดฝาออกพอให้ท่อน้ำขนาด 1/2 นิ้ว สอดเข้าไปยังถัง เจาะรูข้างถังอีก 3 รู ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว เรียงกันลงในแนวตั้งให้รูทั้งสี่ห่างเท่าๆ กัน และอยู่ห่างจากปากถังประมาณ 6 นิ้ว ใช้เป็นช่องลม เอาข้อต่อท่อน้ำขนาด 2 นิ้ว มาเชื่อมต่อรูที่เจาะไว้ทั้ง 3 แห่ง และหาลูกอุดสำหรับข้อต่อ 2 นิ้ว เตรียมไว้ 3 ลูก การเผาถ่านวิธีนี้แต่ละครั้งใช้เวลาประมาณ 3-4 ชั่วโมง ถ่านที่ได้จะเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดและสภาพของถ่านที่นำมาเผา (เฉลิมวรรณ ชูทรัพย์, 2539)

2.2.2 เตาเผาถ่านแบบมาร์คไฟฟ์ ตัวเตาประกอบด้วย ถังน้ำมัน 200 ลิตร ไม้สำหรับรองฐาน ปล่องควินต่อกับฐานด้านล่าง และแผ่นเหล็กหรือสังกะสีไว้ปิดด้านบน จุไฟนได้ประมาณ 4 ลูกบาศก์ฟุต การเผาจะใช้เวลาประมาณ 15 ชั่วโมง ซึ่งเป็นเตาเผาถ่านที่เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน สร้างง่ายและราคาถูก เพื่อให้สามารถเป็นอุตสาหกรรมในครอบครัวได้ (ปราณีต งามเสน่ห์, 2539)

2.2.3 เตาเผาถ่านถังน้ำมัน 200 ลิตร ตัวเตาประกอบด้วย ถังน้ำมัน 200 ลิตร ท่อใยหิน อิฐบล็อก ดินเหนียว และซี่เก้าอี้เหล็ก ทำการเผาโดยเอาไม้ใส่เตาให้เต็มแล้วจุดไฟเผาบริเวณหน้าเตา โดยค่อยๆ ใส่เชื้อเพลิง ความร้อนจะกระจายเข้าไปสู่เตาเพื่อไล่อากาศเย็นออก สังเกตดู

ควันท่ปล่องควันจะเปลี่ยนจากควันสีน้ำเงินเป็นควันสีฟ้า แสดงว่าภายในเตาเริ่มกลายเป็นถ่าน จากนั้นทิ้งไว้ประมาณ 10 ชั่วโมง หรือ 1 คืน เป็นอย่างน้อย เพื่อให้ถ่านดับสนิทก่อน แล้วจึงเริ่มการเปิดเตา เอาถ่านออกมาวางเรียงในที่โล่งแจ้งก่อน ประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อป้องกันไม่ให้ถ่านกลับติดไฟ แล้วบรรจุภาชนะหรือกระสอบ (ฝ่ายเทคนิค, 2545)

2.2.4 เตาเผาถ่านถังน้ำมัน 200 ลิตร แบบชาวบ้าน ตัวเตาประกอบด้วย ถังน้ำมัน 200 ลิตร ที่เจาะรูด้านบนเป็นวงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร ทำการเผาโดยทำการจุดไฟในเตาและใส่วัสดุครั้งละประมาณ 10 กิโลกรัม ทำซ้ำกันจนเต็ม ซึ่งใช้เวลาประมาณ 8-12 ชั่วโมง จากนั้นนำกระสอบป่านชุบน้ำปิดและใช้บัวรดน้ำซ้ำ และทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง แล้วเทออก (พเยาว์ รอดโพธิ์ทอง, 2545)

2.3 เตาเผาถ่านแบบพิเศษ

2.3.1 เตาเผาถ่านแบบป้อนต่อเนื่อง จะเริ่มจากการบรรจุไม้เข้าบริเวณด้านบนของเตา จากนั้นทำการจุดเตาจากด้านล่าง ไม้ที่บรรจุอยู่บริเวณด้านบนของเตาจะได้รับความร้อนจากก๊าซร้อน ซึ่งเกิดขึ้นจากกระบวนการคายความร้อนของไม้ ที่เกิดขึ้นบริเวณส่วนกลางของเตา หลังจากกระบวนการคาร์บอนเซชัน ถ่านที่ได้จะถูกปล่อยให้เย็นตัวลง บริเวณด้านล่างของเตา ก่อนถูกเคลื่อนย้ายออกจากเตา หลังจากไม้บางส่วนหดตัวและบางส่วนกลายเป็นถ่าน แล้วจึงค่อยนำออกจากเตา จากนั้นเติมไม้ใหม่เข้าไปในเตา ซึ่งจะทำการทำงานของเตาเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ตราบเท่าที่ไม้ที่เตรียมไว้จะหมด สำหรับไม้ที่ใช้กับเตาชนิดนี้จะถูกตัดเป็นท่อนสั้นๆ มีขนาดไม่ใหญ่และเล็กจนเกินไป และที่สำคัญคือ ไม้ที่ใช้ควรมีประมาณความชื้นเท่ากัน เพื่อให้กระบวนการคาร์บอนเซชันที่เกิดขึ้นภายในเตาเป็นไปอย่างต่อเนื่อง (ชาญชัย ลิ้มปียากร, 2544)

2.3.2 เตาเฟอร์เนส เป็นอีกรูปแบบหนึ่งของเตาเผาป้อนต่อเนื่อง โดยการป้อนไม้เข้าสู่กระบวนการคาร์บอนเซชันนั้น จะใช้เครื่องจักรเป็นอุปกรณ์ในการป้อน เตาชนิดนี้มีประโยชน์สำหรับกระบวนการคาร์บอนเซชันเศษหรือผงถ่าน เช่น ขี้เลื่อย ซึ่งตัวมันจะทำหน้าที่เป็นฉนวนของตัวกีดขวางทางเดินอากาศ ข้อดีของเตาชนิดนี้ในการเผาถ่านใช้เองคือ เรื่องของราคาและความสะดวกของเตา

2.3.3 เตาเผาคุชรับ (CUSAB) เป็นเตาเผาที่ทำจากโลหะมีขนาดใหญ่ และราคาแพง อย่างไรก็ตามเตาเผาชนิดนี้มีรูปแบบไม่ซับซ้อนนัก ซึ่งเรียกว่า เตาเผาถ่านแบบดรัม เตาชนิดนี้สร้างขึ้นจากถังน้ำมัน 220 ลิตร จำนวน 2 ถัง ที่ถูกเชื่อมเข้าด้วยกันให้มีลักษณะเป็นถังทรงกระบอกยาว โดยที่ก้นถังจะปิดตายและมีฝาปิดด้านบน นอกจากนี้ยังทำการเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร จำนวน 3 รู ให้มีระยะห่างเท่ากัน โดยเริ่มเจาะรูแรกที่ฐาน เตาชนิดนี้

ใช้เวลาในกระบวนการคาร์บอนในเซชันไม่มาก ทำให้สามารถบรรจุไม้ใหม่ได้ในเวลา 2-3 ชั่วโมง การทำงานของเตาก็คล้ายคล้ายกับเตาเผาแบบป้อนต่อเนื่องทั่วไป คือ จะเริ่มทำการจุดไฟจากด้านล่างของเตา และไม้ใหม่จะถูกบรรจุเข้าหลังจากการเผา สำหรับวันที่เกิดจากการเผาใหม่จะมีปริมาณไม่มากนัก หากไม่บรรจุไม้เร็วจนเกินไป เมื่อไม้ถูกเผาและเปลี่ยนรูปร่างเป็นถ่านไม้ จะตกลงสู่ด้านล่างของเตา เมื่อถ่านตกลงมาเปิดช่องอากาศด้านล่างจะทำการอุดทับด้วยโคลน เพื่อไม่ให้ออกซิเจนเข้าไปทำปฏิกิริยากับถ่านได้อีก ซึ่งถ่านเหล่านี้จะถูกปล่อยให้เย็นลง กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นต่อเนื่องไป จนกระทั่งช่องระบายอากาศทั้งหมดถูกอุด และได้ปริมาณถ่านเต็มเตาเผา จากนั้นจึงทำการปิดฝาเตา และอุดทับด้วยดินแล้วปล่อยให้เย็นลง

2.3.4 เตาแบบรีทอร์ท มีการทำงานที่ไม่ซับซ้อน แคบรรจุไม้เข้าเตาที่มีลักษณะเป็นกล่องโลหะ และทำการอุดรอยรั่วซึ่งของอากาศ เหลือไว้เพียงช่องสำหรับระบายไอเสีย จากนั้นให้ความร้อนจากภายนอกเตา จนกระทั่งไม้ที่บรรจุอยู่ในเตาทั้งหมดเกิดกระบวนการคาร์บอนในเซชันเป็นถ่าน จากนั้นปล่อยให้เย็น แล้วจึงค่อยนำถ่านออกจากเตา ในกรณีที่ต้องประหยัดการใช้พลังงาน แหล่งความร้อนที่จะใช้กับเตาชนิดนี้ อาจใช้แหล่งพลังงานที่มีอยู่มาก หรือเป็นแหล่งพลังงานที่ไม่นิยมใช้กันทั่วไป หรือใช้ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ก๊าซ ที่เกิดจากกระบวนการคาร์บอนในเซชันภายในเตา

2.3.5 เตาแบบตะกรับ ในปัจจุบันใช้กันอยู่ในโรงสีข้าว โดยใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง ตะกรับที่ใช้มีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ (กมลเทพกิจ เจริญเสรี, 2544) แบบเรียบ และแบบชั้นบันไดเฉียง เป็นมุม เชื้อเพลิงจะไหลลงบนตะกรับเฉียงเป็นชั้นบันไดและเกิดการเผาไหม้โดยการเผาภายในเตา ซึ่งเป็นการก่อโดยใช้อิฐ และซี่ไถจะไหลลงสู่ด้านล่างของตะกรับ

2.3.6 เตาเผาแบบไซโคลน การเผาไหม้ในเตาไซโคลน นำมาใช้ในราวประมาณคริสต์ศักราชที่ 1930 นับเป็นระบบการเผาไหม้ถ่านหินระบบที่ 3 ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมา เตาเผาไซโคลนได้รับการออกแบบจากแนวคิดที่ต้องการให้ที่ต้องการให้ใช้ได้กับถ่านหินทุกชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ่านหินเกรดต่ำ จึงเป็นที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน เตาเผาลักษณะนี้เผาถ่านหินที่มีปริมาณซี่ไถสูง และอุณหภูมิอ่อนตัวของซี่ไถที่ 1425 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับระบบถ่านหินผง (กมลเทพกิจ เจริญเสรี, 2544) ในปัจจุบันเตาเผาชนิดนี้ถูกนำมาพัฒนาดัดแปลง ให้สามารถใช้กับเชื้อเพลิงแข็งชนิดอื่น เช่น แกลบและซี่เลื่อย เป็นต้น

2.3.7 เตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด เป็นเตาเผาที่มีการนำมาใช้ เชื้อเพลิงจะถูกพ่นเข้าไปให้แผ่ตลอด ช่วยตะแกรงจ่ายอากาศ อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ถูกเป่าผ่านตะแกรงออกมา โดยมีความเร็วสูงขึ้นเพียงพอที่จะทำให้อนุภาคเชื้อเพลิงไหลแบบของไหล คือ ทำให้มันลอยขึ้น

ขณะเผาไหม้ สำหรับคาร์บอนที่ไม่เผาไหม้จะถูส่งเก็บไว้ในเครื่องแยกไซโคลน เพื่อส่งกลับให้เกิด การสันดาปอีกครั้งหนึ่ง (กิตติพงศ์ สุขศรีเมือง, 2544.)

2.3.8 เตาเผาแบบวอร์เทคได้ถูกพัฒนามาจากเตาเผาแบบไซโคลน มีลักษณะเป็น ทรงกระบอก มีช่องอากาศตามแนวสัมผัสเส้นรอบวงที่ผนังของห้องเผาไหม้ การทำงานจะอาศัย อากาศปฐมภูมิและอากาศทุติยภูมิ อากาศปฐมภูมิและเชื้อเพลิง ซึ่งจะถูกบังคับออกมาจาก Screw Feed ขึ้นสู่ด้านบนของห้องเผาไหม้ ภายใต้อิทธิพลของแรงหนีศูนย์กลาง ของไหลจะวนพา เชื้อเพลิงไปทิศทางเดียวกัน ตามแนวแกนสู่ทางออก ซึ่งมีลักษณะเป็นแกนท่ออยู่กลางห้องเผาไหม้ ขณะที่เชื้อเพลิงและอากาศผสมกันและส่งตัวขึ้นสู่ด้านบน จะมีอากาศทุติยภูมิออกจากหัวฉีดที่ฝัง ไว้ข้างในเตา ในตำแหน่งต่างๆ ช่วยในการเพิ่มเกลียวและลักษณะพุ่งขึ้น ซึ่งจะก่อให้เกิดผลดี คือ จะช่วยเพิ่มเวลาในการเผาไหม้ ทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ เนื่องจากเกิดการไหลวนและการไหล แบบปั่นป่วน ซึ่งอำนวยต่อการคลุกเคล้าของอากาศกับเชื้อเพลิง เตาเผาแบบนี้เพิ่งได้รับการพัฒนา เมื่อไม่กี่ปีที่ผ่านมา (กมลเทพกิจ เจริญเสรี, 2544)

2.3.9 เตาเผาถ่านแบบกึ่งต่อเนื่อง ประกอบด้วย ถังน้ำมัน 200 ลิตร อิฐมอญ ฝา เตาติดกับปล่องควัน หวีเสียบ ลึนทำจากแผ่นเหล็ก และตั้งยื่นตัวแยกคนละส่วนกับเตาติดล้อ 4 ล้อ ตัวเตามีชายกสูงจากพื้น ทำการเผาโดยการเปิดฝาเติมวัสดุก่อไฟจากนั้นปิดฝาเตา สังเกตดูสี ของไฟทางช่องอากาศรอบเตาและการเปลี่ยนแปลงของสีควัน เมื่อเป็นถ่านได้ที่แล้วใช้หวีเสียบเข้า ด้านข้างของเตา จากนั้นเปิดลิ้นออกนำถ่านที่ได้ใส่ถังถังแล้วเติมวัสดุใหม่อีกทำอย่างนี้เรื่อยๆ จนกว่าจะได้ปริมาณถ่านที่ต้องการ (กิตติพงศ์ สุขศรีเมือง, 2544.)

3. หลักการเผาไหม้

ปฏิกริยาการเผา ปฏิกริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นอย่าง ะหว่างออกซิเจนกับสารเผาไหม้ได้ของ เชื้อเพลิงชนิดหนึ่งๆ สารเผาไหม้ได้ในที่นี้มีธาตุหลัก 3 ตัว คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน และกำมะถัน ขณะเกิดปฏิกริยากับออกซิเจนจะให้ความร้อนไม่มากนัก เมื่อเทียบกับคาร์บอนและไฮโดรเจน ในทางตรงกันข้ามกับเพิ่มปัญหาในด้านการกัดกร่อนชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ รวมทั้งทำให้เกิดปัญหา มลพิษในอากาศ (กมลเทพ กิจเจริญเสรี, 2544)

3.1 การติดไฟหรือการลุกไหม้

การลุกไหม้ของเชื้อเพลิง หรืออัตราการรวมตัวกันทางเคมีของเชื้อเพลิงกับอากาศ นั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ การเผาไหม้จะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ในตอนแรกและเกิดต่อไปเรื่อยๆ ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ จะไปเพิ่มอุณหภูมิของเชื้อเพลิงและอากาศให้มากขึ้น ทำให้อัตรา การเผาไหม้เพิ่มขึ้น ฉะนั้นสิ่งที่ต้องการสำหรับเผาไหม้แบบเกิดขึ้นได้เอง คือ บริเวณที่จำกัดสำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ห้ามทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต
แม้ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสะสมความร้อน สารเชื้อเพลิง และอากาศ โดยการลุกไหม้นั้นไม่ได้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นได้เอง ส่วนใหญ่จะใช้ความร้อนจากภายนอกช่วยเร่งปฏิกิริยาการเผาไหม้ และให้ปริมาณความร้อนออกมากขึ้น นอกจากนั้นสิ่งที่สำคัญสำหรับการเผาไหม้แบบต่อเนื่อง คือ อุณหภูมิ ซึ่งถ้าอุณหภูมิต่ำเกินไปก็ทำให้เชื้อเพลิงไม่สามารถลุกไหม้แบบต่อเนื่องได้ แต่ถ้าอุณหภูมิการเผาไหม้สูง การลุกไหม้ก็จะเกิดต่อไปเรื่อยๆ (กมลเทพ กิจเจริญเสรี, 2544)

3.2 ขบวนการในการเผาไหม้

3.2.1 ขบวนการเผาไหม้แบบควบคุมอากาศ

ก. ขบวนการเผาไหม้แบบไพโรไลซิส เป็นขบวนการเปลี่ยนแปลงสภาพของสารอินทรีย์ โดยให้ความร้อนแก่สารในที่มีอากาศจำกัด สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบประเภทชีวมวล ให้เป็นเชื้อเพลิงในรูปของก๊าซ ของเหลว และของแข็ง ซึ่งเป็นขบวนการทางปฏิกิริยาเคมีของการไพโรไลซิส คือ ปฏิกิริยาที่ทำให้สารประเภทลิกโนเซลลูโลส สลายตัวไปอยู่ในสภาพของถ่านและน้ำมันโดยใช้ความร้อน ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นแล้วก็จะเกิดต่อเนื่องกันไป ความร้อนที่ใช้ในกระบวนการอาจได้จากการเผาวัตถุดิบส่วนหนึ่ง ปริมาณและคุณภาพของก๊าซ น้ำมัน และถ่านที่จะได้ขึ้นอยู่กับชนิดของเตา คุณสมบัติของวัตถุดิบ ความชื้นของวัตถุดิบและอุณหภูมิที่เกิดปฏิกิริยา (กมลเทพ กิจเจริญเสรี, 2544)

ข. ขบวนการเผาไหม้แบบคาร์บอนเซชัน คือ กระบวนการที่ทำให้สารอินทรีย์ในเนื้อไม้เปลี่ยนรูปเป็นถ่าน เราสามารถแยกกระบวนการดังกล่าวเป็น 4 ขั้นตอน (ชาญชัย ลิ้มปียากร, 2544)

- การเผาไหม้ คือ กระบวนการที่ต้องการปริมาณออกซิเจนจำนวนมาก ระหว่างการเกิดคาร์บอนเซชัน โดยกระบวนการดังกล่าวจะเป็นการให้ความร้อนกับไม้ภายในเตาถ่าน ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิในเตาเผาถ่านสูงกว่าอุณหภูมิบรรยากาศมากกว่า 500 องศาเซลเซียส หลังจาการสิ้นสุดการเผาไหม้ ปริมาณของออกซิเจนภายในห้องเผาไหม้จะลดลงอย่างรวดเร็ว และอุณหภูมิของห้องเผาไหม้จะลดต่ำลง จนถึงอุณหภูมิประมาณ 120 องศาเซลเซียส

- การลดความชื้น เป็นกระบวนการให้ความร้อนโดยการเผาไหม้ เพื่อไล่ความชื้นในเนื้อไม้ออกไปในรูปของไอน้ำ โดยระหว่างกระบวนการ อุณหภูมิของเตาเผาถ่านจะสูงขึ้นทีละน้อย จนกระทั่งอุณหภูมิประมาณ 270 องศาเซลเซียส ความชื้นก็จะลดลงจนกระทั่งหมดไป ซึ่งสังเกตได้จากปริมาณไอน้ำสีขาวที่เกิดขึ้นจนหนาทึบ

- การคายความร้อน หลังจากกระบวนการลดความชื้นเกิดขึ้นโดยสมบูรณ์ เมื่อสิ้นสุดการเผาไหม้ จะเข้าสู่การทำให้เกิดปฏิกิริยาคลายความร้อนของไม้ โดยการทำการกำจัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศ ไม่ให้เข้าไปทำปฏิกิริยาการเผาไหม้ภายในเตาอีก ในระหว่างปฏิกิริยาคายความร้อนจะเกิด ก๊าซต่างๆ เนื่องจากการแยกสลายทางความร้อนของไม้ เช่น กรดอะซิติก เมทิลแอลกอฮอล์ และ น้ำมันดิบ ซึ่งวัสดุแข็งที่ได้จากกระบวนการนี้จะเรียกว่า ถ่าน ระหว่างกระบวนการคายความร้อน จะมีควันสีเหลืองและการระเหยของไอน้ำเกิดขึ้น โดยอุณหภูมิภายในเตาเผาถ่านจะสูงขึ้นประมาณ 700 องศาเซลเซียส

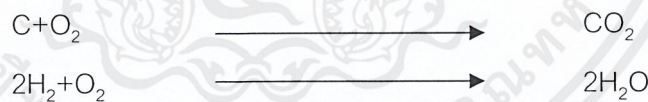
- การทำให้เย็นตัว เป็นกระบวนการลดความร้อนของเตา เพื่อนำถ่านที่ได้จากการ คาร์บอนไนเซชันออกจากเตา

ค. ขบวนการเผาไหม้แบบสโตยติโอเทตริก เป็นกระบวนการทางเคมีที่เปลี่ยน เชื้อเพลิง แข็ง ในปฏิกิริยาการเผาไหม้ โดยมีสูตรเคมีพื้นฐาน $C_xH_yO_wN_xS_y$ (จันทร์ณรงค์ ปราภรณ์, 2545)

3.2.2 ขบวนการเผาไหม้แบบไม่ควบคุมอากาศ

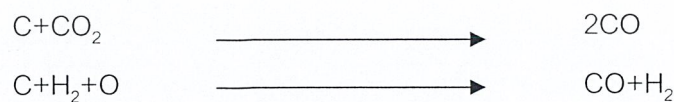
ก. ขบวนการเผาไหม้แบบก๊าซซิฟิเคชัน เป็นขบวนการที่เปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็ง เช่น ถ่านและไม้ ไปเป็นเชื้อเพลิงที่อยู่ในสภาพก๊าซ เรียกว่า ก๊าซชีวมวล ก๊าซที่ได้นี้อาจนำไปทำ เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์แบบการสันดาปภายใน หรือใช้ในกระบวนการให้ความร้อนต่างๆ ได้การ เกิดก๊าซชีวมวลในเตาผลิตก๊าซเป็นขบวนการทางเคมี การสันดาปจะเกิดขึ้นระหว่างเชื้อเพลิงและ อากาศ ปฏิกิริยาระหว่างคาร์บอนและไฮโดรเจนในอากาศ จะทำให้เกิดคาร์บอนไนเซชันและไอน้ำ

สมการการเกิดปฏิกิริยา



ถ้าให้คาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำไหลผ่านเชื้อเพลิงที่กำลังลุกไหม้อยู่ คาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำจะทำปฏิกิริยาได้คาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรเจน (กมลเทพ กิจเจริญเสรี, 2544)

สมการการเกิดปฏิกิริยา



ข. ขบวนการเผาไหม้แบบสันดาป ปฏิกิริยาทางเคมีในขณะที่เชื้อเพลิงทำปฏิกิริยา กับอากาศ และสามารถปล่อยพลังงานออกมา เราถือว่าการสันดาป อากาศแห้งประกอบด้วย ออกซิเจน ไนโตรเจน อาร์กอน และอื่นๆ ซึ่งมีน้อยมาก เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ไฮโดรเจน ฮีเลียม และนีออน

สมการการเกิดปฏิกิริยา



ข้อสังเกตในการสันดาป

1. การสันดาปทางทฤษฎีจะไม่มีออกซิเจนอิสระ และเชื้อเพลิงที่ไม่ได้เผาไหม้เหลืออยู่ในสารจากการเผาไหม้

2. การสันดาปอย่างสมบูรณ์ หมายถึง สารองค์ประกอบเผาไหม้ได้ ทั้งหมดเผาไหม้หมดไม่มีเหลือ

3. การสันดาปอย่างไม่สมบูรณ์ พบว่าการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์นั้น จะมีเชื้อเพลิงที่ไม่ได้เผาไหม้หลงเหลืออยู่ในองค์ประกอบรูปร่างของ C, H₂, CO หรือ CH

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

4. ถ่าน

4.1 วิวัฒนาการและการผลิตถ่าน

วิวัฒนาการของวิธีการผลิตถ่านนั้นจะเกิดขึ้นตามยุคต่างๆ ของความเจริญที่เกิดขึ้น อารยธรรมโบราณที่มีมาในอดีต สามารถแบ่งเขตได้จากมรดกที่สืบทอดกันมาออกมาเป็น 3 ส่วน คือ ตะวันออกกลาง จีน และอินคา ในปัจจุบันพบในส่วนของตะวันออกกลางและจีนเท่านั้น และจากยุคตะวันออกกลางมาถึงความเจริญในยุคของยุโรป ดังนั้นวิวัฒนาการการเผาถ่านในโลกที่เกิดขึ้นเราสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ยุคดังนี้ 1. ยุคตะวันออกกลาง ได้แก่ อิหร่าน อีฟกานิสถาน ปากีสถาน 2. ยุคของจีน ได้แก่ เกาหลี ญี่ปุ่น 3. ยุคของยุโรป ได้แก่ ยุโรปและประเทศอาณานิคม สามารถแยกประเภทของถ่านได้เป็น 2 ลักษณะ คือ (ชาญชัย ลิ้มปียากร, 2544)

