

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้

Study To Physical Qualification Of Wood vinegar



T096049

โดย

นางสาวจิตติมา สุดาปັນ



๒๒.๖.๒๕๖๑  
๑๕๕๐

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน 96049  
วันเดือนปี.....-1 JUN 2009

เสนอ

ภาควิชาเทคนิคเกษตร

คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กทม.

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (พัฒนการเกษตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พ.ศ. 2550

b. ๖ 11858996  
i.....

ใบรับรองปัญหาพิเศษ  
ภาควิชาเทคนิคเกษตร  
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กทม.

เรื่อง

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้

Study To Physical Qualification Of Wood vinegar

โดย


นางสาวจิตติมา สุดาป็น

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาลักสูตร

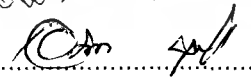
วท.บ (พืชมานการเกษตร)

เมื่อวันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

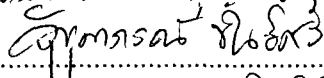
ประธานกรรมการปัญหาพิเศษ

  
.....  
( Sawang Sornam )

กรรมการปัญหาพิเศษ

  
.....  
( Namdena Nornan )

หัวหน้าภาควิชา

  
.....  
( ผศ. สุภาพรรณ ชินสวัสดิ์ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทคัดย่อ

เรื่อง : การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้

โดย : นางสาวจิตติมา สุดาปັນ

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตร์บัณฑิต (พัฒนนาการเกษตร)

สาขาวิชาเอก : พัฒนาการเกษตร

ประธานกรรมการปัญหาพิเศษ : .....

( อาจารย์ลือพงษ์ ลือนาม )

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

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้ จากไม้ต่างชนิดกัน ได้แก่ ไม้มะม่วง ไม้กระท้อนและไม้ขนุน ซึ่งทำการแบ่งการศึกษาเป็น การศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้ และการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้มีผลการศึกษาดังนี้

การศึกษากกระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้ ทำการศึกษากระบวนการผลิตจากไม้ 3 ชนิด คือ ไม้มะม่วง ไม้กระท้อน และไม้ขนุน โดยทำการทดสอบเผาไม้มะม่วง 42 กิโลกรัม พบว่าประสิทธิภาพการผลิตถ่านได้ 70.3 เปอร์เซ็นต์สามารถผลิตถ่านไม้มะม่วงได้ 10.4 กิโลกรัม และให้น้ำส้มควันไม้ 550 มิลลิลิตร คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำส้มควันไม้เท่ากับ 1.04 เปอร์เซ็นต์ การทดสอบเผาไม้กระท้อน 26 กิโลกรัม พบว่า ประสิทธิภาพการผลิตถ่านได้ 83.6 เปอร์เซ็นต์สามารถผลิตถ่านไม้กระท้อนได้ 6.1 กิโลกรัม และให้น้ำส้มควันไม้ 670 มิลลิลิตร คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่านเท่ากับ 1.91 เปอร์เซ็นต์ และจากการทดสอบเผาไม้ขนุน 30 กิโลกรัม พบว่า ประสิทธิภาพการผลิตถ่านได้ 100 เปอร์เซ็นต์ สามารถผลิตถ่านไม้ขนุนได้ 8.6 กิโลกรัม และให้น้ำส้มควันไม้ 457 มิลลิลิตร คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำส้มควันไม้เท่ากับ 1.2 เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบเผาไม้ทั้ง 3 ชนิด พบว่า ช่วงอุณหภูมิที่สามารถเก็บน้ำส้มควันไม้ได้ ณ บริเวณปากปล่อง คือ 75-120 องศาเซลเซียส

การศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้ โดยทำการศึกษาน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้ คือ น้ำส้มควันไม้มะม่วง ไม้กระท้อน และไม้ขนุน โดยทำการศึกษา ค่า pH ค่าความถ่วงจำเพาะ และค่าการดูดกลืนแสง เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ทำการตรวจวัดสัปดาห์ละ 1 ครั้ง พบว่า ค่า pH ของน้ำส้มควันไม้มะม่วง กระท้อนและขนุน มีค่าเพิ่มขึ้นจากสัปดาห์แรกที่มีค่า 2.98, 2.85 และ 3.13 ตามลำดับ เป็น 3.48, 3.25 และ 3.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามลำดับในสัปดาห์ที่ 8 การศึกษาค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้มะม่วง กระท้อนและ  
ขนุน พบว่าค่าความถ่วงจำเพาะมีค่าลดลงจากสัปดาห์แรกที่มีค่า 1.034, 1.023 และ 1.051  
ตามลำดับ เป็น 1.031, 1.021 และ 1.041 ตามลำดับในสัปดาห์ที่ 8 และจากการศึกษาค่าการ  
ดูดกลืนแสงของน้ำส้มควันไม้มะม่วง กระท้อนและขนุน พบว่า มีค่าลดลงจากสัปดาห์แรกที่มีค่า  
1.060, 1.720 และ 1.671 ตามลำดับ เป็น 1.333, 1.455 และ 1.377 ตามลำดับ ในสัปดาห์ที่ 8  
จากการศึกษาค่าการดูดกลืนแสงที่มีค่าลดลงนั้นแสดงถึงค่าความสามารถส่องผ่านของแสง  
เพิ่มขึ้น ซึ่งหมายถึง ปริมาณสารที่ปนในน้ำส้มควันไม้หรือสารทาร์มีปริมาณลดลง เมื่อทิ้งให้  
ตกตะกอนเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คำนิยม

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดี เพราะได้รับความกรุณาช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากหลายท่านที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะ อาจารย์ลือพงษ์ ลือนาม ซึ่งเป็นที่ปรึกษาและประธานกรรมการที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ให้คำปรึกษาแนะนำ ตลอดจนความช่วยเหลือต่างๆ และช่วยตรวจสอบการดำเนินงานในการจัดทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ ตั้งแต่เริ่มจนกระทั่งเสร็จสิ้น อาจารย์เอนก บุญยืน ซึ่งเป็นกรรมการปัญหาพิเศษ ที่คอยให้คำปรึกษาในการเขียนเอกสาร รวมทั้งอาจารย์ในภาควิชาเทคนิคทุกท่านที่ช่วยให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในพระคุณของท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยเป็นกำลังใจ และสนับสนุนทุนการศึกษาตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมงและพี่เจ้าหน้าที่ทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์ สถานที่ พร้อมทั้งความรู้และคำแนะนำต่างๆ ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

ขอขอบพระคุณ พี่จรรยาพงศ์ เทียมประทีป ที่คอยให้คำแนะนำ ปรึกษาและคอยช่วยเหลือตลอดระยะเวลาการศึกษา

ขอขอบพระคุณ เพื่อนๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ และคอยให้กำลังใจเสมอ

จิตติมา สุดาบั้น

พฤษภาคม 2550

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	(ก)
สารบัญภาพ	(ข)
บทที่ 1 บทนำ (Introduction)	1
ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
สมมุติฐานของการวิจัย	2
ขอบเขตและข้อจำกัดของการศึกษา	2
นิยามศัพท์	2
บทที่ 2 ตีความเอกสารที่เกี่ยวข้อง (Review of Relate Literature)	4
ความหมาย คุณสมบัติและส่วนประกอบของน้ำส้มควันไม้	4
ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำส้มควันไม้	6
กระบวนการผลิต การเก็บรักษาและการทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์	6
การตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำส้มควันไม้	9
ประโยชน์ของน้ำส้มควันไม้	10
มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มควันไม้ดิบ	12
มะม่วง	12
ขนุน	16
กระท้อน	17
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
บทที่ 3 วิธีการวิจัย (Research Methodologies)	24
การศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้	24
การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้	28
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล(Finding and Results)	32
ผลการศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้	32
ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้	39
วิจารณ์ผลการทดลอง	46
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ(Conclusions and Recommendations)	47
สรุปการศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
สรุปการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้	47
ข้อเสนอแนะ	48
เอกสารอ้างอิง	49
ภาคผนวก ก. การศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้	52
ภาคผนวก ข. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้	79
ภาคผนวก ค. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มควันไม้ดิบ	86



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สารประกอบอินทรีย์ในน้ำส้มควันไม้จากไม้ยูคาลิปตัสและไม้ไผ่	5
2.2 อัตราส่วนการใช้ น้ำส้มควันไม้ตามวัตถุประสงค์ทางการเกษตร	10
4.1 ผลการศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้มะม่วง	33
4.2 ผลการศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้กระท้อน	36
4.3 ผลการศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้ขนุน	39
<b>ตารางภาคผนวกที่</b>	
ก.1 ผลการศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้มะม่วง	53
ก.2 ผลการศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้กระท้อน	53
ก.3 ผลการศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้ขนุน	54
ก.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองเผาไม้มะม่วงเตาที่1	54
ก.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองเผาไม้มะม่วงเตาที่2	57
ก.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองเผาไม้มะม่วงเตาที่3	60
ก.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองเผาไม้กระท้อนเตาที่1	63
ก.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองเผาไม้ขนุนเตาที่1	67
ก.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองเผาไม้ขนุนเตาที่2	69
ก.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองเผาไม้ขนุนเตาที่3	72
ข.1 ผลการศึกษาค่า pH ของน้ำส้มควันไม้มะม่วงระหว่างการเก็บรักษา	80
ข.2 ผลการศึกษาค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้มะม่วงระหว่างการเก็บรักษา	80
ข.3 ผลการศึกษาค่าดูดกลืนแสงของน้ำส้มควันไม้มะม่วงระหว่างการเก็บรักษา	81
ข.4 ผลการศึกษาค่า pH ของน้ำส้มควันไม้กระท้อนระหว่างการเก็บรักษา	81
ข.5 ผลการศึกษาค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้กระท้อนระหว่างการเก็บรักษา	81
ข.6 ผลการศึกษาค่าดูดกลืนแสงของน้ำส้มควันไม้กระท้อนระหว่างการเก็บรักษา	82
ข.7 ผลการศึกษาค่า pH ของน้ำส้มควันไม้ขนุนระหว่างการเก็บรักษา	82
ข.8 ผลการศึกษาค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้ขนุนระหว่างการเก็บรักษา	82
ข.9 ผลการศึกษาค่าดูดกลืนแสงของน้ำส้มควันไม้ขนุนระหว่างการเก็บรักษา	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
4.1 เตาเผาถ่าน 200 ลิตร	32
4.2 แสดงอุณหภูมิขณะเผาไม้มะม่วงเตาที่ 1 ,2 และ 3	34
4.3 แสดงอุณหภูมิขณะเผาไม้กระท้อน	35
4.4 แสดงอุณหภูมิขณะเผาไม้ขนุนเตาที่ 1-3	38
4.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำส้มควันไม้มะม่วง ในสัปดาห์ที่ 1-8	40
4.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้มะม่วงสัปดาห์ที่ 1-8	40
4.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงของน้ำส้มควันไม้มะม่วงสัปดาห์ที่ 1-8	41
4.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำส้มควันไม้กระท้อน สัปดาห์ที่ 1-8	42
4.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้กระท้อน สัปดาห์ที่ 1-8	43
4.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าการดูดกลืนแสงของน้ำส้มควันไม้กระท้อน สัปดาห์ที่ 1-8	43
4.11 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำส้มควันไม้ขนุนสัปดาห์ที่ 1-8	44
4.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้ขนุน สัปดาห์ที่ 1-8	44
4.13 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงของน้ำส้มควันไม้ขนุน สัปดาห์ที่ 1-8	45
<b>ภาพภาคผนวก</b>	
ก.ที่ 1 แสดงกระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้	76
ข.ที่ 1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้	84

# บทที่ 1

## บทนำ (Introduction)

### ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันประเทศไทยมีการทำเกษตรอินทรีย์เพิ่มขึ้น เนื่องจากผู้บริโภคให้ความสำคัญต่อความปลอดภัยของสุขภาพ สิ่งที่เกษตรกรนำมาใช้แทนสารเคมีในการผลิตเกษตรอินทรีย์ได้แก่ น้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยหมักชีวภาพ และน้ำส้มควันไม้ เป็นต้น น้ำส้มควันไม้เป็นสารอีกชนิดหนึ่ง ที่มีประโยชน์ต่อการเกษตรของไทย คือ เกษตรกรมักใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเร่งการเจริญเติบโต เร่งการออกของเมล็ดพืช ใช้เป็นสารป้องกันแมลง และบางครั้งมีการนำมาใช้ร่วมกับน้ำหมักชีวภาพ ด้วยกระบวนการผลิตและลักษณะของสารที่แตกต่างกันของน้ำส้มควันไม้และน้ำหมักชีวภาพ ทำให้ประโยชน์ที่ได้จากสารทั้ง 2 ชนิด แตกต่างกัน กล่าวคือ น้ำหมักชีวภาพใช้เป็นปุ๋ย แต่น้ำส้มควันไม้มีฤทธิ์เป็นฮอร์โมนซึ่งช่วยเร่งหรือระงับการเจริญเติบโตของพืชได้

น้ำส้มควันไม้เป็นของเหลวสีน้ำตาลใส มีกลิ่นเหม็นควันไฟ และมีฤทธิ์เป็นกรด ซึ่งได้จากการบวนการผลิตถ่าน (สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม, 2546) ในประเทศไทยนิยมนำน้ำส้มควันไม้มาใช้ประโยชน์ทางด้านการเกษตรเป็นส่วนมาก เช่น ใช้เป็นสารเร่งการออกของเมล็ดพืช การติดดอกออกผล ใช้ในการป้องกันแมลง เป็นต้น และยังมีการนำมาใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรมบ้างเป็นบางส่วน