4.1.1 การผลิตแบบพื้นเมือง มีการพัฒนาแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น สภาพของป่าธรณีวิทยา ภูมิประเทศ สภาพอากาศ และวิธีนำถ่านไปใช้ประโยชน์ และสามารถแบ่งวิธีการผลิตได้เป็น 2 วิธี ได้แก่ การเผาแบบถมแกลบ และการเผาในเตา

4.1.2 การผลิตถ่านแบบอุตสาหกรรม สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธี ได้แก่

- วิธีการลั่นแยกแบบไม้แห้ง เป็นกระบวนการผลิตที่ได้ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการแยกองค์ประกอบของไม้ในโรงงาน โดยวัตถุประสงค์หลักเพื่อการผลิตกรดอะซิดิก เมธา

นอล อะซิโตน และน้ำมันดินจากไม้ ส่วนผลพลอยได้คือ ถ่านและก๊าซจากไม้ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นในทศวรรษที่ 19 ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการกลั่นแยกไม้แบบแห้งเกือบหมดไปแล้ว

- วิธีการแยกแบบแห้งสำหรับการผลิตน้ำมันสน นิยมใช้กันทั่วไปเพื่อผลิตถ่านใช้เองในครัวเรือน โดยการใช้ไม้สนหรือต่อไม้ในการผลิตน้ำมันสน เพื่อใช้สำหรับเป็นวัตถุดิบในการทำรูปหอมหรือกำยาน พบในประเทศจีนและแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

- กระบวนการคาร์บอนในเซชันสำหรับการผลิตถ่าน คือ กระบวนการที่ทำให้สารอินทรีย์ในเนื้อไม้เปลี่ยนรูปเป็นถ่าน ประกอบด้วย ขั้นตอนที่ 1 การเผาไหม้ เป็นกระบวนการที่ต้องการปริมาณออกซิเจนจำนวนมากระหว่างเกิดการคาร์บอนในเซชัน โดยให้ความร้อนกับไม้ภายในเตาซึ่งทำให้อุณหภูมิภายในเตาสูงกว่าอุณหภูมิบรรยากาศมากกว่า 500 องศาเซลเซียส หลังจากสิ้นสุดการเผาไหม้ประมาณของออกซิเจนในห้องเผาไหม้จะลดลงอย่างรวดเร็ว และอุณหภูมิในห้องเผาไหม้จะต่ำลง จนถึงอุณหภูมิประมาณ 120 องศาเซลเซียส ขั้นตอนที่ 2 การลดความชื้น เป็นการให้ความร้อนโดยการเผาไล่ความชื้นภายในเนื้อไม้ ระหว่างนี้อุณหภูมิของเตาเผาจะสูงขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งอุณหภูมิประมาณ 270 องศาเซลเซียส ความชื้นเนื้อไม้จะลดลงหมดไปในที่สุด ซึ่งสังเกตได้จากปริมาณไอน้ำสีขาวที่เกิดขึ้นจนหนาที่บ ขั้นตอนที่ 3 การคายความร้อน หลังจากกระบวนการไล่ความชื้นเสร็จสิ้นอย่างสมบูรณ์จึงเริ่มทำให้เกิดความร้อนของไม้ โดยควบคุมอากาศไม่ให้เข้าไปทำปฏิกิริยาในเตาเผาอีก ภายในเตาอุณหภูมิสูงประมาณ 700 องศาเซลเซียส ซึ่งในระหว่างการคายความร้อนจะมีควันสีเหลืองและการระเหยของไอน้ำ พร้อมทั้งเกิดก๊าซต่างๆขึ้น เช่น กรดอะซิติก เมทิลแอลกอฮอล์ และน้ำมันดิน สำหรับวัสดุแข็งหลังจากการคายความร้อนเรียกว่า ถ่าน ขั้นตอนที่ 4 การทำให้เย็นตัว เป็นกระบวนการลดความร้อนของเตา เพื่อนำถ่านที่ได้จากการคาร์บอนในเซชันออกจากเตา

4.2 ประเภทของถ่าน (ชาญชัย ลิ้มปิยากร, 2544)

4.2.1 ถ่านสีขาว (White Charcoal) เป็นถ่านที่ได้จากกระบวนการผลิต ที่เมื่อถึงขั้นตอนของการคาร์บอนในเซชันนั้น จะมีการเปิดปากเตาเพื่อปล่อยให้อากาศเข้าสู่ภายในเตา (retort) และเกิดการเผาไหม้ของก๊าซจากเนื้อไม้ภายในเตา จนอุณหภูมิสูงขึ้นไปถึง 1000 องศาเซลเซียส ถ่านที่ถูกเผาไหม้จะถูกนำออกจากเตา แล้วโรยด้วยผงฝุ่นที่ทำจากซีเมนต์ผสมกับเศษดินและน้ำประมาณ 10-20% สำหรับดับไฟ ผงฝุ่นจะจับตัวกับผิวของถ่านและกลายเป็นตัวช่วย (catalyst) ให้ถ่านสามารถจุดไฟติดได้ง่าย และเนื่องจากสีของถ่านที่ได้จากกระบวนการนี้มีสีขาว ทำให้ถ่านชนิดนี้ถูกกว่า ถ่านสีขาว

4.2.2 ถ่านสีดำ (Black Charcoal) จะได้จากการทำการปิดเตา และปล่อยให้เตาเย็นดังลงทันทีที่การคาร์บอนในเซชันสิ้นสุด หลังจากเมื่อเตาเย็นตัวลงจึงนำถ่านออกจากเตา ดังนั้นถ่านที่ได้จะมีสีดำ ทำให้เราเรียกถ่านชนิดนี้ว่า ถ่านสีดำ

โดยปกติถ่านส่วนใหญ่จะเป็นถ่านสีดำ ส่วนถ่านสีขาวจะผลิตขึ้นเฉพาะในประเทศจีน เกาหลี ญี่ปุ่น เนื้อของถ่านสีขาวโดยทั่วไปมักจะแกร่ง โดยทุกส่วนของเนื้อถ่านนั้นจะผ่านการคาร์บอนในเซชันเท่าๆ กัน สำหรับการตีไฟนั้นแม้ว่าจะไม่สามารถจุดติดได้ง่าย แต่เมื่อตีไฟแล้วถ่านก็จะมีระยะเวลาการเผาไหม้นาน และถ้าในขณะการเผาไหม้มีการไหมไฟช่วย อาจทำให้อุณหภูมิการไหม้สูงขึ้นถึง 1000 องศาเซลเซียส โดยเมื่อหยุดการไหมไฟ อุณหภูมิก็จะลดลงอยู่ที่ประมาณ 400-500 องศาเซลเซียส ด้วยคุณสมบัติเฉพาะตัวเช่นนี้ ถ่านสีขาวจึงไม่เหมาะสมที่จะเป็นเชื้อเพลิงหุงต้มในครัว

4.3 การใช้ประโยชน์จากถ่าน

ถ่าน สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากกว่านำไปใช้หุงต้มในครัวเรือน ในประเทศจีน เกาหลี และญี่ปุ่น ซึ่งมีเทคโนโลยีการผลิตถ่านอย่างล้ำหน้า สามารถผลิตถ่านขาวหรือ White Charcoal เพื่อใช้ถ่านขาวในเชิงสุขภาพโดยเฉพาะ เช่น ใช้ถ่านขาวใส่ลงในกาดม้มน้ำร้อนเพื่อทำน้ำแร่ เพราะถ่านชนิดนี้จะละลายธาตุต่างๆ ออกมาเพื่อคุณภาพและรสชาติของน้ำร้อน ใช้ชงกาแฟ หรือใช้ผสมเหล้าวิสกี้ก็จะได้รสชาติที่นุ่มละมุน นี่เป็นตัวอย่างการใช้ถ่านแบบพิเศษในต่างประเทศ ในไทยผลิตถ่านส่วนใหญ่จะเป็นสีดำที่ผลิตภายใต้อุณหภูมิต่ำ ซึ่งไม่เหมาะสมจะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง บั้ง ย่างอาหาร แต่ถ่านดำได้เปรียบกว่าถ่านบริสุทธิ์ตรงที่ผลิตได้จำนวนมากกว่า ซึ่งเหมาะแก่การนำไปใช้ทำเชื้อเพลิงอื่นๆ ที่ไม่เป็นการประกอบอาหารโดยตรง เช่น ใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนเชื้อเพลิงถ่านหินชนิดต่างๆ ซึ่งมักจะมีค่ามลพิษที่สูงมาก แต่อย่างไรก็ดี ถ่านดำที่ผลิตด้วยอุณหภูมิสูงที่เรียกว่าถ่านบริสุทธิ์นั้น หากมีปริมาณผลผลิตที่มากพอและคงที่ ก็สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในครัวเรือนและระดับอุตสาหกรรมได้ ตามรายงานของชมรมสวนป่า ดังนี้

4.3.1 การใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม ถ่านบริสุทธิ์เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมผลิตสารเคมีต่างๆ เช่น คาร์บอนไดซัลไฟด์ (Carbondisulphide) โซเดียมไซยาไนด์ (Sodium Cyanide) ซิลิคอนคาร์ไบด์ (Silicon Carbide) หรือถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) เป็นต้น สำหรับถ่านกัมมันต์ ที่ได้จากถ่านไม้ที่มีค่าคาร์บอนเสถียรสูง (High Fixed Carbon) ใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอีกหลากหลาย อาทิใช้ในระบบกรองและบำบัดอุตสาหกรรมน้ำดื่ม ระบบผลิตน้ำประปา ระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้ประโยชน์จากคาร์บอนในอุตสาหกรรมโลหะ หรือใช้ขี้เถ้าเพื่อเพิ่มคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ ให้แข็งตัวช้า และมีความแกร่งขึ้น ฯลฯ

4.3.2 การใช้ประโยชน์ในครัวเรือน คุณสมบัติในการดูดซับกลิ่นและความชื้นของ ถ่าน เป็นที่รับรู้กันดี แต่ในต่างประเทศ อุตสาหกรรมผลิตเครื่องประดับจากถ่าน เพื่อใช้ประโยชน์ในบ้านเรือนได้นับความนิยมมาก คนญี่ปุ่น เป็นตัวอย่างของผู้ที่เห็นคุณประโยชน์ของถ่านอย่างชัดเจน การใช้ถ่าน เพื่อทำหน้าที่ลดกลิ่นในห้องปรับอากาศ มีประสิทธิภาพที่ดีมาก ในห้องแอร์ ที่ทำงานหรือในรถ โดยเฉพาะผู้ที่สูบบุหรี่ หรืออาจจะมีจุลินทรีย์ ควรนำถ่านไปวางไว้ที่ช่องดูดอากาศ กลับของช่องดูดอากาศ รูปทรงของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในถ่านจะดูดทรัพย์กลิ่นและเชื้อโรคต่างๆ เอาไว้ ช่วยลดกลิ่นไม่พึงประสงค์ได้เป็นอย่างดี หรือใช้ถ่านเพื่อบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือน ก่อนปล่อยสู่ท่อระบายสาธารณะซึ่งเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

4.3.3 การใช้ประโยชน์ในการเกษตร ในภาคการผลิตเชิงเกษตร การนำถ่านมาใช้ประโยชน์นับว่ามีคุณค่าที่น่าสนใจไม่น้อย เนื่องจากถ่านมีคุณสมบัติที่ไม่เป็นพิษภัยต่อพืชและสัตว์ จึงสามารถใช้ทดแทนสารเคมีราคาแพงได้อย่างกว้างขวาง และมีประสิทธิภาพไม่แพ้กัน

- ใช้เป็นสารปรับปรุงดิน ถ่านจะมีรูพรุนมากมาย เมื่อใส่ถ่านปนลงไปบนดิน จะช่วยปรับสภาพดินให้ร่วนซุย อุ้มน้ำได้ดี ส่งผลให้รากพืชขยายตัวอย่างรวดเร็ว ช่วยลดการใช้ปุ๋ย เพราะสมบัติต่างๆ ของจุลธาตุที่มีอยู่หลายชนิดในถ่าน จะเป็นประโยชน์ให้แก่พืชที่ปลูก

- ถ่านที่นำมาใช้ปรับปรุงดินควรเป็นเศษถ่าน ขนาดไม่เกิน 5 มม. แต่ต้องระวัง ซี้เถ่าซึ่งมีฤทธิ์เป็นด่างสูง เพราะพืชไม่ชอบดินที่มีค่าเป็นด่างสูง ควรรักษาค่าความเป็นกรดต่างของดินไว้ที่ PH 6.0 - 6.8

- ช่วยรักษาผลผลิตให้สดนานขึ้น ผลักและผลไม้จะมีกลิ่นหอมผลิตก๊าซเอธิลีน (Ethylene) เพื่อทำให้ตัวเองสุก เราสามารถรักษาผลผลิตให้สดนานขึ้น โดยใส่ผงถ่านลงในกล่องบรรจุ เพื่อดูดซับก๊าซดังกล่าวไว้ไม่ให้ออกฤทธิ์ ผลไม้ยังคงสดได้นานถึง 17 วัน โดยไม่เสียหาย ปัจจุบันได้มีการนำผงถ่านกัมมันต์ ผสมลงในกระดาษที่ใช้ทำกล่องบรรจุผลผลิตเพื่อการนี้แล้ว

- ถ่านแกลบหรือถ่านขานอ้อย ใช้ทดแทนแกลบรองพื้นคอกสัตว์ซึ่งราคาถูกและหาได้ง่ายพอๆ กัน เพื่อหลีกเลี่ยงความร้อนและก๊าซต่างๆ เป็นสาเหตุหนึ่งของอาการเครียดในสัตว์ ส่งผลให้สุขภาพและผลผลิตจากปศุสัตว์มีคุณภาพดีขึ้น

- ใช้ผสมอาหารสัตว์ นำผงถ่านผสมในอาหารสัตว์ ด้วยอัตราส่วนเพียง 1% ถ่านก็จะดูดซับก๊าซในกระเพาะและลำไส้ ช่วยลดอาการท้องอืด เนื่องจากปริมาณน้ำในอาหารสูงเกิน ได้ โดยไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์

- ปรับปรุงคุณภาพแหล่งน้ำ นำถ่านใส่กระสอบไว้ที่ก้นบ่อ และจัดให้มีการไหลเวียนน้ำบริเวณกระสอบนั้น เศษอินทรีย์วัตถุต่างๆ ในน้ำจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ที่อยู่ในรูปของถ่าน ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำในบ่อเลี้ยงปลาหรือกุ้งได้

4.4 คุณสมบัติของถ่าน

4.4.1 ถ่านไม้ที่ดีควรมีคุณสมบัติดังนี้ (จระพงษ์ คูหากาญจน์, 2550)

- คาร์บอนเสถียร	ไม่น้อยกว่า	75%
- มีสารระเหยได้	ไม่เกิน	25%
- มีซีเถ้า	ไม่เกิน	4%
- มีถ่านปน	ไม่เกิน	10%
- มีความชื้น	ไม่เกิน	10%
- มีค่าความร้อน	ไม่น้อยกว่า	7,000 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม

4.4.2 ถ่านผลไม้ที่ดีควรมีคุณสมบัติดังนี้

- ถ่านผลไม้ที่มีคุณภาพดี มีค่าไอโอดีนหรือสมบัติการดูดซับ ระหว่าง 150 - 250 มิลลิกรัม/กรัม เป็นไปตามข้อกำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านดูดกลิ่น และผลไม้ที่ใช้เผาได้แก่ มังคุด น้อยหน่า สับปะรด ทูเรียน เป็นต้น ใช้เวลาในการเผา 8 - 14 ชั่วโมง ซึ่งขึ้นกับชนิดของผลไม้แต่ละชนิด (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านดูดกลิ่น, 2553)

4.5 ถ่านผลไม้

เป็นการนำเอาผลไม้ ตามฤดูกาล มาทำการเผา เพื่อไล่ความชื้น ออกจากผลไม้ให้หมด เพื่อให้เหลือแต่คาร์บอน (ถ่าน) โดยยังคงรักษารูปทรงของผลไม้แต่ละชนิดที่นำมาเผาไว้ให้เหมือนเดิมมากที่สุด มีคุณสมบัติในการดูดกลิ่น ผลไม้ที่นำมาเผาได้แก่ ทูเรียน มะพร้าว สับปะรด น้อยหน่า ข้าวโพด มังคุด ฝักบัว ฯลฯ นอกจากรูปร่างที่ดูสวยงามและแปลกใหม่แล้ว คุณสมบัติที่ดีของถ่านผลไม้คือ ประโยชน์ในการดูดซับกลิ่นอับชื้นในบริเวณต่างๆ เช่น ในตู้เย็น รถยนต์ ตู้เสื้อผ้า ตู้เก็บรองเท้า ห้องปรับอากาศ และบริเวณที่มีกลิ่นอับชื้นได้เป็นอย่างดี ด้วยเหตุผลที่ว่าโครงสร้างทางโมเลกุลของถ่านที่ทำมาจากไม้นั้นมีความพรุนน้อย จึงทำให้การดูดซับกลิ่นได้ไม่ดีเท่าที่ควร ซึ่งต่างจากถ่านที่ทำจากผลไม้เพราะโครงสร้างทางโมเลกุลของผลไม้มีความพรุนมากกว่าไม้มาก จึงทำให้ความสามารถในการดูดซับกลิ่นอับชื้นต่างๆ ได้ดีกว่า ถ่านไม้ซึ่งเป็นไม้เนื้อแข็งทั่วไปหลายเท่าตัว

สำหรับอายุการใช้งานของถ่านผลไม้ชิ้นหนึ่งสามารถใช้ได้นานถึง 5 - 6 เดือน หลังจากที่เปิดฝาบรรจุภัณฑ์ออกใช้งานได้ 15 - 20 วัน ควรนำไปตากแดด 1 วัน แล้วนำกลับมาใช้ได้อีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดพื้นที่ต่อจำนวนชิ้นการใช้งานของผลไม้เผาดูดกลืนในตัวเย็น รถยนต์ ตู้เสื้อผ้า ตู้รองเท้า ใช้เพียงผลไม้เผาดูดกลืนจำนวน 1 ชิ้น หากพื้นที่ห้องมีขนาด 3 x 4 เมตร ใช้จำนวน 3 ชิ้น และถ้าพื้นที่เพิ่มมากขึ้น ให้เพิ่มจำนวนผลไม้เผาดูดกลืนมากขึ้นตามขนาดของพื้นที่ (การดั่งภูมิปัญญาท้องถิ่นกลับมาใช้ในปัจุบัน, 2552)

การผลิตถ่านผลไม้มีความยุ่งยากกว่าการผลิตถ่านจากไม้ทั่วไป เนื่องจากผลไม้มีความเปราะบาง เมื่อได้รับความร้อนในการเผามากเกินไปก็จะแตกหัก และบางส่วนเป็นเถ้าได้ ปัญหาเกิดจากการอุณหภูมิระหว่างการเผาไม่สม่ำเสมอ ทำให้ผลิตภัณฑ์เสียหายค่อนข้างมากถึงร้อยละ 50 - 80 และการจัดวางผลไม้ก่อนเผาที่ไม่เป็นระเบียบ ก็ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการแตกหักเสียหายค่อนข้างมากเช่นกัน (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านดูดกลืน, 2553)

ถ่านที่ได้จากผลมั่งคุดมีความพรุนอยู่มาก ซึ่งรูพรุนเหล่านี้มีขนาดเล็กและละเอียดมาก โดยคุณสมบัติที่ดีของถ่านผลมั่งคุดคือ สามารถดูดซับกลิ่นมีและสารเคมี ได้เป็นอย่างดี (การดั่งภูมิปัญญาท้องถิ่นกลับมาใช้ในปัจุบัน, 2552)

ความพรุน เป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงปริมาณช่องว่างที่มีอยู่ในวัสดุ (ปานมณัส ศิริสมบุญ และคณะ, 2538)

5.งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลือพงษ์ ลือนาม และคณะ (2551) ได้ศึกษาการผลิตน้ำส้มคว้นไม้จากเปลือกทุเรียน โดยใช้เตาใช้เตาดันแบบผลิตน้ำส้มคว้นไม้เปลือกทุเรียน สจล.51 ซึ่งสามารถบรรจุเปลือกทุเรียนได้เฉลี่ย 40.5 กิโลกรัม ที่ระดับความชื้นของทุเรียน 82.79 เปอร์เซ็นต์ (ฐานเปียก) แล้วทำการเผาพบว่าสามารถผลิตถ่านเปลือกทุเรียนได้ 1.77 กิโลกรัม และประสิทธิภาพการเผาถ่าน 77.36 เปอร์เซ็นต์

จรรยาพงศ์ เทียมประทีป (2548) ได้ศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวในถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่อง โดยใช้เตาถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่องต้นแบบ ทั้งสภาวะเปิดฝาและปิดฝา เปรียบเทียบกับการเผาแบบชาวบ้าน ซึ่งการจุดเตาของเตาแบบกึ่งต่อเนื่องสามารถทำได้ง่าย และสะดวก เพราะไม่ต้องล้มถัง ลดเวลาในการจุดเตา และอันตรายจากการยกถังตั้ง โดยการเผาในสภาวะเปิดฝาสามารถผลิตได้เร็วที่สุด ในการทดสอบ 30 นาที ได้ผลผลิตถ่าน 1.40 กิโลกรัม และสภาวะปิดฝาใช้เวลา 44.4 นาที ได้ผลผลิตถ่าน 1.46 กิโลกรัม

บทที่ 3 วิธีการศึกษา

เพื่อให้การศึกษาและทดสอบบรรลุตามวัตถุประสงค์ จึงได้กำหนดแนวทางการทดสอบ คือ ดำเนินการศึกษหาปริมาณความสูญเสียของผลมังคุด และศึกษาการผลิตถ่านจากผลมังคุดโดยใช้เตาถ่านน้ำมัน 200 ลิตร มีวิธีการดำเนินการ ดังนี้

1. การศึกษาหาปริมาณความสูญเสียของผลมังคุด

เป็นการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณความสูญเสียของผลมังคุดหลังฤดูการเก็บเกี่ยวในสวนของเกษตรกร เพื่อให้ทราบปริมาณของผลมังคุดที่เหลือทิ้งต่อต้น โดยใช้วิธีการสุ่มเก็บตัวอย่างของผลมังคุดที่ร่วงหล่น บริเวณรัศมีทรงพุ่มของต้นมังคุด ภายในสวนของเกษตรกร

วัสดุอุปกรณ์

- 1.ตาข่าย
- 2.ปากกา
- 3.สมุดบันทึก

วิธีดำเนินการเก็บข้อมูล

ในการดำเนินการเก็บข้อมูลหาปริมาณความสูญเสียของผลมังคุด ในแต่ละสวน โดยทำการเก็บตัวอย่าง ผลของมังคุดมาทดสอบ ทั้งหมด 3 สวน มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

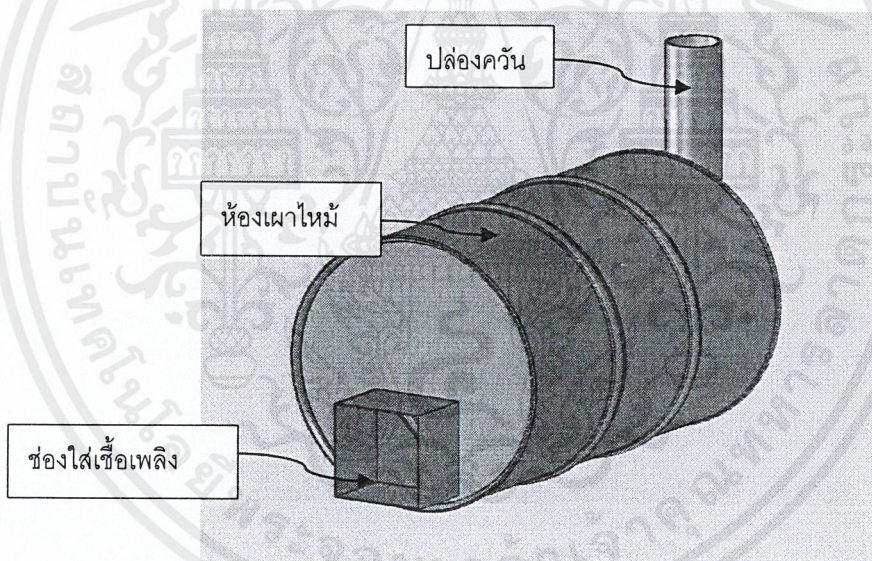
- 1.เตรียมและเช็คตาข่ายให้พร้อมใช้งาน
- 2.กำหนดพื้นที่ทั้งหมด 3 สวน ทำการเก็บข้อมูล สวนละ 5 ต้น โดยวิธีการสุ่มเก็บตัวอย่างแบบไม่เลือก
- 3.เก็บผลมังคุดที่หล่นตามรัศมีทรงพุ่มของต้นมังคุดในแต่ละสวน มาชั่งน้ำหนักโดยใช้ตาข่าย เพื่อหาปริมาณความสูญเสียของผลมังคุดในแต่ละต้น แล้วบันทึกน้ำหนักของผลมังคุดที่เก็บได้ของแต่ละต้น

2. การศึกษาการผลิตถ่านจากผลมังคุด

การศึกษการผลิตถ่านจากผลมังคุดมีวัตถุประสงค์เพื่อ นำผลมังคุดที่มีราคาตกต่ำมาเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลมังคุดที่ขายไม่ได้ราคามาสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรและชุมชน โดยศึกษารูปแบบการผลิตถ่านจากผลมังคุดเพื่อหารูปแบบที่มีแนวโน้มในการผลิตถ่านจากมังคุดสูงที่สุด

2.1 การศึกษารูปแบบเตาผลิตถ่านจากผลมังคุด

แนวทางการศึกษารูปแบบการผลิตถ่านจากผลมังคุดมังคุดโดยใช้เตาถ่านน้ำมัน 200 ลิตร ได้อาศัยรูปแบบการทำช่องเติมฟืนเชื้อไฟด้านหน้าเตาของเตาผลิตน้ำส้มควันไม้ สจล. 51 ดังภาพที่ 3.1 ในงานวิจัยการผลิตน้ำส้มควันไม้จากไม้มะม่วง ด้วยเตา 200 ลิตร (ลือพงษ์ ลือนาม, 2551) ซึ่งคุณสมบัติที่ดีของเตาชนิดนี้ คือ มีช่องสำหรับเติมฟืนเชื้อไฟด้านหน้าเตา ทำให้มีช่องทางเข้าอากาศมากขึ้น ซึ่งสามารถจุดไฟและควบคุมอุณหภูมิได้ง่ายขึ้น ซึ่งเตาเผาถ่านถ่านน้ำมัน 200 ลิตร แบบแนวนอน กำลังเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากทำได้ง่าย ต้นทุนต่ำ แต่มีประสิทธิภาพในการเผาได้ดี เผาได้ทั้งไม้เล็ก ไม้ใหญ่ หรือผลไม้ต่างๆ (จิระพงษ์ คุณากาญจน์, 2550) ตลอดจนมีฉนวนกันความร้อน ทำให้สามารถรักษาความร้อนภายในเตาได้ดีขณะที่ไฟติด จากข้อดีต่างๆ ของเตา สจล.51 และเตาเผาถ่านถ่านน้ำมัน 200 ลิตร จึงได้นำมาใช้ออกแบบ การเผาถ่านจากผลมังคุด



ภาพที่ 3.1 ส่วนประกอบของเตาผลิตถ่านจากมังคุด

ส่วนประกอบของเตาผลิตถ่านจากมังคุด สามารถจำแนกลักษณะของตัวเตาออกได้เป็น 3 ส่วน คือ

1. ส่วนห้องเผาไหม้ ทำจากถ่านน้ำมัน 200 ลิตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 56 เซนติเมตร และมีความสูง 89 เซนติเมตร โดยนำมาเจาะขอบถึงให้ฝาถึงเปิดออกได้ ส่วนกันถึงเจาะรูวงกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว
2. ปล่องควันระบายอากาศ โดยการใช้ท่อใยหินขนาด 4 นิ้ว ประกอบกับช่องอวยหิน ไม้ที่ทำยตัวเตา

3. ช่องใส่เชื้อเพลิง โดยทำการเจาะรูข้างหน้า 20 x 20 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การทดสอบหาค่าความชื้นของผลมังคุดและไม้พื้ก่อนการผลิตถ่าน

- การทดสอบหาค่าความชื้นของผลมังคุดก่อนการผลิตถ่าน เพื่อให้ให้ทราบถึง ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในผลมังคุด ซึ่งความชื้นจะมีผลต่อกระบวนการเผาไหม้และผลผลิตถ่าน โดยทำการทดลอง 3 การทดลอง การทดลองละ 5 ตัวอย่าง แล้วนำมาทดสอบหาค่าความชื้น (ฐานเปียก) ของผลมังคุด

- การทดสอบหาค่าความชื้นของไม้พื้ก่อนการผลิตถ่าน เพื่อให้ให้ทราบถึง ปริมาณ น้ำที่มีอยู่ในไม้พื้ ซึ่งความชื้นจะมีผลต่อกระบวนการเผาไหม้และผลผลิตถ่าน มีวิธีการทดสอบ คือ ตัดบริเวณจุดกึ่งกลางของไม้พื้ก่อนนำเข้าเตา ขนาดประมาณ 10 เซนติเมตร สุ่มเก็บตัวอย่างไม้พื้ ก่อนนำเข้าเตา เตาละ 5 ตัวอย่าง แล้วนำมาทดสอบหาค่าความชื้น (ฐานเปียก) ของไม้พื้

วัสดุอุปกรณ์

1. ตู้อบลมร้อน
2. ตาชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล
3. ตะปุกหมุด
4. ถาดใส่ตัวอย่าง

วิธีการดำเนินการทดสอบ

1. ตรวจสอบสภาพของตู้อบลมร้อนและอุปกรณ์อื่นๆ ให้พร้อมในการใช้งาน
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างการทดลองทีละตัวอย่าง และเขียนเบอร์ที่ตัวอย่าง ใส่เศษกระดาษนำตะปุกหมุดปักไว้ที่ตัวอย่างการทดลอง บันทึกน้ำหนักก่อนอบ
3. นำตัวอย่างการทดลองเข้าตู้อบลมร้อน โดยกำหนดอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส อบนาน 24 ชั่วโมง
4. นำตัวอย่างการทดลองออกมาจากตู้อบลมร้อนมาชั่งน้ำหนัก บันทึก น้ำหนักหลังอบ

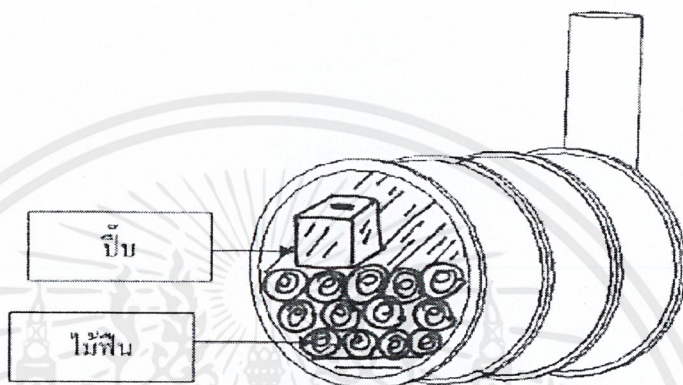
2.3 การทดสอบเตาผลิตถ่านจากผลมังคุด

ในการดำเนินการทดสอบทำการเก็บข้อมูล อุณหภูมิ ปริมาณถ่าน และบันทึกผล การทดสอบ เพื่อให้ทราบถึง วิธีการที่ดีและสะดวกที่สุดในการผลิตถ่านจากผลมังคุด จากเตาเผา ถ่านถึงน้ำมัน 200 ลิตร ได้กำหนด การทดสอบออกเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

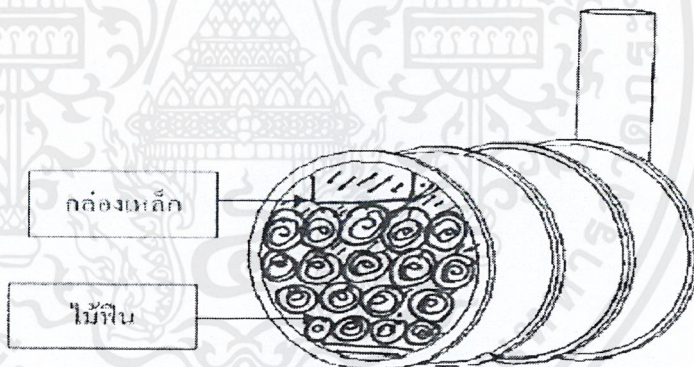
1. การทดสอบการผลิตถ่านจากผลมังคุด โดยการบรรจุผลมังคุดลงในบีก ขนาด 20 x 20 เซนติเมตร (ภาพที่ 3.2)

2. การทดสอบการผลิตถ่านจากผลมังคุด โดยการใส่ผลมังคุดในกล่องเหล็กขนาด 60 x 30 เซนติเมตร ลึก 15 เซนติเมตร (ภาพที่ 3.3)

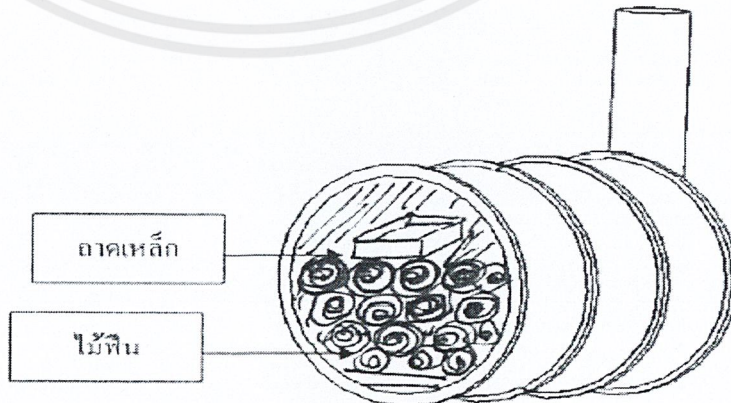
3. การทดสอบการผลิตถ่านจากผลมังคุด โดยการเรียงผลมังคุดลงในถาดเหล็ก ขนาด 25 x 25 x 2 เซนติเมตร 2 (ภาพที่ 3.4)



ภาพที่ 3.2 การใส่มังคุดลงในบับ



ภาพที่ 3.3 การใส่มังคุดลงในกล่องเหล็ก



ภาพที่ 3.4 การเรียงมังคุดลงในถาดเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุอุปกรณ์

- 1.ผลมั่งคุด
- 2.ไม้พิน
- 3.ไม้เชื้อไฟหน้าเตา
- 4.เตาเผาถ่านถึงน้ำมัน 200 ลิตร
- 5.ตาตั้ง
- 6.นาฬิกาจับเวลา
- 7.เครื่องวัดอุณหภูมิ
- 8.พัดลม

วิธีดำเนินการทดสอบ

ดำเนินการทดสอบ 3 รูปแบบ คือ บรรจุมั่งคุดลงในปี๊บ ใส่มั่งคุดลงในกล่องเหล็ก และเรียงมั่งคุดลงในถาดเหล็ก ทำการทดลอง รูปแบบละ 3 ซ้ำ มีวิธีดำเนินการทดสอบดังนี้

- 1.ตรวจสอบสภาพอุปกรณ์และเตาเผาถ่านถึงน้ำมัน 200 ลิตร ให้พร้อมใช้งาน
- 2.ชั่งน้ำหนักมั่งคุดแล้วนำไปใส่ไว้ในภาชนะของรูปแบบที่จะทดลอง และบันทึกน้ำหนักมั่งคุดก่อนเผา
- 3.ชั่งน้ำหนักไม้พิน แล้วเรียงใส่เตาถึงน้ำมัน 200 แล้วเรียงใส่เตา ถึงน้ำมัน 200 ลิตร บันทึกน้ำหนัก
- 4.ต่อสายวัดอุณหภูมิเข้ากับเครื่องวัดอุณหภูมิจำนวน 6 จุด ได้แก่ อุณหภูมิสภาพอากาศ หน้าเตา กลางเตา หลังเตา ปากปล่อง และในภาชนะที่ใช้ใส่มั่งคุด โดยทำการวัดอุณหภูมิทุกๆ 5 นาที
- 5.ปิดฝาหน้าเตาพร้อมจุดไฟหน้าเตา บันทึกอุณหภูมิกับเวลาที่เริ่มจุดเตา
- 6.จุดไฟหน้าเตา บันทึกเวลาที่เริ่มจุดเตา จากนั้นเติมไม้เชื้อไฟหน้าเตาเข้าไปอีก เพื่อไล่ความชื้นของวัสดุภายในเตา จนกว่าปากปล่องควันจะพุ่งแรง และมีสีเหลืองปนเทาหนา
- 7.ดำเนินการเผาถ่านจนลักษณะของควันใส และใช้พัดลมเป่าที่ช่องรับอากาศเพื่อไล่สารก่อมะเร็ง จนควันใสอีกครั้งจึงปิดเตาไม่ให้อากาศเข้าไปได้ บันทึกเวลาที่ปิดเตา

8. ทำให้ถ่านเย็นตัวลงเป็นเวลาประมาณ 12 ชั่วโมง เมื่อถ่านเย็นตัวลงตามเวลาที่กำหนดให้ทำการเปิดเตา นำถ่านมังคุดและถ่านไม้ฟืนออกจากเตาแล้วแยกออกเป็น 5 ส่วน ได้แก่ ถ่านจากผลมังคุดที่สมบูรณ์ ถ่านจากผลมังคุดที่แตก สั้นถ่านจากผลมังคุด ถ่านจากไม้ฟืน และสั้นถ่านจากไม้ฟืน จากนั้นนำแต่ละส่วนมาชั่งน้ำหนักและบันทึกผล

9. ดำเนินการทดลองตามขั้นตอนดังกล่าวจนครบทั้ง 3 รูปแบบ

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล เป็นการเก็บข้อมูลที่ได้จากการทดสอบการผลิตถ่านจากผลมังคุด โดยใช้เตาถึงน้ำมัน 200 ลิตร เพื่อนำมา สรุป วิเคราะห์ผล และแสดงเป็นตาราง มีรายละเอียด ดังนี้

ก. การหาค่าความชื้นของผลมังคุดไม้ฟืน (%ฐานเปียก) ก่อนการเผา เพื่อให้ทราบถึงปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในผลมังคุดและไม้ฟืน ซึ่งความชื้นจะมีผลต่อกระบวนการเผาไหม้ และผลผลิตถ่าน ดังสมการ

$$\text{- ความชื้นผลมังคุด(\%ฐานเปียก)} = \frac{\text{น.น.ก่อนอบ(กรัม)} - \text{น้ำหนักหลังอบ(กรัม)}}{\text{น.น.ก่อนอบ(กรัม)}} \times 100$$

$$\text{- ความชื้นไม้ฟืน(\%ฐานเปียก)} = \frac{\text{น.น.ก่อนอบ(กรัม)} - \text{น้ำหนักหลังอบ(กรัม)}}{\text{น.น.ก่อนอบ(กรัม)}} \times 100$$

ข. การหาผลผลิตถ่านจากผลมังคุดและถ่านจากไม้ฟืน เพื่อให้ทราบถึงปริมาณผลมังคุดและไม้ฟืนเมื่อนำเข้าเผาแล้วกลายเป็นถ่าน จะสามารถคาดการณ์ถ่านจากผลมังคุดที่เผาได้ ดังสมการ

$$\text{- ผลผลิตถ่านจากผลมังคุด(\%)} = \frac{\text{น.น.ถ่านจากผลมังคุดทั้งหมด(กก.)}}{\text{น.น.ผลมังคุดที่นำเข้าเผา(กก.)}} \times 100$$

$$\text{- ผลผลิตถ่านจากผลมังคุดที่สมบูรณ์(\%)} = \frac{\text{น.น.ถ่านจากผลมังคุดทั้งหมด(กก.)}}{\text{น.น.ผลมังคุดที่นำเข้าเผา(กก.)}} \times 100$$

$$\text{- ผลผลิตถ่านจากไม้ฟืน(\%)} = \frac{\text{น.น.ถ่านจากไม้ฟืนทั้งหมด(กก.)}}{\text{น.น.ไม้ฟืนภายในเตา(กก.)}} \times 100$$

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ในการดำเนินการศึกษาการผลิตถ่านจากมังคุด ผู้วิจัยได้ดำเนินการ ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น ก่อนการผลิตถ่านจากมังคุด และศึกษารูปแบบการผลิตถ่านจากมังคุดโดยใช้เตาถ่านน้ำมัน 200 ลิตร มีการนำเสนอผลการศึกษา ดังนี้

1. ปริมาณความสูญเสียของผลมังคุด

การดำเนินการศึกษาหาปริมาณความสูญเสียของผลมังคุด เป็นการเก็บข้อมูล เกี่ยวกับ ปริมาณความสูญเสียของมังคุดหลังฤดูการเก็บเกี่ยวในสวนของเกษตรกร ทำการดำเนินการเก็บ ข้อมูล ณ ตำบลห้วยน้ำขาว อำเภอเมือง จังหวัดตราด จำนวนทั้งหมด 3 สวน สวนละ 5 ต้น โดยทำ การเก็บผลมังคุดที่ร่วงหล่น ได้โคนต้นมังคุด ในปลายฤดูการเก็บเกี่ยวมาชั่งน้ำหนักและหาค่าเฉลี่ย ของแต่ละสวน (ภาพที่ 4.1) ในวิธีการสุ่มแบบไม่เลือกต้น โดยเก็บผลมังคุดที่ร่วงหล่น ตามความ กว้างในรัศมีของทรงพุ่มของต้นมังคุด ซึ่งมีขนาดของทรงพุ่มในแต่ละต้น ประมาณ 5 - 10 เมตร อายุของต้นมังคุด ในแต่ละต้น มีอายุ ประมาณ 8 - 10 ปี สาเหตุส่วนใหญ่ที่เกษตรกรชาวสวน มังคุดปล่อยให้ผลมังคุดร่วงหล่นได้ต้นโดยไม่นำมาจำหน่ายเนื่องจาก มังคุดเริ่มมีการล้มตลาดในช่วง ปลายฤดูการ ซึ่งหากนำไปจำหน่ายอาจไม่คุ้มกับค่าใช้จ่ายในการเดินทาง และก็ไม่ค่อยมีคน กลางมารับซื้อ เพราะไม่คุ้มกับค่าต้นทุนในการเดินทาง



ภาพที่ 4.1 การทดสอบหาปริมาณความสูญเสียของมังคุด

การทดสอบหาปริมาณความสูญเสียของผลมังคุดหลังฤดูการเก็บเกี่ยวของเกษตรกรในแต่ละสวน ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบ ในวันที่ 27 พฤษภาคม 2553 สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

ปริมาณความสูญเสียของมังคุดในสวนแรก เจ้าของสวน คือ นางปรียา ขำสม พื้นที่ของสวนทั้งหมด 13 ไร่ มีปริมาณความสูญเสียของมังคุด เฉลี่ย 1.98 กิโลกรัมต่อต้น

ปริมาณความสูญเสียของมังคุดในสวนที่ 2 เจ้าของสวน คือ นางปรียา ขำสม พื้นที่ของสวนทั้งหมด 7 ไร่ มีปริมาณความสูญเสียของมังคุด เฉลี่ย 2.38 กิโลกรัมต่อต้น

ปริมาณความสูญเสียของมังคุดในสวนที่ 3 เจ้าของสวน คือ อรรคพล ชมภูคำ พื้นที่ของสวนทั้งหมด 10 ไร่ มีปริมาณความสูญเสียของมังคุด เฉลี่ย 2.96 กิโลกรัมต่อต้น

จากการทดสอบหาปริมาณความสูญเสียของมังคุดที่หล่นใต้ต้นหลังจากฤดูการเก็บเกี่ยวในเบื้องต้นของทั้ง 3 สวน เฉลี่ย 2.44 กิโลกรัมต่อต้น โดยได้แสดงข้อมูลการทดสอบไว้ในตารางภาคผนวกที่ 1

2.ผลการศึกษาทดสอบเตาผลิตถ่านจากมังคุด

การดำเนินการทดลองได้อาศัยรูปแบบของเตา สจล.51 ในการดำเนินการทดลอง ได้ทำการทดลอง ณ แปลงกสิกรรมยั่งยืน สาขาวิชาพัฒนากาเกษตรและการจัดการทรัพยากร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยสภาพอากาศบริเวณแวดล้อมที่ทดลองอากาศถ่ายเทสะดวก มีลมพัดตลอดทั้งวัน และมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 30 องศาเซลเซียส ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 รูปแบบ ใช้มังคุดในแต่ละการทดลอง การทดลองละ 1.5 กิโลกรัม โดยมีค่าความชื้น (ฐานเปียก) อยู่ที่ 49.47 เปอร์เซ็นต์ การทดลอง เริ่มตั้งแต่ เตรียมเตาและเตรียมอุปกรณ์ต่างๆให้พร้อมใช้งาน เรียงไม้พินและผลมังคุดที่จะเผาในแต่ละรูปแบบใส่ลงไปในเตาถึงน้ำมัน 200 ลิตร และทำการติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ปิดฝาหน้าเตาเพื่อเตรียมเผา ซึ่งนำหน้าไม้พินที่ต้องใช้ในการจุดไฟหน้าเตา เมื่อไฟติดแล้วให้ใช้ไม้เชื้อไฟหน้าเตาจนกว่าไฟจะติดในช่องเผาไหม้ สังเกตลักษณะของควันที่ลอยออกมาจากปากปล่องของเตา สีของควันจะเป็นสีขาวปนเหลืองขุ่น เตรียมกระสอบใส่ทรายผสมน้ำมาปิดเตาเมื่อควันเริ่มใส เมื่อปล่อยเตาทิ้งไว้ให้เย็นตัวลงพบว่า ในทุกการทดลอง ไม่มีผลมังคุดที่ไม่ถูกเผาหรือสันถ่านจากผลมังคุดหลงเหลืออยู่เลย โดยได้แสดงข้อมูลการทดลอง ไว้ในตารางภาคผนวก ที่ 8 – 16 ซึ่งสามารถ ซึ่งสามารถอภิปรายผลในแต่ละรูปแบบได้ดังนี้

4.1 การบรรจุมังคุดลงในบีก แล้วนำไปเผาในตัวเตาถึงน้ำมัน 200 ลิตร แบ่งออกเป็น 3 การทดลอง วิเคราะห์ผลการศึกษาดังตารางที่ 4.1 สรุปผลได้ดังนี้

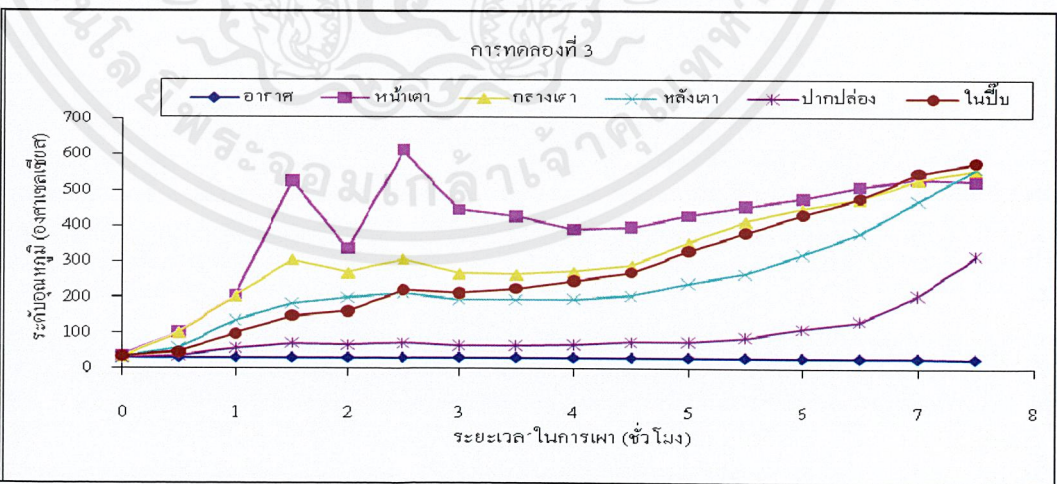
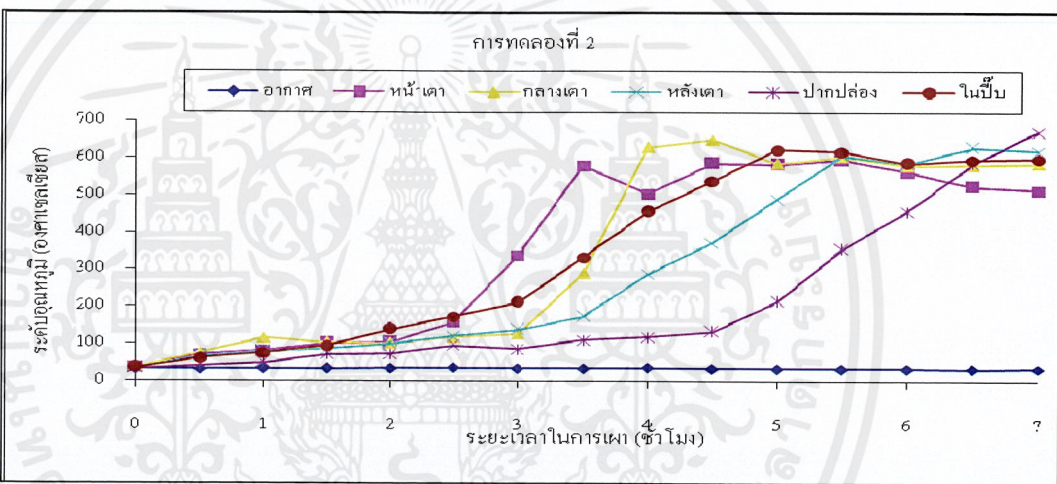
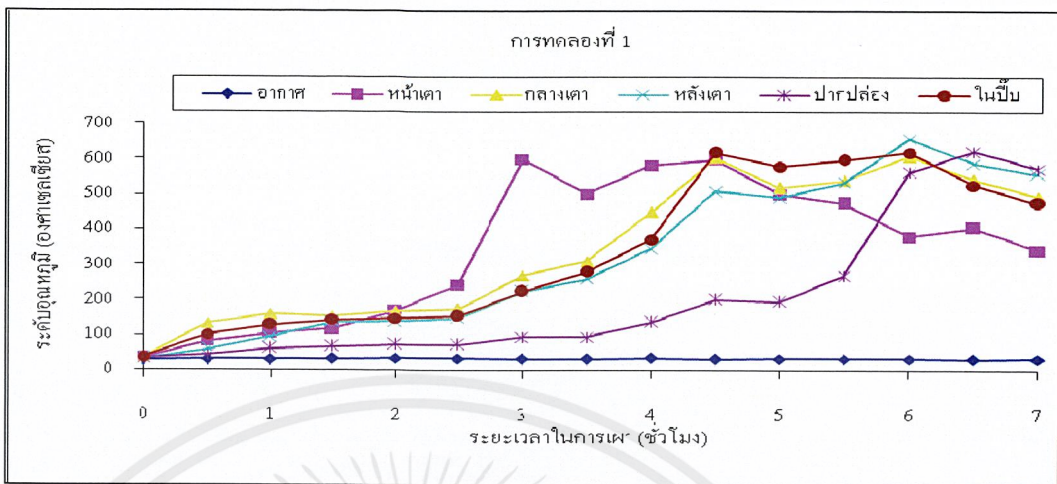
การทดลองที่ 1 เริ่มทดลองในเวลา 18.50 นาฬิกา ใช้ไม้พินในการเผาจำนวน 62 กิโลกรัม โดยมีค่าความชื้น (ฐานเปียก) 30.15 เปอร์เซนต์ ใช้ไม้พินเชื้อไฟจุดหน้าเตาจำนวน 7.6 กิโลกรัม โดยอุณหภูมิเริ่มต้นของอากาศทั่วไป หน้าเตา กลางเตา ท้ายเตา ปากปล่อง และในบับ อยู่ที่อุณหภูมิ 30.30, 38.00, 55.80, 46.90, 30.60 และ 31.00 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไป อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เริ่มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง สีของควันเริ่มขุ่น เริ่มมีน้ำส้มควันไม้ออกมาจากปากปล่องของเตา สังเกตสีของควันที่พุ่งออกมาจากปากปล่อง จะมีสีขาวขุ่น โดยอุณหภูมิเริ่มต้นของอากาศทั่วไป หน้าเตา กลางเตา ท้ายเตา ปากปล่อง และในบับ อยู่ที่อุณหภูมิ 30.30, 575.00, 286.00, 249.80, 67.50 และ 627.70 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และเมื่อเวลาผ่านไป 7 ชั่วโมง จึงหยุดกระบวนการเผาไหม้ แล้วทำการปิดเตา จากนั้นปล่อยเตาทิ้งไว้ให้เย็นตัวประมาณ 12 ชั่วโมง แล้วจึงเปิดเตา เพื่อนำปริมาณผลผลิตหลังการเผามาชั่ง ได้ปริมาณถ่านจากมังคุดที่สมบูรณ์หนัก 0.2 กิโลกรัม ปริมาณถ่านมังคุดที่แตก 0.1 กิโลกรัม และได้ปริมาณถ่านจากไม้พิน 11 กิโลกรัม โดยมีไม้ที่ถูกเผาหรือสันถ่าน 6 กิโลกรัม อยู่ภายในเตา