น้ำส้มควันไม้มีองค์ประกอบของสารประกอบมากกว่า 200 ชนิด เช่น เมธานอล ฟีนอล เป็นต้น จึงทำให้มีประโยชน์หลากหลาย แต่ยังมีสารที่เป็นโทษหากนำมาใช้โดยไม่ผ่านการทำให้ น้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์ คือ สารทาร์ ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง มีลักษณะเป็นของเหลวหนืด ไม่ละลายน้ำ หากนำน้ำส้มควันไม้ที่ยังไม่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ อาจทำให้พืชตายได้ เนื่องจากสารทาร์ จะเกาะติดปากใบพืช รากพืช ทำให้พืชไม่สามารถหาอาหารได้ น้ำส้มควันไม้ที่สามารถนำมาใช้ได้ ต้องผ่านกระบวนการตกตะกอนอย่างน้อยเป็นเวลา 3 เดือน(สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม, 2549)

ปัจจัยที่ทำให้ น้ำส้มควันไม้มีคุณภาพแตกต่างกันคือ ชนิดไม้ อายุ สภาพเนื้อไม้ กระบวนการเผาและการจัดเก็บ(เกษตรกรรมธรรมชาติ, 2548) เพื่อให้ น้ำส้มควันไม้มีมาตรฐานเดียวกัน จึงมีการกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มควันไม้ดิบ ขึ้นเพื่อควบคุมคุณภาพการผลิตที่ได้จากการเผาไม้หลากหลายชนิด ไม้ที่เกษตรกรนิยมนำมาเผาถ่าน และน้ำส้มควันไม้ในเชิงการค้า ได้แก่ ไม้ยูคาลิปตัส และไม้ไผ่ เนื่องจากเป็นไม้ที่โตเร็ว หาซื้อได้ง่าย และให้คุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ่านสูง แต่เกษตรกรบางรายมีการนำไม้ที่เหลือจากการตัดแต่งกิ่งในสวนแปรรูปให้เป็นถ่าน ขาย ในรูปฟืน หรือใช้เป็นเชื้อเพลิงภายในครัวเรือน แต่โดยมากเกษตรกรปล่อยทิ้งไว้ไม่เกิดประโยชน์ เช่น ไม้มะม่วง ขนุน กระท้อน เป็นต้น ซึ่งไม้เหล่านี้จำเป็นต้องมีการดูแลตัดแต่งกิ่งในทุกปี จึงทำให้มีปริมาณไม้เหลือในสวนเป็นอย่างมาก

มะม่วง ขนุน กระท้อน เป็นไม้ผล ซึ่งมีพื้นที่ปลูกโดยทั่วไปของประเทศไทย และเป็นไม้ผล ที่มีการตัดแต่งกิ่ง บำรุงต้นในทุกปีการผลิต ทำให้มีไม้เหลือจากสวนเกษตรกรเป็นจำนวนมาก ซึ่ง เกษตรกรมีการจัดการโดยการใช้เป็นไม้ฟืนในครัวเรือน ขาย ปล่อยทิ้ง หรือมีการนำมาแปรรูปเป็น ถ่าน

การศึกษาในครั้งนี้จึงทำการศึกษา ถึงคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้ จากไม้ที่ เหลือจากการตัดแต่งกิ่ง คือ มะม่วง ขนุน และกระท้อน เพื่อศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงทาง กายภาพ คือ ค่าความเป็นกรด – ด่าง ค่าความถ่วงจำเพาะ และค่าความสามารถส่องผ่านของ แสง เพื่อเป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสามารถอ้างอิงถึงการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทาง กายภาพของน้ำส้มควันไม้ได้

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อศึกษาการเผาถ่านสำหรับการผลิตน้ำส้มควันไม้
- 1.2.2 เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้

## 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.3.1 ได้ทราบวิธีการเผาถ่านเพื่อการผลิตน้ำส้มควันไม้
- 1.3.2 สามารถทราบถึงคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้จากไม้ทั้งสามชนิด

## 1.4 สมมุติฐานของการวิจัย

คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้ มีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา

## 1.5 ขอบเขตและข้อจำกัดของการศึกษา

การศึกษาทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้ ได้ทำการศึกษาใน 2 ส่วน คือ 1. การศึกษา กระบวนการเผาถ่านเพื่อการผลิตน้ำส้มควันไม้ โดยทำการศึกษา ปริมาณไม้ ระยะเวลาการเผา อุณหภูมิ ปริมาณน้ำส้มควันไม้ และปริมาณถ่านที่ได้ 2. ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควนไม้ โดยทำการศึกษา ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าความถ่วงจำเพาะ และค่าความสามารถส่องผ่านของแสง เป็นเวลา 45 วัน

### 1.6 นิยามศัพท์

น้ำส้มควนไม้ หมายถึง เป็นของเหลวสีน้ำตาลใสมีกลิ่นควนไฟ ได้จากการควบแน่นควนที่เกิดจากการผลิตถ่านไม้ในช่วงที่ไม้กลายเป็นถ่าน อุณหภูมิในเตาอยู่ระหว่าง 300-400 องศาเซลเซียส เมื่อตกตะกอนแล้วจึงนำมาใช้ประโยชน์ด้านการเกษตร (เกียรติศักดิ์ สุตะพรหม, 2548)

คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควนไม้ หมายถึง ลักษณะที่บ่งบอกถึงคุณภาพของน้ำส้มควนไม้ ได้แก่ ค่า pH ค่าความถ่วงจำเพาะ และค่าความสามารถส่องผ่านของแสง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้อง (Review of Relate Literature)

ในการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้ ครั้งนี้ได้ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีหัวข้อการศึกษาดังนี้

1. ความหมาย คุณสมบัติและส่วนประกอบของน้ำส้มควันไม้
2. ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำส้มควันไม้
3. กระบวนการผลิต การเก็บรักษาและการทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์
4. การตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำส้มควันไม้
5. การใช้ประโยชน์และประสิทธิภาพการใช้น้ำส้มควันไม้ทางการเกษตร
6. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มควันไม้ดิบ
7. มะม่วง
8. ขนุน
9. กระท้อน
10. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ความหมาย คุณสมบัติและส่วนประกอบของน้ำส้มควันไม้

น้ำส้มควันไม้เป็นของเหลวสีน้ำตาลใสมีกลิ่นเหม็นควันไฟ ที่ได้จากการควบแน่นควันซึ่งเกิดจากการผลิตถ่านไม้ในช่วงไม้กลายเป็นถ่าน ที่อุณหภูมิระหว่าง 300-400 องศาเซลเซียส สารประกอบต่างๆ ในไม้พืชมจะถูกสลายตัวด้วยความร้อนเกิดเป็นสารประกอบใหม่ หากเก็บน้ำส้มควันไม้ในช่วงอุณหภูมิที่ต่ำหรือสูงกว่า 300-400 องศาเซลเซียส น้ำส้มควันไม้ที่ได้จากช่วงดังกล่าวไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ประโยชน์ คือถ้าเก็บน้ำส้มควันไม้ในช่วงอุณหภูมิเกิน 425 องศาเซลเซียส จะได้น้ำมันดินในปริมาณมาก ซึ่งน้ำมันดินจะสลายตัวเป็นสารก่อมะเร็ง ได้แก่ 3-4 Benzopyrene และ 1-2-5-6 Dibenzanthracenementyl Cholinsrene แม้ว่าสารดังกล่าวสามารถกำจัดออกได้ง่ายจากการกลั่นที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส แต่การกลั่นจะทำให้สูญเสียสารประกอบบางอย่างที่เป็นประโยชน์ได้