การทดลองที่ 2 เริ่มจุดทดลองในเวลา 18:30 นาฬิกา ใช้ไม้พินในการเผาจำนวน 70 กิโลกรัม โดยมีค่าความชื้น (ฐานเปียก) 32.12 เปอร์เซนต์ ใช้ไม้พินเชื้อไฟจุดหน้าเตาจำนวน 5.2 กิโลกรัม โดยอุณหภูมิเริ่มต้นของอากาศทั่วไป หน้าเตา กลางเตา ท้ายเตา ปากปล่อง และในบับ อยู่ที่อุณหภูมิ 29.80, 33.00, 31.40, 31.90, 28.30 และ 34.00 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไป อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เริ่มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง สีของควันเริ่มขุ่น เริ่มมีน้ำส้มควันไม้ออกมาจากปากปล่องของเตา สังเกตสีของควันที่พุ่งออกมาจากปากปล่อง จะมีสีขาวขุ่น โดยอุณหภูมิเริ่มต้นของอากาศทั่วไป หน้าเตา กลางเตา ท้ายเตา ปากปล่อง และในบับ อยู่ที่อุณหภูมิ 29.00, 334.70, 267.70, 198.80, 64.40 และ 158.80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และเมื่อเวลาผ่านไป 7 ชั่วโมง จึงหยุดกระบวนการเผาไหม้ แล้วทำการปิดเตา จากนั้นปล่อยเตาทิ้งไว้ให้เย็นตัวประมาณ 12 ชั่วโมง แล้วจึงเปิดเตา เพื่อนำปริมาณผลผลิตหลังการเผามาชั่ง ได้ปริมาณถ่านจากมังคุดที่สมบูรณ์หนัก 0.2 กิโลกรัม ปริมาณถ่านมังคุดที่แตก 0.12 กิโลกรัม และได้ปริมาณถ่านจากไม้พิน 18 กิโลกรัม โดยมีไม้ที่ถูกเผาหรือสันถ่าน 4 กิโลกรัม อยู่ภายในเตา

การทดลองที่ 3 เริ่มทดลองในเวลา 8.30 นาฬิกา ใช้ไม้พินในการเผาจำนวน 67 กิโลกรัม โดยมีค่าความชื้น (ฐานเปียก) 29.05 เปอร์เซนต์ ใช้ไม้พินเชื้อไฟจุดหน้าเตา 8.10 กิโลกรัม โดยอุณหภูมิเริ่มต้นของอากาศทั่วไป หน้าเตา กลางเตา ท้ายเตา ปากปล่อง และในบับ อยู่ที่อุณหภูมิ 28.80, 34.80, 36.80, 32.60, 30.50 และ 33.20 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไป อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เริ่มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง สีของควันเริ่มขุ่น เริ่มมี

น้ำส้มควันไม้้อออกมาจากปากปล่องของเตา สังเกตสีของควันที่พุ่งออกมาจากปล่อง จะมีสีขาวขุ่น โดยอุณหภูมิเริ่มต้นของอากาศทั่วไป หน้าเตา กลางเตา ท้ายเตา ปากปล่อง และในบ่บ อยู่ที่ อุณหภูมิ 32.70, 101.30, 98.10, 98.00, 70.60 และ 136.70 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และเมื่อ เวลาผ่านไป 7.30 ชั่วโมง จึงหยุดกระบวนการเผาไหม้ แล้วทำการปิดเตา จากนั้นปล่อยเตาทิ้งไว้ให้ เย็นตัวประมาณ 12 ชั่วโมง แล้วจึงเปิดเตา เพื่อนำปริมาณผลผลิตหลังการเผามาชั่ง ได้ปริมาณ ถ่านจากม้งคุดที่สมบูรณ์หนัก 0.15 กิโลกรัม ปริมาณถ่านม้งคุดที่แตก 0.16 กิโลกรัม โดยไม่มี ม้งคุดที่ไม่ถูกเผาหรือสันถ่านม้งคุดหลงเหลืออยู่เลยภายในบ่บ และได้ปริมาณถ่านจากไม้พิน 16.00 กิโลกรัม โดยมีไม้ที่ถูกเผาหรือสันถ่าน 6.00 กิโลกรัม อยู่ในเตา





ภาพที่ 4.2 อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ของการเผาในรูปแบบการบรรจุผลมังคุดลงในน้ำแล้วนำไปเผาในตัวเตาถึงน้ำมัน 200 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบการผลิตถ่านมั่งคุดในรูปแบบของการบรรจุมั่งคุดลงในบับ ทั้ง 3 การทดลอง มีปริมาณมั่งคุดและค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของมั่งคุดในแต่ละการทดลองที่เท่ากัน แต่มีความชื้นและน้ำหนักของไม้พื้นของการทดลองในแต่ละการทดลองที่แตกต่างกัน เนื่องจากลักษณะ การเรียง และขนาดของท่อนไม้ ไม่เหมือนกันสามารถดูข้อมูลได้ดังตารางที่ 4.1 จากการทดลอง พบว่า การทดลองที่ 1 ใช้ไม้พื้นในการเผาจำนวน 62.00 กิโลกรัม ซึ่งน้อยกว่าการทดลองที่ 2 และ 3 คือ อยู่ที่ 70.00 และ 67.00 กิโลกรัม โดยความชื้นของไม้พื้นในแต่ละการทดลองมีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก เนื่องจากขนาดของไม้ไม่เท่ากันและวันเวลาในการทดลองต่างกัน จะเห็นได้ว่าการทดลองที่ 3 มีค่าความชื้น (ฐานเปียก) ของไม้พื้น 29.05 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าความชื้นของไม้พื้นสูงกว่าการทดลองที่ 1 และ 2 คือ 30.15 และ 32.21 เปอร์เซ็นต์ จึงทำให้อุณหภูมิในบับของการทดลองที่ 3 มีค่าสูงถึง 687.70 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าสูงสุดของการทดลอง และส่งผลให้ระยะเวลาในการเผาแตกต่างกัน ซึ่งการทดลองที่ 3 ใช้ระยะเวลาในการเผาสูงถึง 7.30 ชั่วโมง ซึ่งยาวนานกว่าการทดลองที่ 1 และ 2 ที่มีระยะเวลาการเผาไหม้ เพียง 7 ชั่วโมง เมื่อพิจารณาปริมาณผลผลิตของการทดลองที่ได้ พบว่า การทดลองที่ 3 ได้ถ่านมั่งคุดที่สมบูรณ์ 0.15 กิโลกรัม ซึ่งต่ำกว่าการทดลองที่ 1 และ 2 ที่มีปริมาณถ่านมั่งคุดที่สมบูรณ์อยู่ที่ 0.2 และ 0.2 กิโลกรัม และยังพบว่าในการทดลองที่ 3 มีปริมาณถ่านมั่งคุดที่แตก 0.16 กิโลกรัม ซึ่งมากกว่าทดลองที่ 1 และ 2 คือ 0.10 และ 0.12 กิโลกรัม ส่วนมั่งคุดที่แตกอาจเนื่องจากในแต่ละการทดลองมีความร้อนและความชื้นในแต่ละการทดลองที่ไม่เท่ากัน

ตารางที่ 4.1 การศึกษาการเผาถ่านจากมังคุดโดยใช้เตา สจล.51 ในรูปแบบการบรรจุผลมังคุดลงในปี๊บ

รายการวิเคราะห์ผล	การทดลองที่			เฉลี่ย
	1	2	3	
น้ำหนักไม้พื้ภายในเตา (กิโลกรัม)	62.00	70.00	67.00	66.00
น้ำหนักไม้เชื้อไฟ (กิโลกรัม)	7.60	5.20	8.10	6.96
ค่าความชื้นของไม้พื้ (%ฐานเปียก)	30.15	32.12	29.05	30.44
ระยะเวลาในการเผาทั้งหมด (ชั่วโมง)	7.00	7.00	7.30	7.10
น้ำหนักถ่านมังคุด (กิโลกรัม)	0.30	0.32	0.31	0.31
น้ำหนักมังคุดที่เป็นถ่านสมบูรณ์ (กิโลกรัม)	0.20	0.20	0.15	0.18
น้ำหนักถ่านมังคุดที่แตก (กิโลกรัม)	0.10	0.12	0.16	0.13
น้ำหนักถ่านไม้พื้ (กิโลกรัม)	11.00	18.00	16.00	15.00
น้ำหนักถ่านไม้พื้ (กิโลกรัม)	6.00	4.00	5.00	5.00
ผลผลิตจากถ่านจากมังคุด (%)	20.00	21.33	20.67	20.67
ผลผลิตถ่านจากมังคุดที่สมบูรณ์ (%)	13.33	13.33	10.00	12.22
ผลผลิตถ่านจากไม้พื้ (%)	17.74	25.71	23.88	22.72

จากการทดสอบการผลิตถ่านจากมังคุดโดยบรรจุผลมังคุดในปี๊บทั้ง มีปริมาณไม้พื้บรรจุในห้องเผาไหม้เฉลี่ย 66 กิโลกรัม แต่การจุดไฟหน้าเตาเพื่อเริ่มกระบวนการเผาไหม้ภายในเตาหรือห้องเผาไหม้มีปริมาณไม้เชื้อไฟที่ใกล้เคียงกัน เฉลี่ย คือ 6.96 กิโลกรัม ค่าความชื้นของไม้พื้เฉลี่ย 30.44% มีกระบวนการเผาไหม้ภายในเตาเป็นเวลาเฉลี่ย 7.10 ชั่วโมง หลังจากปิดเตาเพื่อหยุดกระบวนการเผาไหม้ เพื่อให้ถ่านภายในเตาเย็นตัวลงเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นจึงทำการเปิดเตาพบว่า จากการเผาไหม้ภายในเตาได้ถ่านมังคุดที่สมบูรณ์เฉลี่ย 0.18 กิโลกรัม มีปริมาณถ่านมังคุดที่แตกเฉลี่ย 0.13 กิโลกรัม ซึ่งไม่มีมังคุดที่ไม่ถูกเผาหรือถ่านมังคุดหลงเหลืออยู่เลยภาย เมื่อพิจารณามังคุดที่กลายเป็นถ่าน โดยไม่รวมมังคุดที่แตกมีเปอร์เซ็นต์การผลิตประมาณ 12.22 เปอร์เซ็นต์ และได้ปริมาณถ่านจากไม้พื้เฉลี่ย 15 กิโลกรัม โดยมีไม้พื้ที่ไม่ถูกเผาหรือถ่านเฉลี่ย 5 กิโลกรัม เมื่อพิจารณาไม้พื้ที่กลายเป็นถ่านไม่รวมถ่าน มีเปอร์เซ็นต์การผลิตประมาณ 22.72 เปอร์เซ็นต์

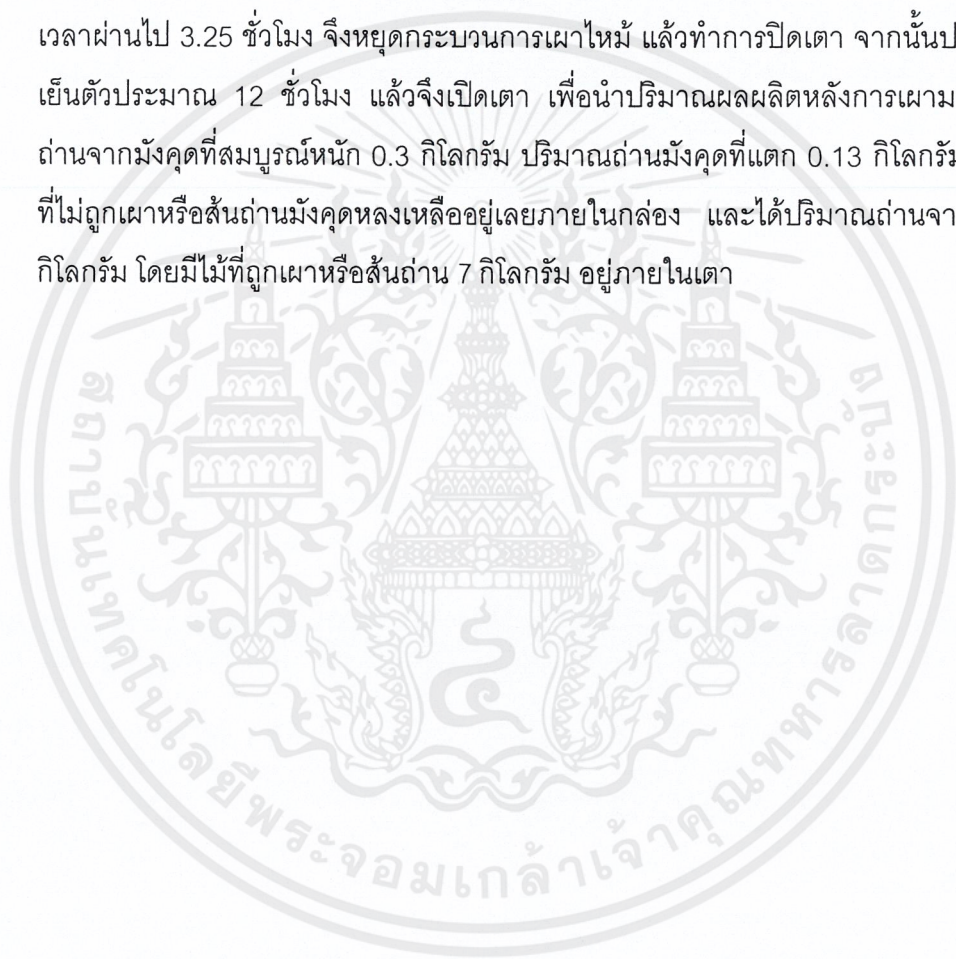
4.2 การใส่มังคุดลงในกล่องเหล็ก ใส่มังคุดที่จะนำมาเผาความลึก 12 เซนติเมตร แล้วนำไปเผาในตูเตาถึงน้ำมัน 200 ลิตร โดยได้วิเคราะห์ผลการศึกษาดังตารางที่ 4.2 การทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

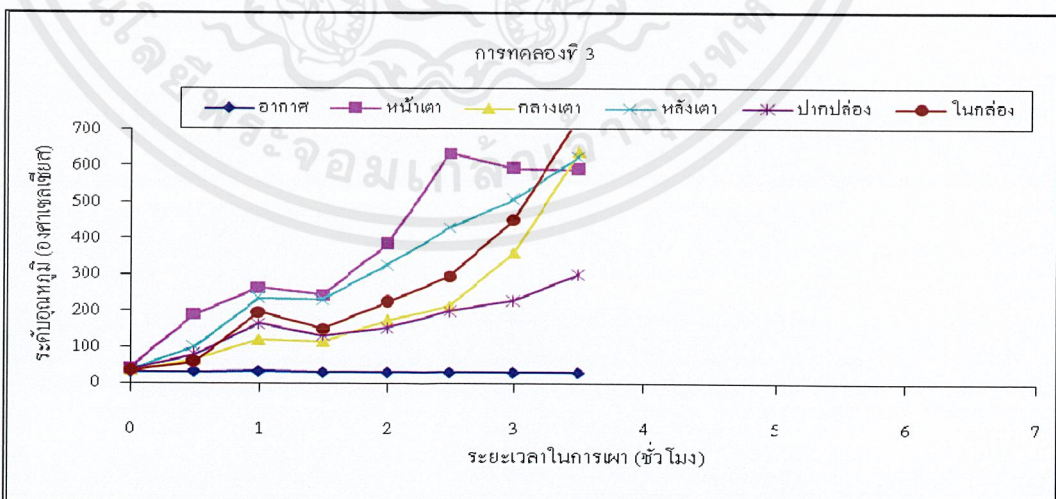
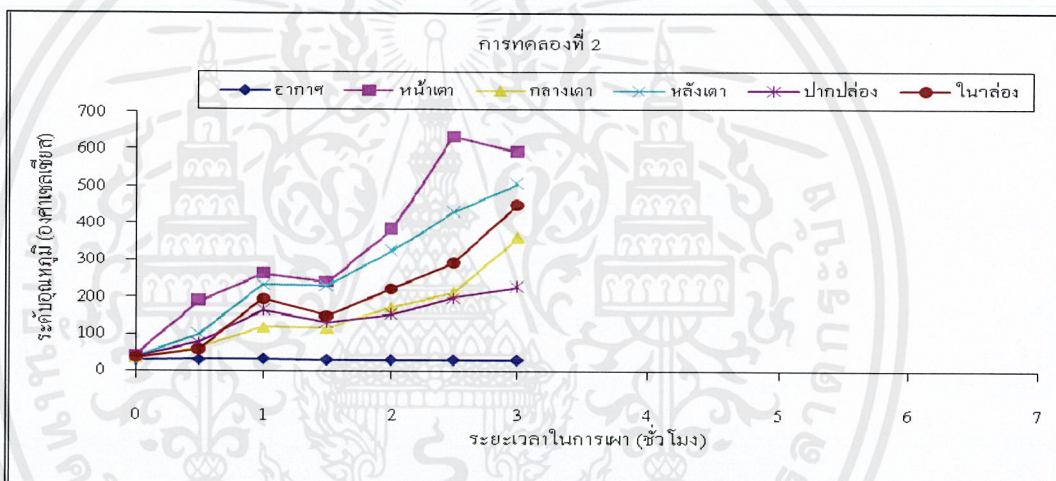
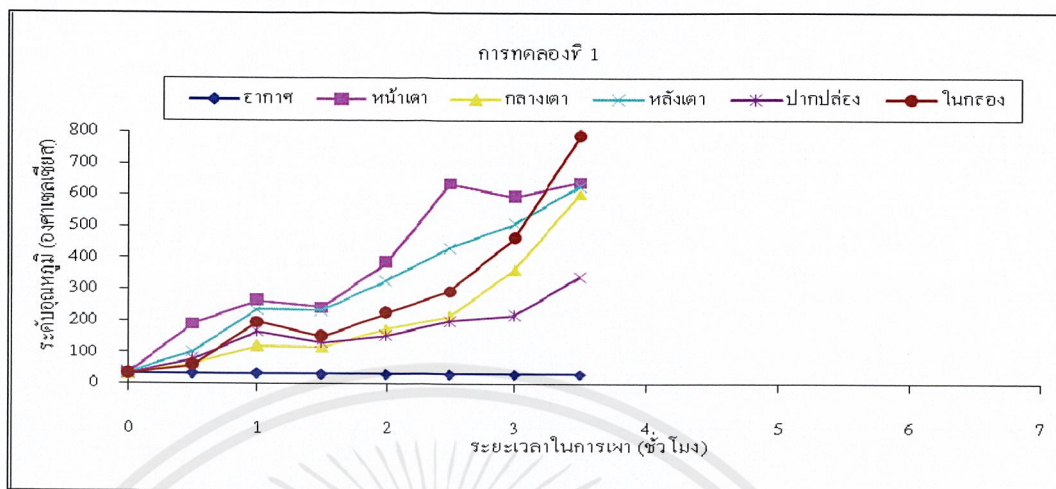
การทดลองที่ 1 เริ่มทดลองในเวลา 16:30 นาฬิกา ใช้ไม้พินในการเผาจำนวน 60 กิโลกรัม โดยมีค่าความชื้น (ฐานเปียก) 25.80 เปอร์เซ็นต์ ใช้ไม้พินเชื้อไฟจุดหน้าเตา 7.8 กิโลกรัม โดยอุณหภูมิเริ่มต้นของอากาศทั่วไป หน้าเตา กลางเตา ท้ายเตา ปากปล่อง และในกล่อง อยู่ที่อุณหภูมิ 30.1, 32.2, 31.8, 34.2, 31.7, และ 30.6 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไป อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เริ่มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง สีของควันเริ่มขุ่น เริ่มมีน้ำส้มควันไม้ออกมาจากปากปล่องของเตา สังเกตสีของควันที่พุ่งออกมาจากปล่อง จะมีสีขาวขุ่น โดยอุณหภูมิเริ่มต้นของอากาศทั่วไป หน้าเตา กลางเตา ท้ายเตา ปากปล่อง และในกล่อง อยู่ที่อุณหภูมิ 29.80, 382.60, 158.00, 311.20, 150.30, และ 203.10 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และเมื่อเวลาผ่านไป 3.25 ชั่วโมง จึงหยุดกระบวนการเผาไหม้ แล้วทำการปิดเตา จากนั้นปล่อยให้เตาทิ้งไว้ให้เย็นตัวประมาณ 12 ชั่วโมง แล้วจึงเปิดเตา เพื่อนำปริมาณผลผลิตหลังการเผามาชั่ง ได้ปริมาณถ่านจากมังคุดที่สมบูรณ์หนัก 0.3 กิโลกรัม โดยไม่มีถ่านมังคุดที่แตกเลย และได้ปริมาณถ่านจากไม้พิน 9 กิโลกรัม โดยมีไม้ที่ถูกเผาหรือสันถ่าน 8 กิโลกรัม อยู่ภายในเตา

การทดลองที่ 2 เริ่มทดลองในเวลา 16:35 นาฬิกา ใช้ไม้พินในการเผาจำนวน 64 กิโลกรัม โดยมีค่าความชื้น (ฐานเปียก) 32.40 เปอร์เซ็นต์ ใช้ไม้พินเชื้อไฟจุดหน้าเตา 6.7 กิโลกรัม โดยอุณหภูมิเริ่มต้นของอากาศทั่วไป หน้าเตา กลางเตา ท้ายเตา ปากปล่อง และในกล่อง อยู่ที่อุณหภูมิ 30.1, 42, 34.9, 36.8, 36.8, และ 34.6 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไป อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เริ่มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง สีของควันเริ่มขุ่น เริ่มมีน้ำส้มควันไม้ออกมาจากปากปล่องของเตา สังเกตสีของควันที่พุ่งออกมาจากปล่อง จะมีสีขาวขุ่น โดยอุณหภูมิเริ่มต้นของอากาศทั่วไป หน้าเตา กลางเตา ท้ายเตา ปากปล่อง และในกล่อง อยู่ที่อุณหภูมิ 29.90, 400.70, 280.30, 380.50, 180.00, และ 297.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และเมื่อเวลาผ่านไป 3.25 ชั่วโมง จึงหยุดกระบวนการเผาไหม้ แล้วทำการปิดเตา จากนั้นปล่อยให้เตาทิ้งไว้ให้เย็นตัวประมาณ 12 ชั่วโมง แล้วจึงเปิดเตา เพื่อนำปริมาณผลผลิตหลังการเผามาชั่ง ได้ปริมาณถ่านจากมังคุดที่สมบูรณ์หนัก 0.2 กิโลกรัม ปริมาณถ่านมังคุดที่แตก 0.1 กิโลกรัม และได้ปริมาณถ่านจากไม้พิน 13 กิโลกรัม โดยมีไม้ที่ถูกเผาหรือสันถ่าน 5 กิโลกรัม อยู่ภายในเตา

การทดลองที่ 3 เริ่มทดลองในเวลา 16:30 นาฬิกา ใช้ไม้พินในการเผาจำนวน 67 กิโลกรัม โดยมีค่าความชื้น (ฐานเปียก) 28.20 เปอร์เซ็นต์ ใช้ไม้พินเชื้อไฟจุดหน้าเตา 7.7 กิโลกรัม โดย

อุณหภูมิเริ่มต้นของอากาศทั่วไป หน้าเตา กลางเตา ท้ายเตา ปากปล่อง และในกล่อง อยู่ที่อุณหภูมิ 30.1, 42, 34.9, 36.8, 36.9, และ 34.6 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไป อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เริ่มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง สีของควันเริ่มขุ่น เริ่มมี น้ำส้มควันไม้ออกมาจากปากปล่องของเตา สังเกตสีของควันที่พุ่งออกมาจากปล่อง จะมีสีขาวขุ่น โดยอุณหภูมิเริ่มต้นของอากาศทั่วไป หน้าเตา กลางเตา ท้ายเตา ปากปล่อง และในกล่อง อยู่ที่ อุณหภูมิ 30.00, 383.80, 173.90, 326.60, 152.80 และ 223.3 องศาเซลเซียสตามลำดับ และเมื่อ เวลาผ่านไป 3.25 ชั่วโมง จึงหยุดกระบวนการเผาไหม้ แล้วทำการปิดเตา จากนั้นปล่อยให้เตาทิ้งไว้ให้ เย็นตัวประมาณ 12 ชั่วโมง แล้วจึงเปิดเตา เพื่อนำปริมาณผลผลิตหลังการเผามาชั่ง ได้ปริมาณ ถ่านจากมังคุดที่สมบูรณ์หนัก 0.3 กิโลกรัม ปริมาณถ่านมังคุดที่แตก 0.13 กิโลกรัม โดยไม่มีมังคุด ที่ไม่ถูกเผาหรือสันถ่านมังคุดหลงเหลืออยู่เลยภายในกล่อง และได้ปริมาณถ่านจากไม้พีน 16.52 กิโลกรัม โดยมีไม้ที่ถูกเผาหรือสันถ่าน 7 กิโลกรัม อยู่ภายในเตา





ภาพที่ 4.3 อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ของการเผาในรูปแบบการใส่ผลมังคุดลงในถ่องเหล็ก แล้วนำไปเผาในตัวเตาถึงน้ำมัน 200 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบการผลิตถ่านมั่งคุดในรูปแบบของการใส่ผลมั่งคุดลงในกล่องเหล็ก ทั้ง 3 การทดลอง มีปริมาณมั่งคุดและค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของมั่งคุดในแต่ละการทดลองที่เท่ากัน แต่มีความชื้นและน้ำหนักของไม้พื้นของการทดลองในแต่ละการทดลองที่แตกต่างกัน เนื่องจากลักษณะ การเรียง และขนาดของท่อนไม้ ไม่เหมือนกันสามารถดูข้อมูลได้ดังตารางที่ 4.2 จากการทดลอง พบว่าการทดลองที่ 1 ใช้ไม้พื้นในการเผาจำนวน 60 กิโลกรัม ซึ่งน้อยกว่าการทดลองที่ 2 และ 3 คือ อยู่ที่ 64 และ 67 กิโลกรัม โดยความชื้นของไม้พื้นในแต่ละการทดลองมีค่าแตกต่างกัน ไม่มากนัก เนื่องจากขนาดของไม้ไม่เท่ากันและวันเวลาในการทดลองต่างกัน จะเห็นได้ว่าการทดลองที่ 2 มี ค่าความชื้นของไม้พื้น 32.400 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าความชื้นของไม้พื้นสูงกว่าการทดลองที่ 1 และ 3 คือ 25.80 และ 28.20 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิในกล่อง ของการทดลองที่ 2 มีค่าสูงที่สุด คือ 784 องศาเซลเซียส ทั้ง 3 การทดลองใช้ระยะเวลาในการเผาที่เท่ากัน คือ 3.25 ชั่วโมง ซึ่งจะเห็นได้ว่า ถึงแม้ว่าน้ำหนักของไม้ไม่เท่ากัน แต่ความชื้นของไม้ มีส่วนที่ช่วยส่งผลกระทบต่อ การทดลอง โดยที่การทดลองที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงที่สุด แต่มีปริมาณไม้พื้น สูงกว่าการทดลองที่ 1 และ 3 ทำให้ระยะเวลาในการเผาของทั้ง 3 การทดลองเท่ากัน เมื่อพิจารณาปริมาณผลผลิตของการทดลองที่ได้ พบว่า การทดลองที่ 3 ได้ถ่านมั่งคุดที่สมบูรณ์ 0.2 กิโลกรัม ซึ่งได้ปริมาณถ่านมั่งคุดที่สมบูรณ์น้อยกว่า การทดลองที่ 1 แต่มากกว่าการทดลองที่ 3 คือ อยู่ที่ 0.3 กิโลกรัม แต่ยังไม่พบถ่านมั่งคุดที่แตกอยู่เลยในการทดลองที่ 1 จะเห็นได้ว่า ความชื้นและเวลาที่ใช้เผาส่งผลต่อถ่านมั่งคุดที่ได้ เนื่องจากแต่ละการทดลองใช้เวลาเท่ากันแต่มีความชื้นต่างกัน และน้ำหนักของไม้พื้นก็ต่างกัน ด้วย

ตารางที่ 4.2 การศึกษาการเผาถ่านจากมังคุดโดยใช้เตา สจล.51 ในรูปแบบการใส่ผลมังคุดลงในกล่องเหล็ก

รายการวิเคราะห์ผล	การทดลองที่			เฉลี่ย
	1	2	3	
น้ำหนักไม้พื้ภายในเตา (กิโลกรัม)	60	67	64	63.66
น้ำหนักไม้เชื้อไฟ (กิโลกรัม)	7.80	6.70	7.70	7.40
ค่าความชื้นของไม้พื้ (%ฐานเปียก)	25.80	32.40	28.20	28.80
ระยะเวลาในการเผาทั้งหมด (ชั่วโมง)	3.25	3.25	3.25	3.25
น้ำหนักถ่านจากมังคุด (กิโลกรัม)	0.30	0.30	0.43	0.37
น้ำหนักมังคุดที่เป็นถ่านสมบูรณ์ (กิโลกรัม)	0.30	0.20	0.30	0.26
น้ำหนักถ่านมังคุดที่แตก (กิโลกรัม)	0.00	0.10	0.13	0.11
น้ำหนักถ่านไม้พื้ (กิโลกรัม)	9.00	13.00	16.52	12.84
น้ำหนักถ่านไม้พื้ (กิโลกรัม)	8.00	5.00	7.00	6.66
ผลผลิตถ่านจากมังคุด (%)	20.00	20.00	28.67	24.67
เปอร์เซ็นต์การผลิตถ่านจากมังคุดที่สมบูรณ์ (%)	20.00	13.33	20.33	17.77
เปอร์เซ็นต์การผลิตถ่านจากไม้พื้ (%)	15.00	20.31	23.88	20.16

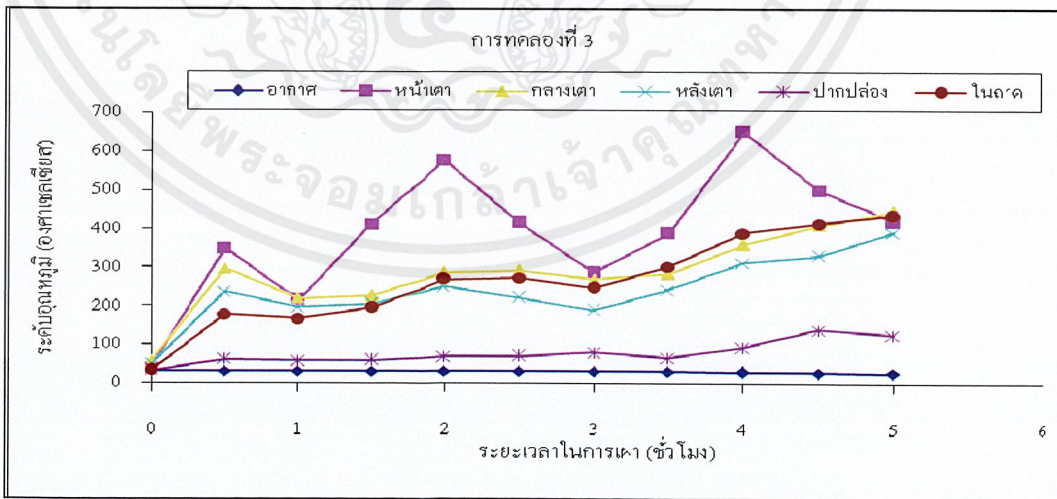
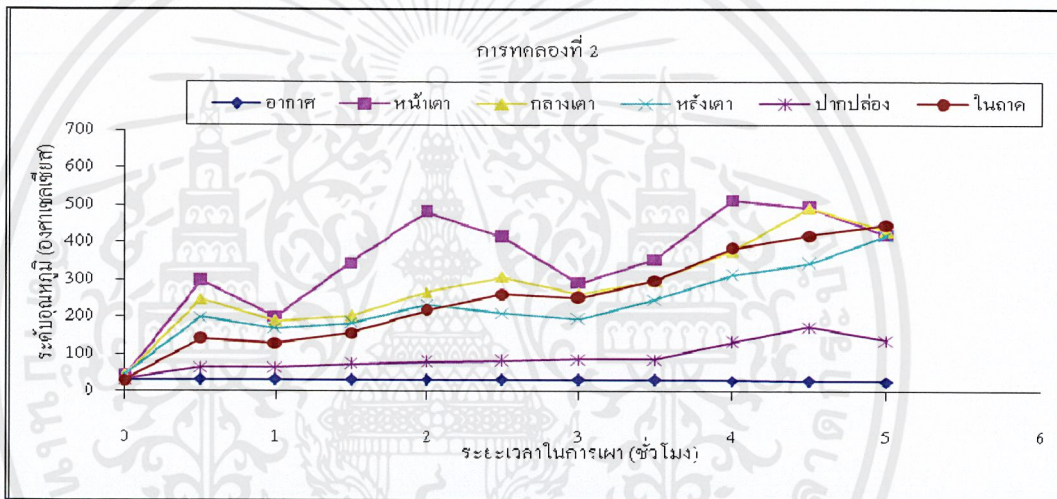
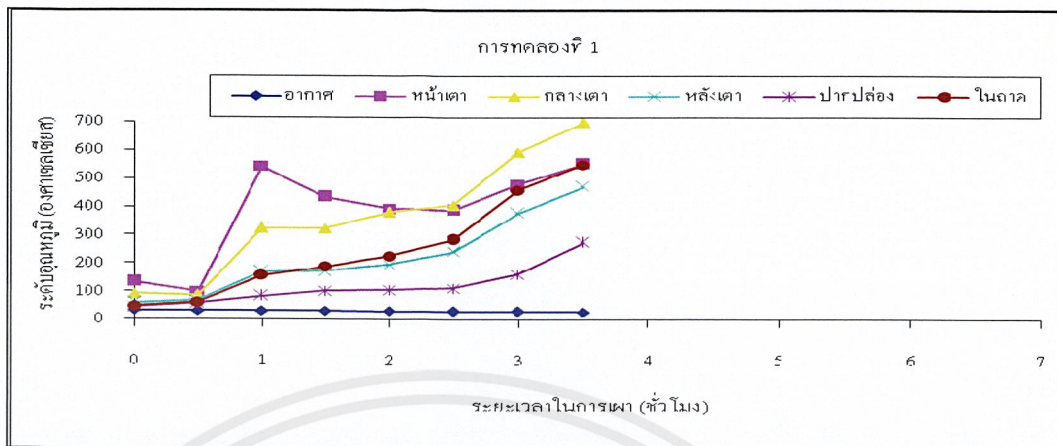
จากการทดสอบการผลิตถ่านจากผลมังคุดโดยใช้ลงในกล่องเหล็ก มีปริมาณไม้พื้บรรจุในห้องเผาไหม้เฉลี่ย 63.66 กิโลกรัม แต่การจุไฟหน้าเตาเพื่อเริ่มกระบวนการเผาไหม้ภายในเตาหรือห้องเผาไหม้มีปริมาณไม้เชื้อไฟที่ใกล้เคียงกัน เฉลี่ย คือ 7.4 กิโลกรัม ค่าความชื้น (ฐานเปียก) ของไม้พื้เฉลี่ย 28.80% มีกระบวนการเผาไหม้ภายในเตาเป็นเวลาเฉลี่ย 3.25 ชั่วโมง หลังจากปิดเตาเพื่อหยุดกระบวนการเผาไหม้ ให้ถ่านภายในเตาเย็นตัวลงเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นจึงทำการเปิดเตา พบว่า จากการเผาไหม้ภายในเตาได้ถ่านมังคุดที่สมบูรณ์เฉลี่ย 0.26 กิโลกรัม มีปริมาณถ่านมังคุดที่แตกเฉลี่ย 0.11 กิโลกรัม ซึ่งไม่มีมังคุดที่ไม่ถูกเผาหรือถ่านมังคุดหลงเหลืออยู่เลยภาย เมื่อพิจารณามังคุดที่กลายเป็นถ่าน โดยไม่รวมมังคุดที่แตกมีเปอร์เซ็นต์การผลิตประมาณ 17.77 เปอร์เซ็นต์ และได้ปริมาณถ่านจากไม้พื้เฉลี่ย 12.84 กิโลกรัม โดยมีไม้พื้ที่ไม่ถูกเผาหรือถ่านเฉลี่ย 6.66 กิโลกรัม เมื่อพิจารณาไม้พื้ที่กลายเป็นถ่านไม่รวมถ่าน มีเปอร์เซ็นต์การผลิตประมาณ 20.16 เปอร์เซ็นต์

4.3 รูปแบบการเรียงมังคุดลงในถาดเหล็ก แล้วนำไปเผาในตู้อาถึงน้ำมัน 200 ลิตร ได้แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลไว้ดังตารางที่ 4.3 มีผลการทดลองดังต่อไปนี้

การทดลองที่ 1 เริ่มทดลองในเวลา 15.40 นาฬิกา ใช้ไม้พินในการเผาจำนวน 66 กิโลกรัม โดยมีค่าความชื้น (ฐานเปียก) 32.21 เปอร์เซ็นต์ ใช้ไม้พินเชื้อไฟจุดหน้าเตา 7.3 กิโลกรัม โดยอุณหภูมิเริ่มต้นของอากาศทั่วไป หน้าเตา กลางเตา ท้ายเตา ปากปล่อง และในถาด อยู่ที่อุณหภูมิ 32.00, 132.80, 92.00, 60.00, 43.90 และ 47.50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไป อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เริ่มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง สีของควันเริ่มขุ่น เริ่มมีน้ำส้มควันไม้ออกมาจากปากปล่องของเตา สังเกตสีของควันที่พุ่งออกมาจากปล่อง จะมีสีขาวขุ่น โดยอุณหภูมิเริ่มต้นของอากาศทั่วไป หน้าเตา กลางเตา ท้ายเตา ปากปล่อง และในถาด อยู่ที่อุณหภูมิ 30.1, 392.9, 380.2, 195, 105.3 และ 224.6 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และเมื่อเวลาผ่านไป 3.5 ชั่วโมง จึงหยุดกระบวนการเผาไหม้ แล้วทำการปิดเตา จากนั้นปล่อยให้เย็นตัวประมาณ 12 ชั่วโมง แล้วจึงเปิดเตา เพื่อนำปริมาณผลผลิตหลังการเผามาชั่ง ได้ปริมาณถ่านจากมังคุดที่สมบูรณ์หนัก 0.1 กิโลกรัม ปริมาณถ่านมังคุดที่แตก 0.2 กิโลกรัม โดยไม่มีมังคุดที่ไม่ถูกเผาหรือสันถ่านมังคุดหลงเหลืออยู่เลยภายในถาด และได้ปริมาณถ่านจากไม้พิน 16 กิโลกรัม โดยมีไม้ที่ถูกเผาหรือสันถ่าน 4 กิโลกรัม อยู่ภายในเตา

การทดลองที่ 2 เริ่มทดลองในเวลา 18:45 นาฬิกา ใช้ไม้พินในการเผาจำนวน 64 กิโลกรัม โดยมีค่าความชื้น (ฐานเปียก) 26.03 เปอร์เซ็นต์ ใช้ไม้พินเชื้อไฟจุดหน้าเตา 9.2 กิโลกรัม โดยอุณหภูมิเริ่มต้นของอากาศทั่วไป หน้าเตา กลางเตา ท้ายเตา ปากปล่อง และในถาด อยู่ที่อุณหภูมิ 30.3, 33.8, 41.4, 43.2, 31.9 และ 29.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไป อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เริ่มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง สีของควันเริ่มขุ่น เริ่มมีน้ำส้มควันไม้ออกมาจากปากปล่องของเตา สังเกตสีของควันที่พุ่งออกมาจากปล่อง จะมีสีขาวขุ่น โดยอุณหภูมิเริ่มต้นของอากาศทั่วไป หน้าเตา กลางเตา ท้ายเตา ปากปล่อง และในถาด อยู่ที่อุณหภูมิ 30.3, 480.9, 266, 232.3, 77.7 และ 155 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และเมื่อเวลาผ่านไป 5 ชั่วโมง จึงหยุดกระบวนการเผาไหม้ แล้วทำการปิดเตา จากนั้นปล่อยให้เย็นตัวประมาณ 12 ชั่วโมง แล้วจึงเปิดเตา เพื่อนำปริมาณผลผลิตหลังการเผามาชั่ง ได้ปริมาณถ่านจากมังคุดที่สมบูรณ์หนัก 0.2 กิโลกรัม ปริมาณถ่านมังคุดที่แตก 0.14 กิโลกรัม โดยไม่มีมังคุดที่ไม่ถูกเผาหรือสันถ่านมังคุดหลงเหลืออยู่เลยภายในถาด และได้ปริมาณถ่านจากไม้พิน 15 กิโลกรัม โดยมีไม้ที่ถูกเผาหรือสันถ่าน 4 กิโลกรัม อยู่ภายในเตา

การทดลองที่ 3 เริ่มทดลองในเวลา 18:50 นาฬิกา ใช้ไม้พินในการเผาจำนวน 60 กิโลกรัม โดยมีค่าความชื้น (ฐานเปียก) 32.95 เปอร์เซ็นต์ ใช้ไม้พินเชื้อไฟจุดหน้าเตา 8 กิโลกรัม โดยอุณหภูมิเริ่มต้นของอากาศทั่วไป หน้าเตา กลางเตา ท้ายเตา ปากปล่อง และในถาด อยู่ที่อุณหภูมิ 30.3, 38, 55.8, 49.9, 39.6, และ 31 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไป อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เริ่มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง สีของควันเริ่มขุ่น เริ่มมีน้ำส้มควันไม้ ออกมาจากปากปล่องของเตา สังเกตสีของควันที่พุ่งออกมาจากปล่อง จะมีสีขาวขุ่น โดยอุณหภูมิ เริ่มต้นของอากาศทั่วไป หน้าเตา กลางเตา ท้ายเตา ปากปล่อง และในถาด อยู่ที่อุณหภูมิ 30.3, 287.1, 269.3, 188.5, 78.5 และ 245.4 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และเมื่อเวลาผ่านไป 5 ชั่วโมง จึงหยุดกระบวนการเผาไหม้ แล้วทำการปิดเตา จากนั้นปล่อยเตาทิ้งไว้ให้เย็นตัวประมาณ 12 ชั่วโมง แล้วจึงเปิดเตา เพื่อนำปริมาณผลผลิตหลังการเผามาชั่ง ได้ปริมาณถ่านจากมังกุดที่ สมบูรณ์หนัก 0.18 กิโลกรัม ปริมาณถ่านมังกุดที่แตก 0.16 กิโลกรัม โดยไม่มีมังกุดที่ไม่ถูกเผาหรือ สิ้นถ่านมังกุดหลงเหลืออยู่เลยภายในถาด และได้ปริมาณถ่านจากไม้พิน 13 กิโลกรัม โดยมีไม้ที่ถูกเผาหรือสิ้นถ่าน 6 กิโลกรัม อยู่ภายในเตา



ภาพที่ 4.4 อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ของการเผาในรูปแบบการเรียงผลมั่งคุดลงในถาดเหล็ก แล้วนำไปเผาในตัวเตาถึงน้ำมัน 200 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบการผลิตถ่านมัจจุตในรูปแบบการเรียงผลมัจจุตลงในถาดเหล็ก มีปริมาณมัจจุตและค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของมัจจุตในแต่ละการทดลองที่เท่ากัน แต่มีความชื้นและน้ำหนักของไม้ฟืนของการทดลองในแต่ละการทดลองที่แตกต่างกัน เนื่องจาก ลักษณะ การเรียง และขนาดของท่อนไม้ ไม่เหมือนกันสามารถดูข้อมูลได้ดังตารางที่ 4.3 จากการทดลอง พบว่าการทดลองที่ 1 ใช้ไม้ฟืนในการเผาจำนวน 66 กิโลกรัม ซึ่งมากกว่าการทดลองที่ 2 และ 3 คือ อยู่ที่ 62 และ 60 กิโลกรัม โดยความชื้นของการทดลองที่ 2 คือ 26.03 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างจากเปอร์เซ็นต์ความชื้นของการทดลองที่ 1 และ 3 มาก ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 32.21 และ 32.95 เปอร์เซ็นต์ จึงทำให้อุณหภูมิในถาดของการทดลองที่ 2 ในถาดเหล็ก สูงถึง 549 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าสูงที่สุดของการทดลอง ส่งผลให้ระยะเวลาในการเผาเร็วถึง 3.5 ชั่วโมง ซึ่งแตกต่างจากการทดลองที่ 1 และ 3 ที่มีระยะเวลาในการเผาเท่ากัน คือ 5 ชั่วโมง เมื่อพิจารณาปริมาณผลผลิตของการทดลองที่ได้ พบว่าการทดลองที่ 2 ได้ถ่านมัจจุตที่สมบูรณ์ 0.2 กิโลกรัม ซึ่งมากกว่าปริมาณถ่านมัจจุตสมบูรณ์ที่เผาได้ของการทดลองที่ 1 และ 3 คือ 0.10 และ 0.18 กิโลกรัม และยังพบว่าทั้ง 3 การทดลองยังมีปริมาณถ่านมัจจุตที่แตกอยู่ คือ 0.2 , 0.14 , และ 0.16 กิโลกรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 การศึกษาการเผาถ่านจากมังคุดโดยใช้เตา สจล.51 ในรูปแบบการใส่มังคุดลงใน ถาดเหล็ก

รายการวิเคราะห์ผล	การทดลองที่			เฉลี่ย
	1	2	3	
น้ำหนักไม้พินภายในเตา (กิโลกรัม)	66.00	64.00	60.00	63.33
น้ำหนักไม้เชื้อไฟ (กิโลกรัม)	7.30	9.20	8.00	8.11
ค่าความชื้นของไม้พิน (%ฐานเปียก)	32.21	26.03	32.95	30.39
ระยะเวลาในการเผาทั้งหมด (ชั่วโมง)	3.50	5.00	5.00	4.50
น้ำหนักถ่านมังคุด (กิโลกรัม)	0.30	0.34	0.34	0.33
น้ำหนักมังคุดที่เป็นถ่านสมบูรณ์ (กิโลกรัม)	0.10	0.20	0.18	0.16
น้ำหนักถ่านมังคุดที่แตก (กิโลกรัม)	0.20	0.14	0.16	0.17
น้ำหนักถ่านไม้พิน (กิโลกรัม)	16.00	15.00	13.00	14.66
น้ำหนักถ่านไม้พิน (กิโลกรัม)	4.00	4.00	6.00	4.66
ผลผลิตถ่านจากมังคุด (%)	20.00	22.66	22.66	22.00
เปอร์เซ็นต์การผลิตถ่านจากมังคุดที่สมบูรณ์ (%)	6.67	13.33	12.00	10.67
เปอร์เซ็นต์การผลิตถ่านจากไม้พิน (%)	24.24	23.43	21.67	23.11