ผลผลิตน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการดักเก็บควันได้ประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักไม้พืชม และเมื่อนำไปผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์แล้ว จะได้เพียงประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำส้มควันไม้มีคุณสมบัติเป็นกรด มีค่า pH ประมาณ 3 และค่าความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.007-1.013 ซึ่งมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารประกอบมากกว่า 200 ชนิด สารประกอบที่สำคัญได้แก่ น้ำ 85 เปอร์เซ็นต์ กรดอินทรีย์ ประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ และสารอินทรีย์อื่นๆอีกประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งกรดอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำส้มควันไม้มีหลายชนิด สารที่สำคัญ ได้แก่ กรดอะซิติก (กรดน้ำส้ม) กรดฟอร์มิก(กรดนม) เมธานอล ฟอร์มัลดีไฮด์ อะซีโตน และฟีนอล สารแต่ละตัวมีคุณสมบัติดังนี้

1. กรดอะซิติก หรือ กรดน้ำส้ม มีฤทธิ์เป็นตัวกัดกร่อน มีความเปรี้ยวใช้ฆ่าเชื้อโรคได้
2. กรดฟอร์มิก หรือ กรดนม มีฤทธิ์เป็นตัวทำลาย (ช่วยในการปรับตัวของดินดีขึ้น)
3. เมธานอล เป็นแอลกอฮอล์ที่ไม่สามารถทานได้ (หากเข้าตาจะทำให้ตาบอด) มีคุณสมบัติใช้เร่งการงอกของเมล็ดและราก ใช้ฆ่าเชื้อโรคได้
4. ฟอร์มัลดีไฮด์ มีคุณสมบัติเป็นพิษ (ถ้าสูดดมจะทำให้เป็นลมได้) มีพิษสูงในการฆ่าเชื้อโรคและแมลง เป็นตัวควบคุม ระวัง และยับยั้ง
5. อะซีโตน เป็นสารอินทรีย์วัตถุ ใช้ทำน้ำยาล้าง น้ำยาทาเล็บและเป็นสารเสพติด
6. ฟีนอล เป็นสารฆ่าแมลง ใช้ล้างแผล ทำยาจำพวกแอสไพริน ทำกรด Picric อันเป็นวัตถุระเบิด และวัตถุหลอมเหลว นอกจากนั้นยังเป็นกลุ่มที่ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม, 2547)

## ตารางที่ 2.1 สารประกอบอินทรีย์ในน้ำส้มควันไม้จากไม้ยูคาลิปตัสและไม้ไผ่

สารประกอบ	ไม้ยูคาลิปตัส (ร้อยละ)	ไม้ไผ่ (ร้อยละ)
อะซีโตน	2.23	2.89
กรดอะซิติก	63.33	64.64
กรดโพไฟโอนิก	1.74	2.47
แกรมมา-บิวไทโรแลคโตน	2.34	3.41
ทู-ฟูแรนเมธานอล	1.08	1.98
ฟีนอล	1.51	5.00

ที่มา: สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม (2547)

จากตารางที่ 2.1 จะเห็นได้ว่าสารประกอบที่มีในน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากไม้ต่างชนิดกัน มีปริมาณสารที่แตกต่างกันตามชนิดไม้ ตัวอย่างเช่น ฟีนอล เป็นสารที่ได้จากการสลายตัวของลิกนิน ซึ่งลิกนินมีมากในไม้ไผ่ และมีน้อยในไม้ยูคาลิปตัสจึงทำให้ปริมาณฟีนอลจากไม้ทั้งสองมีปริมาณที่แตกต่างกันด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำส้มควันไม้

2.2.1 ชนิดไม้ ไม้ทุกชนิดมีส่วนประกอบเหมือนกันมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ เซลลูโลส (Cellulose) ซึ่งเกิดจากกลูโคสประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) ซึ่งเกิดจากไกลโคไซด์หลายชนิดประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน (Lignin) ซึ่งเกิดจากสารประกอบเอโรเมติก ประมาณ 20-30 เปอร์เซ็นต์ ในไม้แต่ละชนิดจะมีสารเหล่านี้ในปริมาณที่แตกต่างกัน เช่น ไม้ไผ่จะมีส่วนประกอบของสารลิกนินที่มากกว่าไม้ยูคาลิปตัสจึงทำให้สารประกอบของน้ำส้มควันไม้ที่ได้มีปริมาณที่แตกต่างกันดังตารางที่ 2-1 และส่วนประกอบอื่นๆ อีกเพียงเล็กน้อยที่มีผลต่อคุณสมบัติของน้ำส้มควันไม้ที่มีความแตกต่างกันคือ สารประกอบเฉพาะตัว (Extract compounds) ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของไม้แต่ละชนิด(วิชณี บุญญะปฎิภาค, 2544) ดังนั้น ถ่านไม้และน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตจากไม้แต่ละชนิดจึงมีคุณสมบัติพิเศษแตกต่างกันด้วย

2.2.2 ช่วงอุณหภูมิที่ดักเก็บควัน ช่วงอุณหภูมิที่ดักเก็บควัน หากเก็บในช่วงที่ไม่เหมาะสมจะส่งผลต่อคุณภาพของน้ำส้มควันไม้ กล่าวคือหากเก็บเร็วไปจะทำให้มีส่วนผสมของน้ำในปริมาณที่มากเกินไป หรือหากเก็บในช่วงที่ยาวนานเกินไปจะทำให้มีส่วนของน้ำมันดิน หรือทาร์ติดออกมา ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเริ่มเก็บควัน คือ ช่วงอุณหภูมิปากปล่องประมาณ 80 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิภายในเตาประมาณ 300 องศาเซลเซียส และหยุดเก็บควันเมื่ออุณหภูมิปากปล่องประมาณ 150 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิภายในเตาประมาณ 450 องศาเซลเซียส จึงทำการหยุดเก็บควัน เนื่องจากหากมีการเก็บในช่วงอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิดังกล่าวจะทำให้ได้น้ำส้มควันไม้ที่มีสารทาร์ปนออกมามาก ซึ่งไม่เหมาะต่อการนำไปใช้ประโยชน์ (สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม, 2549 ข.)