จากการทดสอบการผลิตถ่านจากมังคุดโดยเรียงมังคุดลงในถาดถาดเหล็ก มีปริมาณไม้พินบรรจุในห่อเผาใหม่เฉลี่ย 63.33 กิโลกรัม แต่การจุดไฟหน้าเตาเพื่อเริ่มกระบวนการเผาใหม่ภายในเตาหรือห่อเผาใหม่มีปริมาณไม้เชื้อไฟที่ใกล้เคียงกัน เฉลี่ย คือ 8.17 กิโลกรัม ค่าความชื้นของไม้พินเฉลี่ย 30.39% มีกระบวนการเผาใหม่ภายในเตาเป็นเวลาเฉลี่ย 4.50 ชั่วโมง หลังจากปิดเตาเพื่อหยุดกระบวนการเผาใหม่ เพื่อให้ถ่านภายในเตาเย็นตัวลงเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นจึงทำการปิดเตา พบว่า จากการเผาใหม่ภายในเตาได้ถ่านมังคุดที่สมบูรณ์เฉลี่ย 0.16 กิโลกรัม มีปริมาณถ่านมังคุดที่แตกเฉลี่ย 0.17 กิโลกรัม ซึ่งไม่มีมังคุดที่ไม่ถูกเผาหรือถ่านมังคุดหลงเหลืออยู่เลย ภาย เมื่อพิจารณามังคุดที่กลายเป็นถ่าน โดยไม่รวมมังคุดที่แตกมีเปอร์เซ็นต์การผลิตประมาณ 10.67 เปอร์เซ็นต์ และได้ปริมาณถ่านจากไม้พินเฉลี่ย 14.66 กิโลกรัม โดยมีไม้พินที่ไม่ถูกเผาหรือถ่านเฉลี่ย 54.66 กิโลกรัม เมื่อพิจารณาไม้พินที่กลายเป็นถ่านไม่รวมถ่าน มีเปอร์เซ็นต์การผลิตประมาณ 23.11 เปอร์เซ็นต์

3. ผลการเปรียบเทียบในการผลิตถ่านจากผลมังคุดในรูปแบบต่างๆ

จากการทดสอบการผลิตถ่านจากมังคุด ในรูปแบบการบรรจุมังคุดลงในป๊อบ การใส่มังคุดลงในกล่องเหล็ก และการเรียงมังคุดลงในถาดเหล็ก ได้แสดงผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบรูปแบบในการเผาถ่านมังคุด

รายการวิเคราะห์ผล	รูปแบบ		
	ป๊อบ	กล่องเหล็ก	ถาดเหล็ก
น้ำหนักไม้ฟืนภายในเตา (กิโลกรัม)	66.00	63.66	63.33
น้ำหนักไม้เชื้อไฟ (กิโลกรัม)	6.90	6.70	8.17
น้ำหนักมังคุดที่เผา (กิโลกรัม)	1.50	1.50	1.50
ค่าความชื้นของไม้ฟืน (%ฐานเปียก)	30.44	28.80	30.39
ระยะเวลาในการเผาทั้งหมด (ชั่วโมง)	7.10	3.25	4.50
น้ำหนักมังคุดที่เป็นถ่านสมบูรณ์ (กิโลกรัม)	0.18	0.26	0.16
น้ำหนักถ่านมังคุดที่แตก (กิโลกรัม)	0.13	0.11	0.17
น้ำหนักถ่านไม้ฟืน (กิโลกรัม)	15.00	12.84	14.66
น้ำหนักถ่านไม้ฟืน (กิโลกรัม)	5.00	6.66	4.66
เปอร์เซ็นต์การผลิตถ่านมังคุด (เปอร์เซ็นต์)	12.22	17.77	1.67
เปอร์เซ็นต์ถ่านไม้ฟืน (เปอร์เซ็นต์)	22.72	20.16	23.11

จากการทดลองรูปแบบในการผลิตถ่านจากมังคุด พบว่า รูปแบบของการใส่มังคุดลงในกล่องเหล็ก ใช้เวลาในการเผาที่น้อยที่สุด คือ 3.25 ชั่วโมง และได้ถ่านมังคุดที่สมบูรณ์มากที่สุด คือ 0.26 กิโลกรัม ซึ่งการทดลองในรูปแบบของการใส่มังคุดลงในป๊อบ และการใส่มังคุดลงในถาดเหล็ก ได้ปริมาณถ่านมังคุดที่สมบูรณ์เพียง 0.18 และ 0.16 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งรูปแบบการเผาโดยการใส่มังคุดลงในกล่องเหล็ก มีปริมาณถ่านมังคุดที่แตกน้อยที่สุด คือ 0.11 กิโลกรัม ส่วนการทดลองในรูปแบบของการใส่มังคุดลงในป๊อบ และการใส่มังคุดลงในถาดเหล็ก มีปริมาณถ่านมังคุดที่แตก คือ 0.13 และ 0.17 กิโลกรัม โดยการทดลองในรูปแบบการใส่มังคุดลงในกล่องเหล็ก ได้เปอร์เซ็นต์การผลิตถ่านจากผลมังคุดสูงที่สุด คือ 17.77 เปอร์เซ็นต์ และการทดลองในรูปแบบของการใส่มังคุดลงในป๊อบ และการใส่มังคุดลงในถาดเหล็ก ได้เปอร์เซ็นต์การผลิตถ่านจากมังคุด

เท่ากับ 12.22 และ 1.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งข้อมูลที่ได้กล่าวมานี้ชี้ให้เห็นว่า การผลิตถ่านจากมังคุดในรูปแบบของการใส่มังคุดลงในกล่องเหล็กเป็นวิธีการที่ดีกว่า วิธีการของการทดลองในรูปแบบของการใส่มังคุดลงในปื๊บ และการใส่มังคุดลงในถาดเหล็ก

4.วิจารณ์ผล

การวิจัยการศึกษาการผลิตถ่านจากผลมังคุด ในครั้งนี้ เพื่อต้องการให้มังคุดที่เหลือทิ้งหลังฤดูการเก็บเกี่ยว ที่ร่วงหล่นบริเวณใต้ต้นมังคุด ภายในสวนของเกษตรกร เพราะมีปริมาณมากเกินความต้องการของตลาด โดยได้มาจากการเก็บข้อมูล เพื่อหาปริมาณความสูญเสียของผลมังคุด ภายในสวนของเกษตรกร พบว่า ผลมังคุดที่ร่วงหล่นในแต่ละต้น มีปริมาณความสูญเสียมากถึง สนวนละ 2.44 กิโลกรัมต่อต้น เฉลี่ยประมาณ 23 – 25 ผลต่อต้น ซึ่งในพื้นที่ 1 ไร่ สามารถปลูกมังคุดได้ ประมาณ 160 ต้นต่อไร่ เพราะฉะนั้น จะมี ผลมังคุดที่เหลือทิ้ง ประมาณ 390.4 กิโลกรัมต่อไร่ หรือคิดเป็น 3,900 – 4,000 ผลต่อไร่ จากการทดสอบการผลิตถ่านจากผลมังคุด พบว่า จากการนำผลมังคุดไปเผาเพื่อผลิตเป็นถ่าน จำนวน 1.5 กิโลกรัม จะได้ผลผลิตจากถ่านผลมังคุดที่สมบูรณ์ ประมาณ 0.16 – 0.26 กิโลกรัม โดยถ่านจากผลมังคุดในแต่ละชิ้น หนักประมาณ 4 กรัมต่อชิ้น ถ้าเผาผลมังคุดจำนวน 1 กิโลกรัม จะได้ถ่านจากมังคุดที่สมบูรณ์ประมาณ 3 - 5 ผลต่อครั้ง ส่วนถ่านจากมังคุดที่แตกสามารถนำไปบดให้เป็นผงถ่านจากผลมังคุดเพื่อจำหน่ายได้ และถ่านมังคุดที่ร่วงหล่นใต้ต้นมังคุดหลังฤดูการเก็บเกี่ยว มาผลิตเป็นถ่านจากมังคุด จะได้ถ่านจากมังคุดที่สมบูรณ์ ประมาณ 1,171 – 1,952 ผลต่อไร่ ถ้าหากนำถ่านจากผลมังคุดที่ได้ไปใส่บรรจุภัณฑ์ให้สวยงาม จะเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่า ของถ่านจากผลมังคุดมากยิ่งขึ้น ถึงราคาชิ้นละประมาณ 5 – 10 บาท ต่อชิ้น สามารถเพิ่มมูลค่าเป็นเงินแล้วได้ประมาณ 7,800 – 15,000 บาทต่อผลมังคุดที่นำมาผลิตเป็นถ่านที่เก็บมาจากพื้นที่ 1 ไร่ ส่วนไม้พืชนำมาใช้ในการเผาได้มาจากการตัดแต่งกิ่งผลไม้ต่างๆ ในสวนของเกษตรกร ในก่อนฤดูการเก็บเกี่ยวผลไม้ ซึ่งจะได้ถ่านจากไม้พืชนำมาใช้ในการครัวเรือนและนำออกจำหน่ายได้ ซึ่งนับว่าเป็นการเพิ่มมูลค่า ให้แก่ผลมังคุดที่ไม่เป็นที่ต้องการของตลาด และมีราคาตกต่ำทำให้เกิดประโยชน์ เพื่อสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรและชุมชนได้เป็นอย่างดี จากการศึกษาการผลิตถ่านจากมังคุดในแต่ละรูปแบบ ของการวิจัยในครั้งนี้ ได้อาศัยรูปแบบการเติมเชื้อไฟหน้าเตา ของเตาผลิตน้ำส้มควันไม้ของเตา สจล.51 ที่ทำมาจากถ่านน้ำมัน 200 ลิตร เนื่องจาก สามารถจุดไฟและควบคุมอุณหภูมิได้ง่าย จึงได้นำมาใช้ในการทดสอบการผลิตถ่านจากผลมังคุด ในการผลิตถ่านจากผลมังคุด ของงานวิจัยในครั้งนี้ ได้กำหนดรูปแบบในการผลิตถ่านจากผลมังคุด ไว้คือ การบรรจุผลมังคุดลงในปื๊บ การใส่ผลมังคุดลงในกล่องเหล็ก และการเรียงผลมังคุดลงในถาดเหล็ก จากการทดสอบการผลิตถ่านจากผลมังคุด พบว่า การผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารทงสวนไวสำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปเผยแพร่ชนดานการคา

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ่านจากผลมังคุดในรูปแบบของการใส่ผลมังคุดลงในกล่องเหล็ก เป็นวิธีที่ดีกว่า การผลิตถ่านจากผลมังคุดในรูปแบบการบรรจุผลมังคุดลงในป๊อบ และรูปแบบการเรียงผลมังคุดลงในถาดเหล็ก เนื่องจากใช้เวลาและมีปริมาณถ่านจากผลมังคุดที่แตกน้อยกว่า ได้ปริมาณถ่านมังคุดที่สมบูรณ์ และเปอร์เซ็นต์การผลิตถ่านจากมังคุดที่สมบูรณ์ที่มากกว่า หากพิจารณา จากภาวะที่ใช้บรรจุในแต่ละรูปแบบ การผลิตถ่านจากผลมังคุด คือ ป๊อบ กล่องเหล็ก และถาดเหล็ก ที่ใช้ในการทดสอบของงานวิจัยในครั้งนี้ จะเห็นว่า การใส่มังคุดลงในกล่องเหล็ก สามารถใส่มังคุด ได้ประมาณ 7 กิโลกรัมต่อกล่อง เฉลี่ยประมาณ 70 ผลต่อกล่อง โดยผลิตถ่านจากมังคุดได้ผลผลิตที่สมบูรณ์ประมาณ 17.37% ส่วนการบรรจุผลมังคุดลงในป๊อบ สามารถบรรจุผลมังคุดได้ประมาณ 2 กิโลกรัมต่อป๊อบ เฉลี่ยประมาณ 30 ผลต่อป๊อบ โดยได้ผลผลิตจากถ่านมังคุดที่สมบูรณ์ประมาณ 16.00% และการผลิตถ่านจากมังคุดในรูปแบบการเรียงผลมังคุดลงในถาดเหล็ก สามารถเรียงผลมังคุดลงในถาดเหล็กได้เพียง 1.5 กิโลกรัมต่อถาด เฉลี่ยประมาณ 15 ผล โดยได้ถ่านจากมังคุดที่สมบูรณ์ประมาณ 11.30% จากผลการทดลองการผลิตถ่านจากผลมังคุดของงานวิจัยในครั้งนี้ ที่ให้เห็นว่าการผลิตถ่านจากมังคุดในรูปแบบการใส่ผลมังคุดลงในกล่องเหล็ก เป็นวิธีที่มีแนวโน้ม ที่ได้ผลผลิตถ่านจากผลมังคุดที่สูงกว่าการผลิตถ่านจากผลมังคุดในรูปแบบการบรรจุผลมังคุดลงในป๊อบ และการเรียงผลมังคุดใส่ลงในถาดเหล็ก

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1.สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการผลิตถ่านจากผลมังคุด ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาหาปริมาณความสูญเสียของผลมังคุด เพื่อนำมาเป็นข้อมูล ในการทดสอบการผลิตถ่านจากผลมังคุด โดยมีการสรุปผล ดังนี้

1.1 การหาปริมาณความสูญเสียของผลมังคุด เป็นการเก็บข้อมูลความสูญเสียของผลมังคุดหลังฤดูการเก็บเกี่ยวในสวนของเกษตรกร โดยเก็บผลมังคุดที่ร่วงหล่น ได้ต้นมังคุด ในปลายฤดูการเก็บเกี่ยวมาซึ่งน้ำหนัก ในวิธีการสุ่มแบบไม่เลือก สาเหตุที่เกษตรกรชาวสวนมังคุดปล่อยให้ผลมังคุดหล่นได้ต้นโดยไม่นำมาจำหน่าย เนื่องจาก มังคุดเริ่มมีการล้นตลาดในช่วงปลายฤดูการซึ่งหากนำไปจำหน่ายอาจไม่คุ้มกับค่าใช้จ่ายในการเดินทาง จากการทดสอบหาปริมาณความสูญเสียของมังคุดในสวนของเกษตรกร มีปริมาณความสูญเสีย เฉลี่ย 2.44 กิโลกรัมต่อต้น

1.2 ผลการทดสอบเตาผลิตถ่านจากผลมังคุด ในการดำเนินการทดลอง ได้ทำการทดลอง ณ แปลงกสิกรรมยั่งยืน สาขาวิชาพัฒนากการเกษตรและการจัดการทรัพยากร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง การทดสอบได้อาศัยรูปแบบของเตา สจล.51 สามารถจำแนกลักษณะของตัวเตาออกได้เป็น 3 ส่วน คือ ส่วนห้องเผาไหม้ ปล่องควันระบายอากาศ ช่องใส่เชื้อเพลิง ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 รูปแบบ คือ การทดสอบการผลิตถ่านจากผลมังคุดโดยการนำผลมังคุดบรรจุลงในปี๊บ การใส่ผลมังคุดลงในกล่องเหล็ก และการการเรียงผลมังคุดลงในถาดเหล็ก ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 รูปแบบ ใช้มังคุดในแต่ละการทดลอง การทดลองละ 1.5 กิโลกรัม โดยมีค่าความชื้น (ฐานเปียก) อยู่ที่ 49.47 เปอร์เซ็นต์ แต่ละรูปแบบของการผลิตถ่านจากผลมังคุดสามารถอภิปรายผลได้ ดังนี้

- การทดสอบการผลิตถ่านจากผลมังคุดโดยบรรจุมังคุดลงในปี๊บ มีปริมาณไม้พินบรรจุในห้องเผาไหม้ 66 กิโลกรัม ปริมาณไม้เชื้อไฟ 6.96 กิโลกรัม ค่าความชื้น (ฐานเปียก) ของไม้พิน 30.44 เปอร์เซ็นต์ มีกระบวนการเผาไหม้ภายในเตาเป็นเวลา 7.10 ชั่วโมง ถ่านมังคุดที่สมบูรณ์ 0.18 กิโลกรัม มีปริมาณถ่านมังคุดที่แตก 0.13 กิโลกรัม มีเปอร์เซ็นต์การผลิตถ่านมังคุดที่สมบูรณ์ 12.22 เปอร์เซ็นต์ และได้ปริมาณถ่านจากไม้พิน 15 กิโลกรัม โดยมีไม้พินที่ไม่ถูกเผาหรือสิ้นถ่าน 5 กิโลกรัม และมีเปอร์เซ็นต์การผลิตถ่าน 22.72 เปอร์เซ็นต์

- จากการทดสอบการผลิตถ่านจากผลมังคุดโดยใส่ผลมังคุดลงในกล่องเหล็ก มีปริมาณไม้พินบรรจุในห้องเผาไหม้ 63.66 กิโลกรัม มีปริมาณไม้เชื้อไฟ 7.40 กิโลกรัม ค่าความชื้น (ฐานเปียก)

ของไม้พิน 28.80 เปอร์เซ็นต์ มีกระบวนการเผาไหม้ภายในเตาเป็นเวลา 3.25 ชั่วโมง ได้ถ่านมั่งคุดที่สมบูรณ์ 0.26 กิโลกรัม มีปริมาณถ่านมั่งคุดที่แตก 0.11 กิโลกรัม มีเปอร์เซ็นต์การผลิตถ่านมั่งคุดที่สมบูรณ์ 17.77 เปอร์เซ็นต์ และได้ปริมาณถ่านจากไม้พิน 12.84 กิโลกรัม และมีเปอร์เซ็นต์การผลิตถ่าน 20.16 เปอร์เซ็นต์

- การทดสอบการผลิตถ่านจากผลมั่งคุดโดยเรียงลงในถาด มีปริมาณไม้พินบรรจุในห่อเผาไหม้ 63.33 กิโลกรัม มีปริมาณไม้เชื้อไฟ 8.11 กิโลกรัม ค่าความชื้น (ฐานเปียก) ของไม้พิน 30.39 เปอร์เซ็นต์ มีกระบวนการเผาไหม้ภายในเตาเป็นเวลา 4.50 ชั่วโมง ได้ถ่านมั่งคุดที่สมบูรณ์ 0.16 กิโลกรัม มีปริมาณถ่านมั่งคุดที่แตก 0.17 กิโลกรัม มีเปอร์เซ็นต์การผลิตถ่านมั่งคุดที่สมบูรณ์ 10.67 เปอร์เซ็นต์ และได้ปริมาณถ่านจากไม้พิน 14.66 กิโลกรัม โดยมีไม้พินที่ไม่ถูกเผาหรือสันถ่านไม้พินเฉลี่ย 4.66 กิโลกรัม มีเปอร์เซ็นต์การผลิตถ่านประมาณ 23.11 เปอร์เซ็นต์

การศึกษากการผลิตถ่านจากผลมั่งคุด ผลิตเป็นถ่านจากผลมั่งคุด เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลมั่งคุดที่ไม่เป็นที่ต้องการของตลาดมาทำให้เกิดประโยชน์ ซึ่งผลมั่งคุดมีปริมาณความสูญเสียถึง สนวนละ 23 – 25 ผลต่อต้น ในพื้นที่ 1 ไร่ สามารถปลูกมั่งคุดได้ ประมาณ 160 ต้นต่อไร่ เฉลี่ย ประมาณ 3,900 – 4,000 ผลต่อไร่ ถ้าเผาผลมั่งคุดจำนวน 1 กิโลกรัม จะได้ถ่านจากมั่งคุดที่สมบูรณ์ประมาณ 3 - 5 ผล หากนำไปใส่บรรจุภัณฑ์ให้สวยงาม จะเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่า ได้ ประมาณ 5 – 10 บาทต่อผล ซึ่งนับว่าเป็นการเพิ่มมูลค่า ให้แก่ผลมั่งคุดที่ไม่เป็นที่ต้องการของตลาด มาทำให้เกิดประโยชน์ และสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรและชุมชนได้เป็นอย่างดี จากการทดสอบการผลิตถ่านจากผลมั่งคุดในรูปแบบต่างๆ พบว่า การผลิตถ่านจากผลมั่งคุดในรูปแบบการใส่ผลมั่งคุดลงในกล่องเหล็ก ใช้เวลาในการเผาไหม้ภายในเตา และปริมาณถ่านมั่งคุดที่แตกน้อยที่สุด ได้ถ่านจากผลมั่งคุดที่สมบูรณ์ และเปอร์เซ็นต์การผลิตถ่านจากผลมั่งคุดมีค่าสูงสุด ซึ่งข้อมูลที่ได้กล่าวมานี้ ชี้ให้เห็นว่า การผลิตถ่านจากมั่งคุดในรูปแบบของการใส่ผลมั่งคุดลงในกล่องเหล็กเป็นวิธีการที่มีแนวโน้มในการผลิตถ่านจากมั่งคุด ดีกว่าวิธีการบรรจุผลมั่งคุดลงในบับและการเรียงผลมั่งคุดลงในถาดเหล็ก

2. ข้อเสนอแนะ

2.1 ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

1. จากการศึกษาพบว่า การใส่ผลมั่งคุดลงในกล่องได้ผลมีมากที่สุด ดังนั้น จึงควรมีเจ้าหน้าที่ นักวิชาการ มาให้ความรู้และวิธีที่ถูกต้องแก่เกษตรกร

2. จากการศึกษาพบว่า การผลิตถ่านจากมั่งคุดในครั้งนี้ยังมีถ่านมั่งคุดที่แตกอยู่ ดังนั้นควรให้นักวิชาการมาให้ความรู้เกี่ยวกับการพองไม่ให้ถ่านที่แตก รูปทรงที่ออกมาสวยงาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป

1. ไม่พินที่จะนำมาเผาควรรีบเอาไว้ให้แห้งก่อนเพื่อถ่ายต่อการติดไฟ
2. จากการศึกษาพบว่าการผลิตถ่านจากมังคุดในครั้งนี้นี้ยังมีถ่านมังคุดที่แตกอยู่ ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปจึงควรรหาอุณหภูมิและเวลาที่พอดีในการทดลองวิจัยครั้งต่อไป
3. นำผลไม้หรือของชนิดอื่นมาประยุกต์ในการวิจัยครั้งต่อไป



เอกสารอ้างอิง

- กมลเทพกิจ เจริญเสรี. 2544. เตาเผาเชื้อเพลิงชีวมวลแบบบอร์เทค. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร.
- การดิงภูมิปัญญาท้องถิ่นกลับมาใช้ในปัจจุบัน. 2552. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <http://rakya.igetweb.com/index.php?mo=3&art=372106>. 21 มีนาคม 2553.
- กิตติพงศ์ สุขศรีเมือง. 2544. เตาเผาชีวมวลแบบฟลูอิดไคซ์เบด. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร.
- โกศล มารมย์. 2547. การปลูกผลไม้ 10 ชนิด. กรุงเทพฯ : ซีแอนด์ เอ็น
- จรรยาพงศ์ เทียมประทีป. 2548. ศึกษาการเผาถ่านกะลามะพร้าวในถังน้ำมันแบบกึ่งต่อเนื่อง. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร.
- จิระพงษ์ คุหากาญจน์. 2550. การผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์เกษตรกรรมธรรมชาติ
- จันทร์ณรงค์ ปรากูร์ตัน. 2545. เตาเผาแกลบแบบบอร์เทค. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร.
- เฉลิมวรรณ ชูทรัพย์. 2539. เทคโนโลยีสำหรับชาวชนบท. กรุงเทพมหานคร : ศูนย์บริการเอกสารการวิจัยแห่งประเทศไทย
- ชาญชัย ลิ้มปียากร. 2544. การผลิตถ่านที่ถูกวิธีและประโยชน์. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.
- ถ่านคูดกลืนจากผลไม้. 2552. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <http://www.klaeng.tripod.com/0001.htm>. 8 เมษายน 2553.
- นฤมล มานีพพาน. 2544. การปลูกและการขยายพันธุ์มังคุดราชินีแห่งผลไม้. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ ส่งเสริมอาชีพธุรกิจ เพชรกระวีต
- นิดดา หงษ์วิวัฒน์ และ ทวีทอง หงษ์วิวัฒน์. 2550. ผลไม้ 111 ชนิดคุณค่าอาหารและการกิน. กรุงเทพฯ : แสงแดด
- ปราณีต งามเสน่ห์. 2539. เทคโนโลยีสำหรับชาวชนบท. กรุงเทพมหานคร : ศูนย์บริการเอกสารการวิจัยแห่งประเทศไทย