## 2.3 กระบวนการผลิต การเก็บรักษาและการทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์

น้ำส้มควันไม้เป็นสารอินทรีย์ที่ได้จากกระบวนการเผาถ่าน ซึ่งมีกระบวนการผลิตและวิธีการเก็บรักษา ดังนี้

2.3.1 กระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้ น้ำส้มควันไม้เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการเผาถ่านในระบบปิด หรือเตาที่สามารถควบคุมอากาศได้ เพื่อให้อุณหภูมิขณะเผาเป็นไปตามขั้นตอนกระบวนการคาร์บอนไนเซชัน ซึ่งสามารถเก็บน้ำส้มควันไม้ได้เมื่ออุณหภูมิภายในเตาประมาณ 300-400 องศาเซลเซียส ประเภทเตาที่สามารถเผาและให้ผลผลิตน้ำส้มควันไม้ ได้แก่ เตาอิฐเตะ ซึ่งเป็นเตาขนาดใหญ่ รูปทรงคล้ายหยดน้ำมีการออกแบบเพื่อการไหลเวียนของอากาศได้เป็นอย่างดี ใ้ระยะเวลาในการเผาประมาณ 15 วัน เตาอิฐเตะเหมาะแก่การผลิตถ่านเพื่อการค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตาดินเหนียวมีลักษณะรูปทรงโดม สร้างด้วยดินเหนียวทั้งหมด ใช้เวลาในการเผาประมาณ 15 วัน และเตาเผาถ่าน 200 ลิตร เป็นเตาที่สร้างจากถ่านน้ำมัน 200 ลิตร มีขนาดเล็ก ต้นทุนในการสร้างต่ำเหมาะกับการใช้ในครัวเรือน ใช้เวลาในการเผาประมาณ 1 วัน ซึ่งเตาแต่ละประเภทอาจใช้เวลาในกระบวนการเผาแต่ละขั้นตอนที่แตกต่างกัน คือ เตาที่มีขนาดใหญ่จะใช้เวลามากกว่าเตาที่มีขนาดเล็กกว่า แต่มีขั้นตอนการเผาที่เหมือนกัน(สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม, 2546) ดังนี้

2.3.1.1 ช่วงไล่ความชื้น เมื่อเริ่มจุดไฟหน้าเตา อุณหภูมิจะเริ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ อุณหภูมิที่ปากปล่องประมาณ 55-60 องศาเซลเซียส และในเตาประมาณ 150 องศาเซลเซียส ควันเริ่มมีกลิ่นเหม็น และเมื่อเติมเชื้อเพลิงอย่างสม่ำเสมอ อุณหภูมิภายในเตาจะสูงขึ้นประมาณ 200-250 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิปากปล่องที่ 70-75 องศาเซลเซียส ควันเริ่มมีกลิ่นเหม็นฉุนและความชื้นในเนื้อไม้ลดต่ำลง

2.3.1.2 ช่วงไม้กลายเป็นถ่าน เมื่อปล่อยให้ไฟหน้าเตาติดเรื่อยๆ อุณหภูมิที่ปากปล่องจะสูงขึ้นถึง 80-85 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในเตาประมาณ 300-400 องศาเซลเซียส ควันในช่วงนี้จะรวมตัวกันหนาแน่นและพุ่งแรง ควันมีสีขาวขุ่นและมีกลิ่นเหม็นฉุน ควันลักษณะนี้เรียกว่าควันบ้า ซึ่งในช่วงนี้ไม้เริ่มกลายเป็นถ่าน หรือเกิดปฏิกิริยาคายความร้อน อุณหภูมิในเตาจะสูงขึ้น จนกระทั่งไม่ต้องใส่เชื้อเพลิงหน้าเตา ซึ่งเป็นช่วงที่สำคัญมากในการดักเก็บควันเพื่อให้กลายเป็นน้ำส้มควันไม้ การเก็บน้ำส้มควันไม้จะอาศัยการสังเกตควัน โดยควันมีสีเหลือง อุณหภูมิภายในเตาที่ 300-400 องศาเซลเซียส และการนำกระเบื้องแผ่นเรียบสีขาวฉิ่งที่ปากปล่องแล้วสังเกตหยดน้ำ หากหยดน้ำมีสีเหลืองปนน้ำตาลจึงเริ่มเก็บน้ำส้มควันไม้ได้ โดยการนำท่อไม้ไผ่ทะลุปล่องยาวประมาณ 3-5 เมตร หรือวัสดุทนกรดสวมที่ปากปล่องควันเพื่อดักเก็บควัน เมื่อควันที่มีอุณหภูมิสูงสัมผัสกับผิวท่อที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าทำให้เกิดการควบแน่นกลายเป็นหยดน้ำ ในการหยุดเก็บน้ำส้มควันไม้สังเกตจากหยดน้ำมีสีดำนับออกมาและมียุทธศาสตร์เหนียวเหนียวซึ่งเป็นลักษณะของน้ำมันดิน และสังเกตจากสีควัน หากสีควันมีสีน้ำเงินจึงทำการหยุดเก็บน้ำส้มควันไม้

2.3.1.3 ช่วงทำถ่านให้บริสุทธิ์ เมื่อผ่านขั้นตอนจากไม้กลายเป็นถ่านสิ้นสุดลงที่อุณหภูมิประมาณ 400 องศาเซลเซียส แต่ถ่านที่ได้ยังมีปริมาณคาร์บอนเสถียรต่ำ และยังมีปริมาณน้ำมันดินเป็นส่วนประกอบอยู่มาก หากนำไปใช้ประโยชน์จะได้ถ่านที่มีคุณภาพต่ำ และเมื่อนำไปประกอบอาหารปิ้ง-ย่าง น้ำมันดินที่ยังคงค้างอยู่ในถ่านเมื่อถูกเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 425 องศาเซลเซียส จะเกิดเป็นสารประกอบใหม่ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง ดังนั้นจึงต้องเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น โดยเพิ่มอากาศให้เข้าในเตามากขึ้น ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นถึง 700 องศาเซลเซียสในช่วงนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้เวลาประมาณ 30 นาที และหยุดเพิ่มอากาศเมื่อสังเกตเห็นควันเริ่มไธ และทำการปิดเตา ในช่วงการทำถ่านให้บริสุทธิ์ไม่ควรเก็บน้ำส้มควันไม้ เนื่องจากมีสารก่อมะเร็งปนออกมามาก (ชมรมสวนป่า ผลิตภัณฑ์และพลังงานจากไม้, 2546)

2.3.1.4 การทำถ่านให้เย็น เป็นช่วงที่ปล่อยให้เตาเย็นลง ก่อนที่จะนำถ่านไม้ออกจากเตามาใช้ประโยชน์ ก่อนการเปิดเตาอุณหภูมิภายในเตาต้องต่ำกว่า 50 องศาเซลเซียส เนื่องจากถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 50 องศาเซลเซียส จะทำให้ถ่านลุกติดไฟได้ การเปิดเตาต้องเปิดที่ปล่องก่อนเพื่อระบายความร้อนและแก๊สที่ยังคงค้างอยู่ในเตาทั้งหมด (สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม, 2547)

2.3.2 การเก็บรักษาและการทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์ น้ำส้มควันไม้ที่ได้หลังการดักเก็บควัน ไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทันที เนื่องจากการเปลี่ยนจากไม้เป็นถ่านไม่ได้เกิดขึ้นพร้อมกันทั้งเตา ดังนั้น ควันที่เกิดขึ้นจึงเป็นควันที่ผสมระหว่างควันที่เกิดจากอุณหภูมิต่ำและสูง ทำให้มีน้ำมันดินและสารระเหยง่ายปนออกมาด้วย น้ำมันดินเป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ จึงนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรไม่ได้ เนื่องจากอาจปิดปากใบพืช และเกาะติดรากพืชทำให้พืชเติบโตช้าหรือตายได้ นอกจากนี้หากตกลงพื้นดินจะทำให้ดินแข็งเป็นดาน รากพืชไม่สามารถไชลงดินได้ ดังนั้นเมื่อเก็บน้ำส้มควันไม้แล้วต้องทิ้งช่วงและมีการทำให้น้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์ก่อนการนำไปใช้อย่างน้อย 3 เดือน โดยเก็บในบริเวณที่มีอากาศเย็น ทึบแสงและไม่มีการกระทบกระเทือน หากเก็บไว้ในที่โล่งแจ้งน้ำส้มควันไม้จะทำปฏิกิริยากับอากาศ และแสงอุลตราไวโอเล็ตจากแสงอาทิตย์กลายเป็นน้ำมันดินในปริมาณเพิ่มขึ้น

ในการทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์ เพื่อให้เหมาะแก่การนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น ด้านการเกษตร อุตสาหกรรม และด้านครัวเรือน เป็นต้น ในการทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์สามารถทำได้ 3 วิธี ดังนี้

2.3.2.1 การปล่อยให้ตกตะกอน โดยนำน้ำส้มควันไม้ที่ได้ใส่ในภาชนะทรงสูง มีความสูงมากกว่าความกว้าง 3 เท่า และทิ้งให้ตกตะกอนประมาณ 90 วัน น้ำส้มควันไม้ตกตะกอนแบ่งเป็น 3 ชั้น ชั้นบนสุดเป็นน้ำมันใส ชั้นกลางเป็นของเหลวใสสีขาว คือ น้ำส้มควันไม้ และชั้นล่างสุดเป็นของเหลวข้นสีดำ คือ น้ำมันดิน หากนำผงถ่านผสมประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักผงถ่านสามารถดูดซับทั้งน้ำมันใสและน้ำมันดินให้ตกตะกอนในเวลาที่เร็วขึ้นเพียง 45 วัน แต่อาจสูญเสียสารที่มีประโยชน์บางตัวไปบ้าง และค่าความเป็นกรดเป็นด่างอาจมีค่าเปลี่ยนแปลงได้ ระหว่างการปล่อยให้ตกตะกอน สารประกอบในน้ำส้มควันไม้จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจน และทำปฏิกิริยาซึ่งกันและกัน เปลี่ยนเป็นสารใหม่ที่มีโมเลกุลยาวขึ้น เช่น พอร์มัลดีไฮด์กับฟีนอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนเป็นน้ำมันดินแล้วเกิดการตกตะกอนหรือจับตัวติดแน่นกับผนังภาชนะ เมื่อปล่อยให้ น้ำส้มควันไม้ตกตะกอนครบกำหนดอย่างน้อย 3 เดือน แล้วจึงนำ น้ำส้มควันไม้มากรอง ก่อนการนำไปใช้ประโยชน์ น้ำส้มควันไม้ที่บริสุทธิ์ต้องมีน้ำมันดินไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ง่ายโดยการสังเกตความใสของน้ำส้มควันไม้ หากมีน้ำมันดินเกิน 1 เปอร์เซ็นต์ น้ำส้มควันไม้มีลักษณะขุ่นและมีสีดำ น้ำส้มควันไม้ที่ดีมีลักษณะใสสีชา หรือน้ำตาลแดง ซึ่งสีของน้ำส้มควันไม้นั้นขึ้นอยู่กับชนิดของไม้ที่เผาได้(สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม, 2547)

2.3.2.2 การกรอง โดยการใช้นำกรองหรือถังถ่านกรองที่ใช้ผงถ่านกัมมันต์ ซึ่งจะได้คุณสมบัติที่แตกต่างกัน เนื่องจากถ่านกัมมันต์จะลดความเป็นกรดในน้ำส้มควันไม้ ในวิธีนี้เป็น การกรองเพื่อลดปริมาณสารอาหารหรือน้ำมันดินให้ลดลง

2.3.2.3 การกลั่น โดยกลั่นได้ทั้งแบบความดันบรรยากาศ และการกลั่นแบบลดความดันรวมทั้งการกลั่นแบบลำดับส่วนเพื่อแยกเฉพาะสารใดสารหนึ่งในน้ำส้มควันไม้มาใช้ประโยชน์มักนำมาใช้ในอุตสาหกรรมผลิตยา

ทั้งวิธีการกรองและวิธีการกลั่น ต้องทำหลังจากน้ำส้มควันไม้ผ่านการตกตะกอน เนื่องจากต้องให้ปฏิกิริยาในน้ำส้มควันไม้ เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ จึงนำมากรองและกลั่นได้(ชมรมสวนป่า ผลิตภัณฑ์และพลังงานจากไม้, 2546)

## 2.4 การตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำส้มควันไม้

เพื่อให้การนำน้ำส้มควันไม้ไปใช้ได้เหมาะสมกับการเกษตรและปศุสัตว์ น้ำส้มควันไม้ที่ดีจึงจะต้องมีคุณสมบัติต่างๆ(สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม, 2549) ดังนี้

2.4.1 สี น้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการเผาถ่านและปล่อยให้ตกตะกอนแล้ว จะมีลักษณะใสเป็นสีชา หรือเหลืองปนน้ำตาล สีดำของสารทาร์ลดลงเนื่องจากการตกตะกอน

2.4.2 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) น้ำส้มควันไม้ที่ดีมีคุณสมบัติเป็นกรด โดยค่าความเป็นกรดต่างที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร คือ 2.5 ถึง 3 สามารถตรวจสอบได้โดยการใช้กระดาษลิตมัส จุ่มที่น้ำส้มควันไม้แล้วสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของแถบสีบนกระดาษดังกล่าว เทียบกับตัวอย่างสีบนดิลบ หรือภาชนะที่ใส่กระดาษลิตมัส แล้วอ่านค่า ซึ่งค่า pH เท่ากับ 7 มีสภาพเป็นกลาง ถ้าค่ามากกว่า 7 คือสภาพเป็นด่าง และถ้าน้อยกว่า 7 คือสภาพเป็นกรด กรณีที่ไม่ใช้กระดาษลิตมัส อาจใช้เครื่องมือวัด pH ที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเครื่องมือดังกล่าวจะแสดงผลออกมาเป็นตัวเลขที่ชัดเจน ให้ความแม่นยำมากกว่าการใช้กระดาษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



2.5.2 การใช้ประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรม ปัจจุบันน้ำส้มควันไม้มีบทบาทต่อการผลิตภาคอุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก โดยการนำน้ำส้มควันไม้แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ดังนี้

- 1) ใช้ผลิตสารดับกลิ่นตัว โดยเฉพาะในประเทศญี่ปุ่นมีการนำน้ำส้มควันไม้ผลิตเป็นสารตัวสารดับกลิ่นตัว มากกว่าปีละ 1 ล้านลิตร
- 2) ใช้เป็นสารปรับผิวนุ่ม ทั้งใช้ทางทางผิวหนังโดยตรง หรือการใช้ผสมน้ำอาบ
- 3) ใช้ในอุตสาหกรรมรมควัน เนื่องจากน้ำส้มควันไม้มีกลิ่นควันไฟ จึงสามารถนำไปผสมอาหารเพื่อให้มีกลิ่นควัน เช่น ไส้กรอกรมควัน
- 4) ใช้ผลิตเป็นสารช่วยย่อย และยังสามารผลิตเป็นสารป้องกันเนื้อไม้จากเชื้อราและแมลงได้
- 5) ใช้ผลิตยารักษาโรคผิวหนัง ยาฆ่าเชื้อไทฟอยด์ อาหารเสริมเพิ่มภูมิต้านทาน และอาหารเสริมการทำงานของตับ