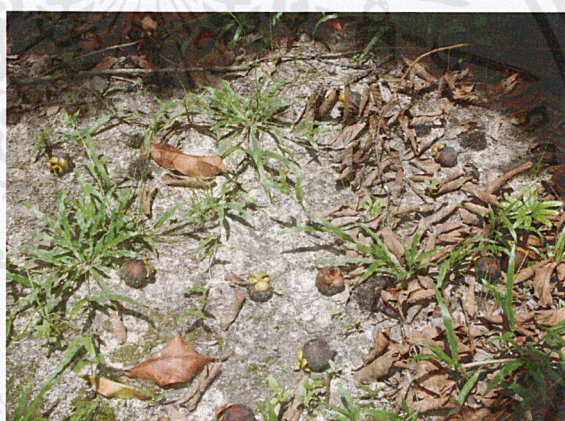
- ปานมณีส ศิริสมบุญ และคณะ. 2538. **สมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของซีวีสดู.** ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร
- ฝ่ายเทคนิค. 2545. "เตาเผาถ่านใช้ถังน้ำมัน 200 ลิตร". **เทคโนโลยีเพื่อการพึ่งตนเอง.** 11(1) : 5-6.
- เพยาร์ รอดโพธิ์ทอง 2539. **เทคโนโลยีสำหรับชาวชนบท.** กรุงเทพมหานคร : ศูนย์บริการเอกสารการวิจัยแห่งประเทศไทย
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านดูดกลืน. 2553. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <http://www.charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/standard1.php>. 2 มิถุนายน 2553.
- ลือพงษ์ ลือนาม และคณะ. 2551. **การผลิตน้ำส้มควันไม้จากเปลือกทุเรียน.** รายงานวิจัย ภาควิชาเทคนิคเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร
- ลือพงษ์ ลือนาม. 2551 **การผลิตน้ำส้มควันไม้จากไม้มะม่วง.** รายงานวิจัย ภาควิชาเทคนิคเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร
- ศูนย์วิจัยมังคุดแห่งชาติ. 2551. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.firstbim.com/news_thaimangosteen.html. 28 มิถุนายน 2553.
- ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร. 2552. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <http://www.nfi.or.th/mangosteen/th/ThaiMangosteen.asp>. 28 มิถุนายน 2553.
- สุรพล มนต์เสรี. 2550. **หลักการผลไม้.** กรุงเทพฯ : หจก.ภาพพิมพ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพภาคผนวก ภาพที่ 1 ตัวอย่างต้นมังคุดที่ทำการสุ่มตัวอย่างเก็บข้อมูลปริมาณความสูญเสียของผลมังคุดหลังฤดูการเก็บเกี่ยว



ภาพภาคผนวก ภาพที่ 2 ผลมังคุดที่ร่วงหล่นของต้นมังคุดที่ทำการเก็บตัวอย่างหลังฤดูการเก็บเกี่ยว



ภาพภาคผนวก ภาพที่ 3 ผลมังคุดที่เก็บรวบรวมได้ในแต่ละต้นที่ทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อจะนำไปชั่งน้ำหนักหาความสูญเสียของมังคุดหลังฤดูการเก็บเกี่ยว

ตารางที่ภาคผนวกที่ 1 ปริมาณความสูญเสียของมังคุดที่หล่นใต้ต้นหลังฤดูการเก็บเกี่ยว

สวนที่	ปริมาณความสูญเสียของมังคุดที่หล่นใต้ต้นหลังฤดูการเก็บเกี่ยว (กิโลกรัมต่อต้น)					
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ตัวอย่างที่ 4	ตัวอย่างที่ 5	เฉลี่ย
1	2	3.2	2	1	1.7	1.98
2	2	2.2	2.7	2	3	2.38
3	1.5	3	2.3	3	3.2	2.96
ปริมาณความสูญเสียของมังคุดที่หล่นใต้ต้นหลังฤดูการเก็บเกี่ยวเฉลี่ย 3 สวน						2.44



ภาพภาคผนวก ภาพที่ 4 ภาพการเก็บตัวอย่างไม้ฟืนเพื่อนำไปหาค่าความชื้นก่อนนำมาผลิตถ่าน



ภาพภาคผนวก ภาพที่ 5 ภาพการเลื่อยไม้ฟืนให้ได้ขนาดพอดีกับตัวเตาเพื่อนำไปเผาเพื่อการผลิตถ่าน



ภาพภาคผนวก ภาพที่ 6 การชั่งน้ำหนักไม้ฟืนก่อนนำเข้าเตาเพื่อให้ทราบปริมาณการใช้ไม้ฟืนในแต่ละรูปแบบ



ภาพภาคผนวก ภาพที่ 7 การเรียงไม้เข้าตัวเตา สจล.51



ภาพภาคผนวก ภาพที่ 8 ชั่งน้ำหนักของผลมังคุดก่อนนำเข้าผลิตถ่านในเตา สจล.51 เพื่อนำมาหาเปอร์เซ็นต์เป็นถ่านมังคุดที่สมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพภาคผนวก ภาพที่ 9 การวางภาชนะที่บรรจุไม้คูดการนำไปผลิตเป็นถ่าน



ภาพภาคผนวก ภาพที่ 10 การติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิก่อนการเผาเพื่อเก็บอุณหภูมิระหว่างการผลิตถ่าน

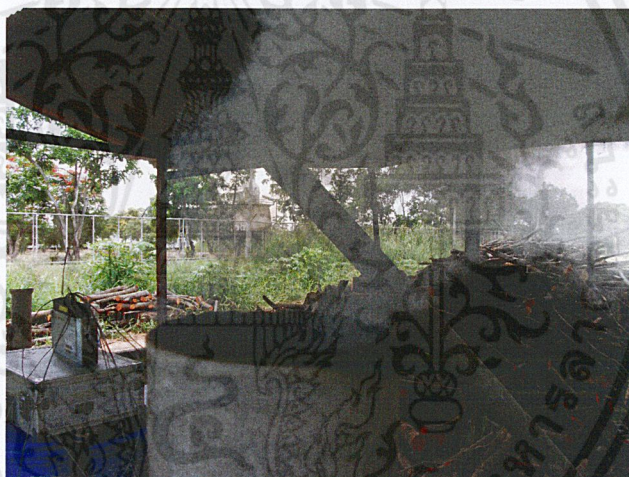


ภาพภาคผนวก ภาพที่ 11 ปิดหน้าเตาเพื่อทำการเผาถ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวกภาพ ภาพที่ 12 จุดไฟหน้าเตาเพื่อไล่ความชื้นของไม้ฟืนและมั่งคุดเพื่อผลิตถ่านมั่งคุด



ภาพภาคผนวก ภาพที่ 13 ลักษณะของคว้นบริเวณปากปล่องเริ่มไสให้เตรียมปิดเตา

ตารางภาคผนวกที่ 2 ค่าความชื้นของผลมังคุด

การทดลองที่	ตัวอย่างที่	น้ำหนักมังคุด(กรัม)		ความชื้นมังคุด % ฐานเปียก
		ก่อนอบ	หลังอบ	
1	1	38.38	20.54	46.48
	2	51.71	27.58	46.66
	3	40.32	18.8	53.37
	4	40.14	19.8	50.67
	5	44.55	18.44	58.61
	เฉลี่ย	43.02	21.032	51.16
2	1	54.38	27.55	49.33
	2	40.18	13.96	65.26
	3	36.22	16.66	54
	4	41.27	22.05	46.57
	5	43.1	23.47	45.61
	เฉลี่ย	43.03	20.74	52.154
3	1	45.9	22.76	51.42
	2	59.46	32.45	45.42
	3	36.96	23.3	36.96
	4	46.31	24.53	46.57
	5	45.77	25.11	45.14
	เฉลี่ย	46.88	25.63	45.102

ตารางภาคผนวกที่ 3 ค่าความชื้นของไม้พื้นก่อนที่จะนำมาเผาของรูปแบบการบรรจุผลมังคุดลงในปี๊บ

การทดลองที่	ตัวอย่างที่	น้ำหนักไม้เชื้อเพลิง(กรัม)		ความชื้นไม้ % (ฐานเปียก)
		ก่อนอบ	หลังอบ	
1	1	143.71	104.49	27.29
	2	143.06	110.38	22.84
	3	80.11	59.91	24.9
	4	69.22	44.72	35.39
	5	78.19	46.68	40.35
	เฉลี่ย	102.858	73.236	30.154
2	1	79.19	49.64	37.32
	2	75.26	47.17	38.67
	3	89.91	70.45	21.64
	4	82.74	64.7	21.8
	5	75.1	44.18	41.17
	เฉลี่ย	80.44	55.23	32.12
3	1	86.33	63.16	26.83
	2	83.52	49.48	40.76
	3	75.92	48.18	36.54
	4	68.84	55.13	19.92
	5	39.78	31.34	21.22
	เฉลี่ย	70.88	49.46	29.054

ตารางภาคผนวกที่ 4 ค่าความชื้นของไม้พื้ก่อนที่จะนำมาเผาของรูปแบบการใส่ผลมังคุดลงใน
กล่องเหล็ก

การทดลองที่	ตัวอย่างที่	น้ำหนักไม้เชื้อเพลิง(กรัม)		ความชื้นไม้ % (ฐานเปียก)
		ก่อนอบ	หลังอบ	
1	1	92.64	70.38	22.26
	2	74.46	48.47	34.9
	3	99.87	76.36	23.51
	4	76.75	57.4	25.21
	5	93.99	72.26	23.11
	เฉลี่ย	87.54	64.97	25.798
2	1	87.55	67.76	22.6
	2	63.51	38.64	39.16
	3	79.46	59.07	25.66
	4	61.14	37.06	39.39
	5	80.64	52.2	35.27
	เฉลี่ย	74.46	50.95	32.416
3	1	95.01	73.58	22.56
	2	49.27	38.23	22.41
	3	68.71	44.56	35.14
	4	90.67	69.37	23.49
	5	74.44	46.63	37.36
	เฉลี่ย	75.62	54.47	28.192

ตารางภาคผนวกที่ 5 ค่าความชื้นของไม้พื้น ก่อนที่จะนำมาเผาของรูปแบบการเรียงผลมั่งคุดลง
ในถาดเหล็ก

การทดลองที่	ตัวอย่างที่	น้ำหนักไม้เชื้อเพลิง(กรัม)		ความชื้นไม้ % (ฐานเปียก)
		ก่อนอบ	หลังอบ	
1	1	67.14	43.38	35.39
	2	62.66	39.23	38.99
	3	55.99	44.9	19.8
	4	47.47	27.69	41.66
	5	80.01	59.83	25.22
	เฉลี่ย	62.65	43.01	32.212
2	1	87.16	66.43	23.78
	2	73.35	58.37	20.42
	3	81.75	49.32	39.66
	4	93.3	70.47	24.47
	5	48.00	37.51	21.85
	เฉลี่ย	76.712	56.42	26.036
3	1	80.54	63.8	20.78
	2	96.62	64.18	33.57
	3	46.57	30.56	34.38
	4	53.37	33.31	37.58
	5	46.53	28.64	38.44
	เฉลี่ย	64.726	44.10	32.95

ตารางภาคผนวกที่ 6 ผลการทดลองเผาไม้คุดเพื่อผลิตถ่าน

รูปแบบ การเผา	การทดลองที่	ปริมาณ(กิโลกรัม)			ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น (นาฬิกา : น.)	
		ไม้คุด	ไม้ฟืน	เชื้อเพลิง	เริ่มจุดไฟ	เวลาปิดเตา
ปิ้ง	1	1.5	62.00	7.6	18:50	23:50
	2	1.5	70.80	5.2	18:30	2:20
	3	1.5	67.00	8.1	8:30	15:30
	เฉลี่ย	1.5	66.60	6.96	-	-
กล่อง	1	1.5	60.00	7.8	16:30	19:55
	2	1.5	64.00	6.7	17:30	20:55
	3	1.5	67.00	7.7	16:35	20:00
	เฉลี่ย	1.5	63.66	7.4	-	-
ถาด	1	1.5	66.00	7.3	15:40	19:30
	2	1.5	64.00	9.2	18:45	23:45
	3	1.5	60.00	8	18:50	23:50
	เฉลี่ย	1.5	63.33	8.17	-	-



ภาพภาคผนวก ภาพที่ 14 ถ่านมั่งคุดที่สมบูรณ์ของจากทำวิจัยครั้งนี้

ตารางภาคผนวกที่ 7 ปริมาณผลผลิตหลังการเผา

รูปแบบ การเผา	การ ทดลองที่	ปริมาณผลผลิตหลังการเผา (กิโลกรัม)				
		ถ่านจากมั่งคุด			ถ่านจากไม้พิน	
		สมบูรณ์	แตก	สิ้นถ่าน	หัวถ่าน	สิ้นถ่าน
ปิ้ง	1	0.2	0.1	-	11	6
	2	0.2	0.12	-	18	4
	3	0.15	0.16	-	16	5
	เฉลี่ย	0.18	0.13	-	15	5
กลิ้ง	1	0.3	-	-	9	8
	2	0.2	0.1	-	13	5
	3	0.3	0.13	-	16.52	7
	เฉลี่ย	0.26	0.11	-	12.84	6.66
ถาด	1	0.1	0.2	-	16	4
	2	0.2	0.14	-	15	4
	3	0.18	0.16	-	13	6
	เฉลี่ย	0.16	0.17	-	14.66	4.66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 8 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ภายในเตาผลิตถ่านของการเผาในรูปแบบ
การบรรจุไม้คุดลงในบับ ในการทดลองที่ 1 แล้วนำไปเผาในเตา สจล.51

เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (องศาเซลเซียส)					
	อากาศ	หน้าเตา	กลางเตา	หลังเตา	ปากปล่อง	ในบับ
18:50	30.3	38	55.8	46.9	30.6	31
18:55	30.4	60.9	46.7	44.4	33	32.3
19:00	30.4	354.4	148.7	117.4	37.8	39.6
19:05	30.4	664.7	325.1	272.9	63.2	123
19:10	30.4	643.3	339.8	271.6	52.8	186.1
19:15	30.1	335.8	268	219.3	54.3	180.5
19:20	30.2	348	295.6	236	61.7	177.1
19:25	30	444.2	268.2	225.1	62.6	188
19:30	29.9	390.6	256.6	227.6	62.5	189
19:35	30.2	346.8	264.6	231.4	63	195.3
19:40	30.3	252.5	238.3	212.7	62.3	186.6
19:45	30	227.5	211.7	186.3	59.4	160.9
19:50	30.1	213.2	218.3	195.4	56.7	165.2
19:55	30.1	232	194.4	173.1	58	160.1
20:00	29.9	246.6	224.6	195.4	53.6	160.1
20:05	29.8	257.8	238.8	212.6	53.6	178.3
20:10	30.1	319.5	252.2	227.4	55.8	203.3
20:15	29.8	313.7	237.2	209.1	57.5	194.8
20:20	29.8	410.4	226.8	204.6	58.2	194.4
20:25	29.9	482.7	242.3	226.2	59.9	217.7
20:30	29.9	467.7	240.9	224.7	62.9	217.5
20:35	29.7	492.5	266	235.1	63.9	240.2
20:40	29.7	590.1	286	246.7	63.6	253.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20:45	29.7	438.6	294	245.7	65.2	259.7
20:50	30.3	575	286	249.8	67.5	267.7
20:55	30	567.5	294.9	246.5	67.6	277.6
21:00	30.7	509.9	299.9	240.9	67.2	271.1
21:05	30.4	479.7	296.6	232.4	66.3	261.4
21:10	30.5	468.4	291	232.8	65.9	260.2
21:15	30.3	430	294.7	229.3	66.8	261.6
21:20	30.5	413.5	292.2	221.1	69.1	271.9
21:25	30.2	400.6	278.7	218.5	77.8	268.3
21:30	30.2	403.3	279.1	214.3	77.2	271
21:35	30.1	393.8	280.9	210.6	76.7	270.6
21:40	30	369.4	274.3	208.9	76.8	266.9
21:45	30.2	364.1	273.5	207.7	77.1	271
21:50	30.3	287.1	269.3	188.5	78.5	245.4
21:55	30.4	382.7	262.1	189.3	76.4	261.4
22:00	30.1	427.8	271.6	210.5	70.3	286.1
22:05	29.8	398.7	269.5	220.1	65.3	285.4
22:10	29.8	421.9	283.4	229.3	67.8	302
22:15	29.6	387.5	292.6	243.3	62.6	317
22:20	30	386.6	283.1	241.9	65.6	301.4
22:25	29.8	445.7	303.3	253.6	66.6	325.5
22:30	29.7	563.1	329.2	269.9	69.4	353.2
22:35	29.7	532.3	346.9	287.9	74.3	381.5
22:40	30	670.8	339.3	292.2	94	370.7
22:45	29.9	705.1	355.9	302.3	96.7	381.6
22:50	28.8	650.4	359.6	312.6	92	388.8
22:55	28.3	656.5	382.5	325.2	106.6	416.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

23:00	28.2	587	390.8	336.3	118.2	427.7
23:05	27.9	584.2	424.4	356.1	121.6	478.2
23:10	28.2	832.8	429.3	354	117.3	438.9
23:15	28	545.5	414	342.5	130.4	431.4
23:20	27.8	500.1	409.3	330.1	138.8	412.6
23:25	27.7	500.5	436.3	333.6	151.5	414.5
23:30	29.6	529.1	504.5	370.3	211	466.8
23:35	27.4	502.9	464.1	415.5	191.6	472.1
23:40	26.4	479	458.3	406.2	200.4	466.1
23:45	26.4	489.2	461.5	413.3	213	473.5
23:50	26.3	418.5	446.7	391	124.4	435.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 9 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ภายในเตาผลิตถ่านของการเผาในรูปแบบ
การบรรจุไม้คุดลงในบีก ในการทดลองที่ 2 แล้วนำไปเผาในเตา สจล.51

เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (องศาเซลเซียส)					
	อากาศ	หน้าเตา	กลางเตา	หลังเตา	ปากปล่อง	ในบีก
18:30	29.8	33	31.4	31.9	28.3	34
18:35	29.7	83.8	44.3	36.9	30.1	33.9
18:40	29.6	36	39.1	34.9	29.6	33.9
18:45	29.9	41.1	65.4	48.3	29.8	35
18:50	29.6	41.4	55.4	23.1	28.6	37.9
18:55	29.4	81.8	81.9	52.2	31.5	40.9
19:00	29.2	98.5	99.4	58.5	33.2	44.9
19:05	32.5	755.3	193.7	91.8	42.2	54
19:10	30.1	729.4	246.9	142.8	59	84.5
19:15	29.3	265.7	242.6	146.9	59.1	94.6
19:20	29.2	212.3	228.6	143.3	57.5	95.5
19:25	29.1	201.9	230.5	143.6	57.1	97.6
19:30	29.3	202	202.1	134.2	55.3	95.7
19:35	29.7	224.7	235.8	146.1	55	100.3
19:40	29.4	225	193.3	131.6	54.2	98.7
19:45	29.4	238.5	178.3	125	53	96.8
19:50	29.2	242.4	171.9	123	51.9	96.2
19:55	30.2	727	358.3	202.1	60.2	126.4
20:00	29	523.4	304.4	182.9	69.5	145.9
20:05	29.4	448.4	275.9	173.4	66.8	84.2
20:10	29.3	406.4	255.7	168.6	63.7	136.1
20:15	29.4	361.1	236.3	160.9	62.5	143.2
20:20	29.2	329.1	214	151.5	59.3	135.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20:25	29	342.3	207.6	146.8	57.7	132.2
20:30	29	334.7	267.7	198.8	64.4	158.8
20:35	29	437.5	308.3	225.9	71	192.6
20:40	29.1	418.3	348.7	235	74.6	206.6
20:45	29.2	405.9	331.2	223.9	77	217.2
20:50	29.2	434.6	323.3	216.5	76	218.4
20:55	29	756	325.3	217.3	73.8	223.9
21:00	29.5	609.7	306.7	211.7	70.7	218.6
21:05	29.2	582	299.5	206.9	69.5	212.4
21:10	29.6	519.3	293.1	204.8	67.6	207.9
21:15	29.4	477.2	284.7	203.9	66.5	210.6
21:20	29.4	471.6	277.5	198.1	64.7	212
21:25	29.4	452.2	270.9	197.2	63.3	209.1
21:30	29.4	443.8	265.6	193.6	62.5	209.9
21:35	28.9	424.5	263.7	192.7	62.3	210.5
21:40	29.1	428.6	262.1	191.2	63.2	211.4
21:45	29	419.9	261	191	64.1	213.7
21:50	29.1	433.3	259.9	190.4	63.5	214.9
21:55	29.5	431.9	260.8	191	63.5	218.3
22:00	29.2	424.4	263	193.2	63.3	222.5
22:05	29.6	423.1	265	193.6	64.1	227.5
22:10	29.6	391.5	263.4	193.5	64.6	231.1
22:15	29.4	388.3	263.9	192.7	64.2	233.9
22:20	29.4	387.1	265.8	192.7	65.5	237.7
22:25	29.1	384.1	267.4	194.1	64.2	240.7
22:30	29.2	388.5	270.5	194.7	65.9	244.3
22:35	29.1	393.2	274.7	195.8	68.7	248.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

22:40	29.5	390.6	276.9	197.7	69.9	252.8
22:45	29.6	393.9	278.3	200.4	70.3	255.5
22:50	29.2	390.1	281.3	201.3	70.2	258.9
22:55	29.4	392.4	285.4	203	71.4	263.6
23:00	29	393.6	289.9	204.4	72.5	268.1
23:05	29.6	399.3	292.5	207.2	73.7	274
23:10	29.3	399.8	304.3	213.1	69.5	284.4
23:15	29.3	404.9	315	220.1	72.7	300.1
23:20	29.3	410.3	330.3	225.1	72.7	310
23:25	29.2	422.7	347.3	233.6	76.1	321.4
23:30	29.4	426.8	352.9	238.9	73.8	329.2
23:35	29.4	450.3	368.2	242.6	76.4	337.6
23:40	29.6	451.3	382.2	247.4	78.4	346.3
23:45	29.4	451.6	391.9	251.9	80.7	353.7
23:50	29.2	451.9	399	256.1	82.9	361.6
23:55	29.8	450.4	407.9	261.7	85.1	369.9
0:00	29.5	452.9	412.5	266.4	86.3	379.9
0:05	29.5	471	418.4	273.4	88.5	387.4
0:10	29.5	484.7	465.5	286.3	91	408.6
0:15	29.6	492.1	482.7	300.8	93.8	432.1
0:20	29.7	489.8	484.7	311.3	96.9	437.9
0:25	29.3	479.3	469.7	316.7	102.8	436.4
0:30	29.2	476.3	449.6	321.6	109.4	431.7
0:35	29.5	491.9	464.4	328.2	113.6	439.3
0:40	28.9	497.1	466	337.4	118	445.8
0:45	29	513.6	501.2	352.6	123.5	466.7
0:50	28.9	514	497.2	369.3	125	479.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0:55	28.8	510.4	479.7	374.7	128.2	475.6
1:00	28.8	508.9	476.4	379.9	131.9	477.5
1:05	28.6	506.7	475.4	384.6	135.6	482.7
1:10	28.7	511.1	484.5	391.3	142	490.5
1:15	28.7	525.5	497.2	400.8	151	495.3
1:20	28.8	525.5	524.7	415.9	165.4	512.1
1:25	28.9	524.3	520.4	440.5	186	534.9
1:30	28.6	530.7	530.6	470.4	204	548.4
1:35	28.9	534.2	541.5	490.9	220.5	557.2
1:40	28.8	534.3	540.2	508.6	238.3	560.9
1:45	28.5	534.8	538.9	529.8	260.2	563.9
1:50	28.1	534.1	543.5	538.4	281.4	568.9
1:55	25.8	530	551	555.3	304.3	576.7
2:00	26.7	523.5	557.7	562.2	315.5	576.4
2:05	26.3	524.4	553	567.5	336.2	574.7
2:10	26.5	512.6	553.3	559.5	351.1	572.6
2:15	26.1	510.3	551.3	556.6	418.1	570.4
2:20	26.1	505.4	546.1	554.2	426.8	568.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 10 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ภายในเตาผลิตถ่านของการเผาในรูปแบบการบรรจุถังคูลงในบับ ในการทดลองที่ 3 แล้วนำไปเผาในเตา สจล.51

เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (องศาเซลเซียส)					
	อากาศ	หน้าเตา	กลางเตา	หลังเตา	ปากปล่อง	ในบับ
8:30	28.8	34.8	36.8	32.6	30.5	33.2
8:35	29.1	34.8	34.6	33.4	34.5	33.9
8:40	29.2	35.1	34.7	34	34.9	34.1
8:45	29.7	36.4	37	34.9	31.3	35.6
8:50	29.3	39.5	42.9	37.5	32.1	38.7
8:55	29.4	78.9	74.6	65.5	37.8	57.6
9:00	29.2	67.9	73.2	63.3	38.3	58.6
9:05	29.7	82.1	95.3	71.9	40.8	65.6
9:10	29.7	86.6	86	81.1	40.8	74.7
9:15	29.5	86.1	86.3	81.4	44.5	71.1
9:20	29.6	70.9	71.1	65.1	47.6	64.3
9:25	30	76.8	108.3	69.9	47.1	70.6
9:30	30.6	78.7	112.9	76.7	46.4	73.2
9:35	30.2	94.5	114.9	91.1	49.9	85.2
9:40	31.3	104.9	130.5	100.5	53.7	95.9
9:45	30.3	101.7	106.7	105.1	53.4	104.9
9:50	30.6	99.7	104.5	98.7	52.9	103.3
9:55	31.5	90.1	100.2	85.9	64.1	90.3
10:00	31	98.7	100.7	83.2	69.1	91.7
10:05	31.4	94.5	103.7	87.5	58.3	93.3
10:10	32	107.5	116.8	105.2	59.6	133.6
10:15	31.5	107	111	104.9	59.1	164
10:20	32.4	99.9	99.4	92.5	65.4	136.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10:25	31.9	97.6	95.2	94	68.2	136.6
10:30	32.7	101.3	98.1	98	70.6	136.7
10:35	33	126.9	101.1	100.2	67.7	155.2
10:40	32.3	105.1	88.8	87.4	83.2	113.1
10:45	33.1	97.7	96.6	101	74.4	136.7
10:50	31.9	104	98.2	97.6	82.4	126.7
10:55	32.7	127.7	120.1	132.7	97.7	206.1
11:00	32.9	155.5	115.7	119	93.3	170.1
11:05	32.2	202.5	118.5	120.2	77.4	169.7
11:10	33	229.3	141.2	120.2	87.4	179
11:15	32.9	206.5	192.1	120.3	98	177.6
11:20	33.4	254.7	133.1	123.3	81.1	179.9
11:25	33.3	246.3	121.1	128.2	83.4	187.6
11:30	31.6	336.4	125.2	136.4	84	210.3
11:35	33.6	351	126.5	134.4	80.5	201.9
11:40	33.6	581.8	155.2	148.4	97.7	301.1
11:45	33.2	379.6	151.4	151.3	84.3	236.6
11:50	33.6	354.9	160.3	148.5	84.9	226.8
11:55	33.1	406.7	193.9	147	98.7	250.1
12:00	31.7	577.5	288	172.2	108.3	330.2
12:05	32.4	565.7	445.1	218.2	118.6	425
12:10	33.7	499.4	411.1	231	100.7	350
12:15	31.8	397.8	348.3	212.7	106.6	293.9
12:20	33.3	483.6	707.3	320.5	133.6	483.2
12:25	34.3	481.5	718.3	316.1	136.3	488.1
12:30	33.9	502.2	627.8	286.4	115.6	454.7
12:35	32.5	498	498	262	106.9	383.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12:40	33.3	604.7	610.2	314.8	137.6	578.3
12:45	34.3	629.4	713.1	332.9	147.5	587.6
12:50	33.6	653.4	702.7	361.3	154.1	639.9
12:55	33.3	595.5	674.4	368.9	133.1	559
13:00	31.7	584.8	647.8	371.5	131.6	536.5
13:05	32	558	585.1	385	130.3	510.3
13:10	32.7	629.3	551.6	417.8	154.6	667
13:15	33.9	721.4	661.1	450	174.2	683.7
13:20	31.7	673.4	634.7	453.4	188.4	707.6
13:25	31.6	576.9	587	467.7	199.5	599.9
13:30	32.2	581.8	584.4	488	212.1	620.6
13:35	35.1	581.8	602.2	502.6	226.8	644.3
13:40	31.4	580.6	606.4	507.8	249.6	633.1
13:45	34	585.8	598.3	517	264.4	613.4
13:50	32.3	610.7	614.9	536.6	291.8	634.1
13:55	33.3	603.6	612.2	573.6	306.3	629.1
14:00	32.7	593.7	603.5	606.3	354.1	616.2
14:05	32.3	580.7	604.5	625.3	387.8	620.4
14:10	32.6	583	605.3	619.1	421	612.6
14:15	32.1	577.3	599	613.7	471.7	611
14:20	31.9	564.5	587.4	602.7	523.6	596.1
14:25	32.6	577.5	600.3	603.6	466.8	628.2
14:30	32.4	562.2	579.1	583.7	456.1	584.6
14:35	32.5	543.8	569.7	581.3	543	575.8
14:40	31.7	542.8	576	610.3	576.1	586.9
14:45	31.7	522.3	568.3	608	607.5	586.8
14:50	32.6	525.5	571.9	604	637.6	589.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14:55	31.8	509	568.4	605.8	659.3	583.4
15:00	31.2	522.4	580.3	628.3	585.1	593.5
15:05	32.1	525.9	578.2	609	722.5	591.2
15:10	31.5	525.9	580.6	610	743.2	596.6
15:15	32.1	518.9	585.1	638.8	800.6	602.8
15:20	32.6	517	588.2	632.8	860.8	605.8
15:25	31.9	515.8	586.8	619.4	751.8	606.3
15:30	32.7	513.1	585.2	617.9	669.9	597.2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 11 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ภายในเตาผลิตถ่านของการเผาในรูปแบบการใส่ไม้คุดลงในกล่องเหล็ก ในการทดลองที่ 1 แล้วนำไปเผาในเตา สจล.51

เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (องศาเซลเซียส)					
	อากาศ	หน้าเตา	กลางเตา	หลังเตา	ปากปล่อง	ในกล่อง
16:30	30.1	32.2	31.8	34.2	31.7	30.6
16:35	30.6	34.5	32.3	36.7	36.6	30.8
16:40	30.6	72.5	38.3	43.9	38.9	35.5
16:45	30.8	154.4	51.8	63.2	57.4	45.5
16:50	31.5	185.4	61.8	78	70	54.7
16:55	30.6	234.8	68.5	106	77.9	60.5
17:00	30.8	189.1	64.3	101.8	77.5	57.9
17:05	30.5	293.5	87.4	141.3	104.3	75.2
17:10	32.2	313.1	93.2	209.1	133.1	86.6
17:15	32.1	361.5	103	217.4	141.8	121.4
17:20	31.6	307.3	111.1	232.4	146.6	159.7
17:25	31.7	295.7	133.3	240	162.8	179.5
17:30	32.2	263	119.7	234.6	164.4	196.1
17:35	30.5	206.6	105.9	199.7	137.3	140.7
17:40	29.7	276.5	103.6	197.4	133.6	136.9
17:45	29.7	207.4	111.6	194.2	129.4	134.9
17:50	29.8	202.1	114.1	204.6	130.2	138.8
17:55	30.4	198.4	112.7	212.1	129.9	145.5
18:00	30.1	242	115.8	231.4	129.7	148.8
18:05	30.2	279.1	123.2	244.8	133.8	161.4
18:10	30.1	290.9	133	271.2	136.5	174.3
18:15	30.1	341.9	140.5	283.5	140.7	182.1
18:20	30	396	148.1	300.8	142.1	193
18:25	29.8	382.6	158	311.2	150.3	203.1
18:30	30	383.8	173.9	326.6	152.8	223.3
18:35	29.9	403.9	182.2	341.7	160.9	245
18:40	29.9	499.2	184.9	358.4	173	252.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18:45	29.9	758.3	193.9	367.6	195.7	273.8
18:50	29.9	670	194.6	398	190.3	249.6
18:55	29.7	618.9	202	405.5	191.2	258.8
19:00	29.8	635.4	213.6	430.6	198.7	294.1
19:05	29.8	621.3	223	430.7	205.7	316.9
19:10	29.9	618.6	239.3	440.4	217.3	348.7
19:15	29.6	614.5	257	472.8	200.5	383.6
19:20	29.5	615	266.9	480.6	204.8	404.4
19:25	29.8	604.7	305	501.5	212	426.1
19:30	29.7	592.7	361.6	508.2	217.9	461.2
19:35	30	672	405.5	504.4	228.5	514.9
19:40	29.7	608.8	444.4	525.7	238.5	547.2
19:45	29.6	583.5	493.4	541.9	246.4	584.7
19:50	29.9	589.7	675.3	564.9	299.8	695.7
19:55	29.8	640.2	602.9	626.5	338.9	784.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 12 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ภายในเตาผลิตถ่านของการเผาในรูปแบบการใส่ไม้คุดลงในกล่องเหล็ก ในการทดลองที่ 2 แล้วนำไปเผาในเตา สจล.51

เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (องศาเซลเซียส)					
	อากาศ	หน้าเตา	กลางเตา	หลังเตา	ปากปล่อง	ในกล่อง
16:35	30.1	42	34.9	36.8	36.9	34.6
16:40	30.6	60.7	42.6	45.4	43.3	47.7
16:45	30.6	61.8	41.3	44.1	43.9	48
16:50	30.8	72.2	51.6	53.6	38.3	56.9
16:55	31.5	73.9	50.9	51.7	41.3	55.5
17:00	30.6	105	51.8	54.5	42.6	61.6
17:05	30.8	56.8	47.6	48.2	30.1	53.5
17:10	30.5	64.8	53.7	55.8	31.9	61.1
17:15	32.2	105.7	54.9	55.1	32.8	59.3
17:20	32.1	111	54.8	55.1	35.7	59.6
17:25	31.6	80.3	52.7	53	29.9	58.9
17:30	31.7	109	55.2	55.8	35	61.4
17:35	32.2	175	65.2	68.5	46	71.1
17:40	30.5	275.7	84.4	99.3	62.3	117.3
17:45	29.7	231.2	85.9	111.9	66.1	108.2
17:50	29.7	228.4	80.7	99.5	68.5	122.3
17:55	29.8	221.7	81	98.8	70.8	128.6
18:00	30.4	222.8	95.5	110	80.3	157.2
18:05	30.1	207.1	89.5	102.4	83.1	132.3
18:10	30.2	206.7	90.2	199.2	90.4	123.4
18:15	30.1	242	115.8	231.4	129.7	148.8
18:20	30.1	167.7	185.7	293.5	190.3	118.7
18:25	30	145.9	183.9	290.7	188.4	114.6
18:30	29.8	228	183.4	287.9	187.2	111.1
18:35	30	215.8	182.2	285.3	185.1	106.9
18:40	30	383.8	173.9	326.6	152.8	223.3
18:45	29.9	400.7	280.3	380.5	180	297.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18:50	29.9	493.1	278.9	378.3	177.9	293.9
18:55	29.9	487.8	277.3	375.9	176	290.3
19:00	29.7	483.6	275.9	374.1	174.2	286.5
19:05	29.8	635.4	213.6	430.6	198.7	294.1
19:10	29.8	576.6	273	471.3	170.6	280.7
19:15	29.9	586	373.8	472	165.7	284.4
19:20	29.6	584.6	373.3	471.6	164.8	384.3
19:25	29.5	586.5	373	471.1	163.8	385.5
19:30	29.8	590.7	373.4	471.8	162.6	387.3
19:35	29.7	592.7	361.6	508.2	227.9	451.2
19:40	30	596.6	474.5	572.3	272.8	490.9
19:45	29.7	581.7	472.2	569.8	269.5	584.7
19:50	29.6	577.1	471.2	568.4	267.3	682.1
19:55	29.9	630.4	600.8	567.8	328.4	748.8
20:00	29.8	630.2	600.9	616.5	328.9	750.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 13 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ภายในเตาผลิตถ่านของการเผาในรูปแบบการใส่ไม้คุดลงในกล่องเหล็ก ในการทดลองที่ 3 แล้วนำไปเผาในเตา สจล.51

เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (องศาเซลเซียส)					
	อากาศ	หน้าเตา	กลางเตา	หลังเตา	ปากปล่อง	ในกล่อง
16:30	30.1	42	34.9	36.8	36.9	34.6
16:35	30.6	60.7	42.6	45.4	43.3	47.7
16:40	30.6	61.8	41.3	44.1	43.9	48
16:45	30.8	72.2	51.6	53.6	38.3	56.9
16:50	31.5	73.9	50.9	51.7	41.3	55.5
16:55	30.6	105	51.8	54.5	42.6	61.6
17:00	30.8	56.8	47.6	48.2	30.1	53.5
17:05	30.5	64.8	53.7	55.8	31.9	61.1
17:10	32.2	105.7	54.9	55.1	32.8	59.3
17:15	32.1	111	54.8	55.1	35.7	59.6
17:20	31.6	80.3	52.7	53	29.9	58.9
17:25	31.7	109	55.2	55.8	35	61.4
17:30	30.8	189.1	64.3	101.8	77.5	57.9
17:35	30.5	275.7	84.4	99.3	62.3	117.3
17:40	29.7	231.2	85.9	111.9	66.1	108.2
17:45	29.7	228.4	80.7	199.5	98.5	122.3
17:50	29.8	221.7	81	198.8	125.8	128.6
17:55	32.2	263	119.7	234.6	164.4	196.1
18:00	30.1	207.1	89.5	202.4	183.1	232.3
18:05	30.2	206.7	90.2	199.2	190.4	223.4
18:10	30.1	192.8	88.6	197.5	190.7	223.3
18:15	30.1	167.7	85.7	193.5	190.3	218.7
18:20	30.1	242	115.8	231.4	129.7	248.8
18:25	29.8	228	183.4	287.9	187.2	211.1
18:30	30	215.8	182.2	285.3	185.1	206.9
18:35	29.9	208.2	181.6	282.9	182.6	202.8
18:40	29.9	200.7	180.3	280.5	180	197.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18:45	30	383.8	173.9	326.6	152.8	223.3
18:50	29.9	587.8	177.3	375.9	176	190.3
18:55	29.7	583.6	175.9	374.1	174.2	286.5
19:00	29.8	679.8	174.4	372.7	172.4	283.5
19:05	29.8	676.6	173	371.3	170.6	280.7
19:10	29.8	635.4	213.6	430.6	198.7	294.1
19:15	29.6	684.6	373.3	471.6	164.8	384.3
19:20	29.5	686.5	373	471.1	163.8	385.5
19:25	29.8	690.7	373.4	471.8	162.6	387.3
19:30	29.7	542.9	381	479.7	175.6	312.6
19:35	29.7	592.7	361.6	508.2	227.9	451.2
19:40	29.7	581.7	572.2	569.8	269.5	584.7
19:45	29.6	577.1	571.2	568.4	267.3	682.1
19:50	29.9	573.4	570.8	567.8	263.4	679.8
19:55	29.8	572.1	570	567	262.8	680.3
20:00	29.8	590.2	640.9	626.5	300.9	740.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 14 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ภายในเตาผลิตถ่านของการเผาในรูปแบบการเรียงมั่งคุดลงในถาดเหล็ก ในการทดลองที่ 1 แล้วนำไปเผาในเตา สจล.51

เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (องศาเซลเซียส)					
	อากาศ	หน้าเตา	กลางเตา	หลังเตา	ปากปล่อง	ในถาด
15:40	32	132.8	92	60	43.9	47.5
15:45	31.6	135.1	106.8	71.8	49.6	65.8
15:50	31.4	130.1	120	79.4	51.9	74.3
15:55	31.7	133.6	105.6	73.4	57.7	67.6
16:00	31.7	87.9	81	64.6	59.2	58.7
16:05	31.7	78.3	72.7	61.1	63.5	57.3
16:10	31.5	98.4	86.9	67.5	57.6	60.9
16:15	31.5	205.2	173.5	110.4	56.6	111
16:20	31.4	158.7	124.3	89.9	63.1	89.4
16:25	31.3	131.8	110.2	87.1	68.3	87
16:30	31.1	217.7	159.2	108.6	71.3	100.1
16:35	31.2	143.6	114.2	88.8	63.3	81
16:40	31.1	541.7	323.9	169.4	83.2	157.1
16:45	31.2	470	284.7	169.6	79.8	163
16:50	30.8	561.5	293.7	172.1	73.6	179.5
16:55	30.8	537.8	318.4	178.4	73.8	196.2
17:00	30.7	456.8	269.6	165	73.7	174.9
17:05	30.7	419.9	245.3	160.3	92.9	164.9
17:10	30.9	434.3	321.5	172.1	100.8	187.4
17:15	30.7	503.1	340.9	198.6	106.9	184.1
17:20	30.9	451.6	291.6	191	101.1	194.4
17:25	30.5	387.1	289.2	189.1	100.3	187
17:30	30.2	430.5	346.3	208.1	102.4	200.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17:35	30.3	427.2	456.5	205.4	105.8	228.6
17:40	30.1	392.9	380.2	195	105.3	224.6
17:45	30.2	412.5	512.5	200.5	109	224.1
17:50	30	421	649.5	247.9	114.3	332.9
17:55	29.9	402.1	443.3	226.8	111.7	289.3
18:00	30	404.8	506	241.2	112.9	333.8
18:05	29.7	401.6	426.1	245.4	114	303.9
18:10	29.7	386.9	405.7	239.9	111.6	283.1
18:15	29.9	376.9	395.7	237.5	110.3	280.9
18:20	29.8	374	393.8	245.7	113.9	288.6
18:25	29.4	437.5	641.6	328.9	128.4	380.6
18:30	29.6	453	487.8	330.9	133.6	394.7
18:35	29.7	476.3	591.5	360.2	154.5	441.7
18:40	29.9	479.6	593.4	376.6	161	458.8
18:45	29.4	509.5	559.7	390.3	174.3	458.8
18:50	29.5	523.7	553.7	386.4	181.7	470.9
18:55	29.6	527.3	558.9	403.4	196.3	482.3
19:00	29.8	539.9	586.2	427.2	202.7	485.3
19:05	29	545.9	687.4	427.9	238.5	499.8
19:10	28.3	550.4	698.1	470.3	274	549.4
19:15	27.7	531.3	569.7	479.5	282.7	548.7
19:20	27.4	539.5	671.6	512.1	359	572.4
19:25	26.9	529	679.6	536.1	410.1	582.3
19:30	26.9	454.1	507	415.3	94.6	500.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 15 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ภายในเตาผลิตถ่านของการเผาในรูปแบบการเรียงมั่งคุดลงในถาดเหล็ก ในการทดลองที่ 2 แล้วนำไปเผาในเตา สจล.51

เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (°C)					
	อากาศ	หน้าเตา	กลางเตา	หลังเตา	ปากปล่อง	ในถาด
18:45	30.3	38.3	41.4	43.2	31.9	29.5
18:50	30.4	66.1	41.1	39.8	34.5	31.5
18:55	30.4	324.5	106.5	78.1	42.7	37.6
19:00	30.4	662.1	245	229.5	77	93.6
19:05	30.4	686.4	283	223.1	61.2	135.3
19:10	30.1	300.1	240.4	181.8	59.4	136.8
19:15	30.2	295.4	246.5	198.4	62	139.7
19:20	30	328.4	236	183.8	61.9	125.4
19:25	29.9	328.9	225.1	183	63.4	95.9
19:30	30.2	301	232.5	185.5	64.6	130.9
19:35	30.3	237.7	212.4	184.5	64.8	124.6
19:40	30	210.9	185.3	164.5	63	130.8
19:45	30.1	200	187.5	168.9	63.3	127.6
19:50	30.1	216	174.7	156.1	65.2	131.7
19:55	29.9	235.7	191.5	168.4	67.8	130.9
20:00	29.8	242.3	208	178.3	69.6	143.7
20:05	30.1	288.8	221.5	189	72.1	158.8
20:10	29.8	280.9	209.5	183.1	73.2	152.9
20:15	29.8	344.5	201.6	182.3	72.9	155
20:20	29.9	362.2	215.3	190.7	74.5	164.3
20:25	29.9	454.9	217.5	195.8	76.9	170
20:30	29.7	410.6	235.7	212.5	77	181.2
20:35	29.7	505.1	258.4	220.8	77.5	199.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20:40	29.7	390.2	263.2	229.9	78.4	214.8
20:45	30.3	480.9	266	232.3	77.7	216
20:50	30	555.6	272.8	230.7	79.4	232.5
20:55	30.7	535.5	274.7	224.6	80.5	234.1
21:00	30.4	492	274	223.4	79.7	237.5
21:05	30.5	463	301.6	215	79.5	239.9
21:10	30.3	431.8	307.1	210.3	80.5	248.4
21:15	30.5	413.2	307.1	209.1	81.3	260.4
21:20	30.2	400.4	292.6	206.9	81.9	260.4
21:25	30.2	403.6	293.2	206.3	82.6	262.6
21:30	30.1	394.3	296.6	204.3	82.1	263.5
21:35	30	364.3	282.4	202.2	83.3	264.1
21:40	30.2	361.8	282.4	202	83.8	266.8
21:45	30.3	290.1	261.1	193.9	84.8	250.1
21:50	30.4	404.1	266.9	197.9	83.7	261
21:55	30.1	430.6	294.7	216.1	84.2	277
22:00	29.8	386	277.5	224.5	84.3	279.2
22:05	29.8	370	291.1	238.4	83.1	290.9
22:10	29.6	390.3	302.5	245.9	83.3	303.6
22:15	30	353	296	245.3	85.5	296.6
22:20	29.8	422.2	325	262.1	90.8	310.4
22:25	29.7	453	349.2	275.1	103.1	338
22:30	29.7	444.7	369.4	292.7	108.9	364
22:35	30	494.8	358.8	296.1	116.9	363
22:40	29.9	574.8	377.9	306.2	122.6	371.9
22:45	28.8	512.8	376.6	311.8	132	382.9
22:50	28.3	550.5	396.5	327.1	142	399.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

22:55	28.2	604.6	418.6	340.3	149	406.6
23:00	27.9	616.6	466	365.4	154.5	438.4
23:05	28.2	761.8	523.7	357.1	164.4	437.8
23:10	28	561.2	488.8	346.4	151.5	424
23:15	27.8	492	490.9	342.4	173.1	417.4
23:20	27.7	478.1	472.2	355.1	181.2	431.1
23:25	29.6	492.8	490.9	499.3	250.9	476
23:30	27.4	470.8	475.7	432.6	238.4	489.6
23:35	26.4	455.6	468.5	437.3	248.8	488.2
23:40	26.4	456.2	469	473.6	259.6	492.9
23:45	26.3	419.7	428.5	417.9	136.5	445.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 16 ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ภายในเตาผลิตถ่านของการเผาในรูปแบบการเรียงมั่งคุดลงในถาดเหล็ก ในการทดลองที่ 3 แล้วนำไปเผาในเตา สจล.51

เวลา (น.)	ระดับอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ (องศาเซลเซียส)					
	อากาศ	หน้าเตา	กลางเตา	หลังเตา	ปากปล่อง	ในถาด
18:50	30.3	38	55.8	46.9	30.6	31
18:55	30.4	60.9	46.7	44.4	33	32.3
19:00	30.4	354.4	148.7	117.4	37.8	39.6
19:05	30.4	664.7	325.1	272.9	63.2	123
19:10	30.4	643.3	339.8	271.6	52.8	186.1
19:15	30.1	335.8	268	219.3	54.3	180.5
19:20	30.2	348	295.6	236	61.7	177.1
19:25	30	444.2	268.2	225.1	62.6	188
19:30	29.9	390.6	256.6	227.6	62.5	189
19:35	30.2	346.8	264.6	231.4	63	195.3
19:40	30.3	252.5	238.3	212.7	62.3	186.6
19:45	30	227.5	211.7	186.3	59.4	160.9
19:50	30.1	213.2	218.3	195.4	56.7	165.2
19:55	30.1	232	194.4	173.1	58	160.1
20:00	29.9	246.6	224.6	195.4	53.6	160.1
20:05	29.8	257.8	238.8	212.6	53.6	178.3
20:10	30.1	319.5	252.2	227.4	55.8	203.3
20:15	29.8	313.7	237.2	209.1	57.5	194.8
20:20	29.8	410.4	226.8	204.6	58.2	194.4
20:25	29.9	482.7	242.3	226.2	59.9	217.7
20:30	29.9	467.7	240.9	224.7	62.9	217.5
20:35	29.7	492.5	266	235.1	63.9	240.2
20:40	29.7	590.1	286	246.7	63.6	253.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20:45	29.7	438.6	294	245.7	65.2	259.7
20:50	30.3	575	286	249.8	67.5	267.7
20:55	30	567.5	294.9	246.5	67.6	277.6
21:00	30.7	509.9	299.9	240.9	67.2	271.1
21:05	30.4	479.7	296.6	232.4	66.3	261.4
21:10	30.5	468.4	291	232.8	65.9	260.2
21:15	30.3	430	294.7	229.3	66.8	261.6
21:20	30.5	413.5	292.2	221.1	69.1	271.9
21:25	30.2	400.6	278.7	218.5	77.8	268.3
21:30	30.2	403.3	279.1	214.3	77.2	271
21:35	30.1	393.8	280.9	210.6	76.7	270.6
21:40	30	369.4	274.3	208.9	76.8	266.9
21:45	30.2	364.1	273.5	207.7	77.1	271
21:50	30.3	287.1	269.3	188.5	78.5	245.4
21:55	30.4	382.7	262.1	189.3	76.4	261.4
22:00	30.1	427.8	271.6	210.5	70.3	286.1
22:05	29.8	398.7	269.5	220.1	65.3	285.4
22:10	29.8	421.9	283.4	229.3	67.8	302
22:15	29.6	387.5	292.6	243.3	62.6	317
22:20	30	386.6	283.1	241.9	65.6	301.4
22:25	29.8	445.7	303.3	253.6	66.6	325.5
22:30	29.7	563.1	329.2	269.9	69.4	353.2
22:35	29.7	532.3	346.9	287.9	74.3	381.5
22:40	30	670.8	339.3	292.2	94	370.7
22:45	29.9	705.1	355.9	302.3	96.7	381.6
22:50	28.8	650.4	359.6	312.6	92	388.8
22:55	28.3	656.5	382.5	325.2	106.6	416.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

23:00	28.2	587	390.8	336.3	118.2	427.7
23:05	27.9	584.2	424.4	356.1	121.6	478.2
23:10	28.2	832.8	429.3	354	117.3	438.9
23:15	28	545.5	414	342.5	130.4	431.4
23:20	27.8	500.1	409.3	330.1	138.8	412.6
23:25	27.7	500.5	436.3	333.6	151.5	414.5
23:30	29.6	529.1	504.5	370.3	211	466.8
23:35	27.4	502.9	464.1	415.5	191.6	472.1
23:40	26.4	479	458.3	406.2	200.4	466.1
23:45	26.4	489.2	461.5	413.3	213	473.5
23:50	26.3	418.5	446.7	391	124.4	435.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้