2.5.3 การใช้ประโยชน์ในครัวเรือน น้ำส้มควันไม้เป็นสารที่มีประโยชน์มากมาย เหมาะที่จะมีไว้สำหรับการใช้ประโยชน์ในบ้าน ซึ่งสามารถลดการใช้สารเคมีได้ดังนี้

- 1) ความเข้มข้น 100 เท่า ใช้รักษาแผลสด แผลถูกน้ำร้อนลวกและไฟลวก รักษาโรคน้ำกัดเท้าและเชื้อราที่ผิวหนังได้
- 2) ผสมน้ำ 20 เท่า ใช้ราดทำลายปลวกและมด
- 3) ผสมน้ำ 50 เท่า ป้องกันปลวก มด และสัตว์ต่างๆ เช่น ตะขาบ ตะเข็บ แมงป่องและกิ้งกือได้
- 4) ผสมน้ำ 100 เท่า ภาควิทยาโคนต้นไม้รักษาโรครา และโรคเน่า รวมทั้งป้องกันแมลงไม่ให้วางไข่ ใช้ฉีดพ่นถังขยะเพื่อป้องกันกลิ่นและแมลงวัน ใช้ดับกลิ่นในห้องน้ำ ครัวและบริเวณขึ้นแฉะ ใช้ดับกลิ่นกรงสัตว์ ใช้หมักขยะสดและเศษอาหารเป็นปุ๋ยสำหรับไม้ประดับรอบบ้าน
- 5) ผสมน้ำ 200 เท่า ฉีดพ่นใบไม้เพื่อขับไล่แมลงและป้องกันเชื้อรา และรดโคนต้นเพื่อเร่งการเจริญเติบโต

2.5.4 ข้อควรระวังในการใช้ประโยชน์จากน้ำส้มควันไม้ ดังนี้

- 1) ก่อนการนำน้ำส้มควันไม้ไปใช้ประโยชน์ ต้องทิ้งไว้ให้ตกตะกอนเป็นเวลาอย่างน้อย 3 เดือน
- 2) เนื่องจากน้ำส้มควันไม้มีความเป็นกรดสูง ควรระวังอย่าให้เข้าตา
- 3) น้ำส้มควันไม้ไม่มีคุณสมบัติเป็นปุ๋ย แต่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา หรือฮอร์โมน ดังนั้นการใช้ทางการเกษตรน้ำส้มควันไม้จะเป็นตัวเสริมประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การใช้น้ำส้มควันไม้เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และแมลงในดินที่เป็นโทษกับพืช ควรทำก่อนการเพาะปลูกพืชอย่างน้อย 10 วัน

5) การใช้น้ำส้มควันไม้ต้องพิจารณาตามความเหมาะสมของพืชแต่ละชนิด

6) การฉีดน้ำส้มควันไม้เพื่อช่วยให้ดอกติดผล ควรฉีดก่อนดอกบาน เนื่องจากหากฉีดหลังจากดอกบานส่งผลให้แมลงที่เป็นประโยชน์ไม่เข้าผสมเกสร เนื่องจากกลิ่นเหม็นฉุนของน้ำส้มควันไม้ และอาจส่งผลให้ดอกหลุดร่วงได้(สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม, 2547)

## 2.6 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มควันไม้ดิบ

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนคือ สิ่งที่ยังบอกถึงลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้คุณภาพ โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ ครอบคลุมเฉพาะน้ำส้มควันไม้ดิบที่ใช้ในการเกษตร ปศุสัตว์ อุตสาหกรรม และครัวเรือน ซึ่งหมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในรูปของเหลวใส สีน้ำตาลแดง หรือสีเหลืองอมน้ำตาล ได้จากการควบแน่นของควันไฟที่เกิดจากการเผาถ่านในช่วงอุณหภูมิ 300 -400 องศาเซลเซียส โดยใช้อุปกรณ์ควบแน่นที่ทำจากสแตนเลสหรือไม้ เพื่อป้องกันการละลายของแคลเซียม เหล็ก หรือสังกะสี นำไปผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ โดยตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนอย่างน้อย 45 วัน แล้วนำมากรอง นำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร ปศุสัตว์ อุตสาหกรรม และในครัวเรือน ซึ่งมีข้อกำหนดคุณสมบัติดังนี้

1) ลักษณะทั่วไป ต้องเป็นของเหลวใส สีน้ำตาลหรือสีเหลืองอมน้ำตาล เป็นเนื้อเดียวกัน ไม่แยกกัน ตกตะกอน มีสิ่งแปลกปลอม หรือมีสารแขวนลอย

2) กลิ่น ต้องมีกลิ่นเหมือนควันไฟ

3) การเปลี่ยนสี ต้องไม่เปลี่ยนเป็นสีดำ

4) ความเป็นกรด-ด่าง ต้องอยู่ระหว่าง 2.8-3.7

5) ความถ่วงจำเพาะ ต้องไม่น้อยกว่า 1.005 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

## 2.7 มะม่วง

มะม่วงเป็นไม้ยืนต้น มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Mangifera indica* Linn. เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ รากสามารถแผ่กว้างได้ถึง 750 เซนติเมตร ลึก 30-60 เซนติเมตร ลำต้นสูงถึง 10-14 เมตร ช่อดอกและดอกของมะม่วงจะออกที่ปลายกิ่งหรือตากิ่ง ยาวประมาณ 10-16 เซนติเมตร ในแต่ละช่อมีดอกประมาณ 1,000-6,000 ดอก ก้านช่อดอกมีสีแดงและมีขน มีดอกสมบูรณ์เพศเพียง 1-30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งขึ้นอยู่กับ พันธุ์ที่ปลูก สภาพแวดล้อม ปริมาณแสงและฤดูกาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดอกมะม่วงเรียงตัวเป็นช่อดอกย่อยแบบ Cyme มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5-8 มิลลิเมตร ก้านดอกสั้น มีหลายสีแตกต่างกัน มีกลีบเลี้ยง 5 กลีบแยกกันมีลักษณะโค้งงอ สีเขียวอมเหลือง มีขนแข็งยาวปกคลุมอยู่ ดอกสมบูรณ์เพศมีรังไข่ 1 ช่อง ไข่ 1 ฟอง รูปร่างเบี้ยวไม่มีก้าน ก้านเกสรตัวเมียและยอดเกสรตัวเมียมีขนาดเล็ก

ผล มีลักษณะที่แตกต่างกันมากในด้านขนาด รูปร่าง สี ปริมาณเสี้ยน รสชาติและกลิ่น มีผิวผลเรียบ ความยาวของผลตั้งแต่ 2.5- 3.0 เซนติเมตร กว้าง 1.5-10 เซนติเมตร ผลมักมีรูปร่างแบนด้านข้างและอาจแตกต่างกันในส่วน แก้ม ไหล่ และจงอย เป็นต้น ผลจะแก่ภายหลังจากดอกบานประมาณ 90-120 วัน(เฉลิมชัย แก้ววรชาติ, 2539) การปลูกมะม่วงเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดีมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.7.1 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม มะม่วงสามารถปลูกและผลิตดอกออกผลได้ดีในพื้นที่ทุกจังหวัด แต่จะให้ผลแตกต่างกันไป ตามสภาพของพื้นที่ ยกเว้นบางจังหวัดในภาคใต้ที่มีปริมาณฝนตกมาก และการกระจายของฝนเกือบตลอดปี กล่าวคือ ถ้าปลูกในพื้นที่ที่มีฝนตกมาก จะทำให้มะม่วงเจริญเติบโตทางด้านลำต้นมาก แต่ไม่ออกดอกออกผลเท่าที่ควร การปลูกมะม่วงเป็นการค้า และปลูกเป็นจำนวนมากๆ ควรคำนึงถึงสภาพดินฟ้าอากาศที่เหมาะสม(กรมวิชาการ เกษตร, 2532) ดังต่อไปนี้

1) สภาพพื้นที่ที่เหมาะสม พื้นที่ในการปลูกมะม่วงควรเป็นพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 10-300 เมตร มะม่วงสามารถปลูกได้ที่ดอนและที่ลุ่มและน้ำไม่ท่วมขัง พื้นที่ที่มีความลาดเอียงไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์ มีการคมนาคมและการขนส่งสะดวก

2) ลักษณะดิน ดินที่เหมาะสมควรเป็นดินร่วนปนทราย มีการระบายน้ำได้ดี มีความเป็นกรดปานกลางถึงด่างเล็กน้อยประมาณ 5.5-7.5 ซึ่งโดยทั่วไปแล้วมะม่วงมีความสามารถในการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตได้ดีในสภาพความเป็นกรด - ด่าง ของดินที่ค่อนข้างกว้าง

3) สภาพภูมิอากาศ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการปลูกมะม่วงเฉลี่ยทั้งปีประมาณ 20-34 องศาเซลเซียส ต้องการช่วงแล้งก่อนการออกดอกประมาณ 2 เดือน และอุณหภูมิต่ำประมาณ 15-20 องศาเซลเซียส ต่อเนื่องกันประมาณ 2 สัปดาห์ ขึ้นอยู่กับพันธุ์ มะม่วงบางพันธุ์ไม่ต้องการอุณหภูมิต่ำเพื่อกระตุ้นการสร้างตาดอก เช่นพันธุ์ที่มีนิสัยการออกดอกทะวาย ปริมาณน้ำฝนที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 700-1500 มิลลิเมตรต่อปี และการตกของฝนกระจายตัวสม่ำเสมอในฤดูฝน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) แหล่งน้ำ การปลูกมะม่วงควรมีแหล่งน้ำที่สะอาดไม่มีสารที่เป็นพิษปนเปื้อน น้ำมีความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมประมาณ 6.0-7.5 และต้องมีน้ำใช้อย่างเพียงพอ โดยเฉพาะในระยะพัฒนาผล

2.7.2 การปลูก การปลูกมะม่วงนิยมปลูกในฤดูฝน เนื่องจากมีความชื้นสูงสามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินอุดมสมบูรณ์ การปลูกทั่วไปมักปลูกระยะห่างแถว 6-8 เมตร ระหว่างต้น 6-8 เมตร หรือการปลูกระยะชิดเป็นการปลูกที่ใช้พื้นที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดอาจใช้ระยะปลูก 4x4 เมตร การขยายพันธุ์ทำได้โดยการเพาะเมล็ด การตอนกิ่งและการทาบกิ่ง หลังจากปลูกด้วยการทาบกิ่งประมาณ 3 ปี สามารถให้ผลผลิตได้นานกว่า 15 ปี โดยผลผลิตจะสูงขึ้นทุก ๆ ปีเฉลี่ยในปีที่ 8 มีปริมาณผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 50-100 กิโลกรัมต่อต้น(มะม่วง, 2549)

2.7.3 การตัดแต่งกิ่ง คือการตัดกิ่งให้ขาด ให้ได้รูปทรงตามต้องการและต้องทำตั้งแต่ต้นมะม่วงยังมีขนาดเล็ก ติดต่อกันทุกปี การตัดแต่งกิ่งมีประโยชน์ คือ(เฉลิมชัย แก้ววรชาติ, 2539) ทำให้ได้รูปทรงและลักษณะตามต้องการ ซึ่งเป็นผลดีต่อการออกดอก ติดผล และสะดวกต่อการปฏิบัติดูแลรักษา ช่วยลดอัตราการคายน้ำ รักษาสมดุลปริมาณน้ำที่พืชได้รับกับส่วนที่ระเหยไป รักษาความแข็งแรงของต้นให้มีอายุยืน และได้ปุ๋ย ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการตัดแต่งกิ่งและใบ ในการตัดแต่งกิ่งสามารถแบ่งตามปริมาณการตัดได้ดังนี้

1) การตัดแต่งกิ่งแบบบางเบา เป็นการบังคับ และเลือกกิ่งให้เจริญเติบโตไปในทิศทางที่ต้องการ ตัดกิ่งที่ไม่ต้องการออก เช่น กิ่งที่เป็นโรคและแมลงทำลาย กิ่งกระโดง กิ่งไข้ว กิ่งไม่สมบูรณ์ กิ่งที่ปลายแน่นมากเกินไปออก

2) การตัดแต่งแบบปานกลาง เมื่อพุ่มต้นใกล้จะชนกัน ตัดกิ่งรอบนอกทรงพุ่มทั้งหมดจากปลายยอดลึกเข้าหาศูนย์กลางต้นยาวประมาณ 50-100 เซนติเมตร มะม่วงจะผลิตาแตกกิ่ง - ใบใหม่ทดแทนคัดเลือกกิ่งและตัดแต่งกิ่งอย่างบางเบา หลังการตัดแต่งแบบปานกลางอีก 1-2 ครั้ง

3) การตัดแต่งกิ่งแบบหนัก เมื่อต้นมะม่วงมีอายุมาก ถูกโรคและแมลงทำลายหรือต้นทรุดโทรม เพื่อสร้างโครงสร้างต้นมะม่วงใหม่ โดยตัดแต่งกิ่งเปิดกลางทรงพุ่มให้มีความสูง 1.5-3.0 เมตร ปริมาตรทรงพุ่ม ตัดออกไปประมาณครึ่งหนึ่ง กิ่งที่ถูกตัดเป็นแผลขนาดใหญ่ควรรักษาแผลด้วยยาป้องกันกำจัดเชื้อรา หรือสีน้ำมันจากนั้นกิ่งจะผลิตาให้กิ่ง แขนงใหม่ ทำการคัดเลือกและตัดแต่งกิ่งอย่างบางเบา 1-2 ครั้ง เมื่อกิ่งแขนงใหม่บริเวณกลางทรงพุ่ม มีโครงสร้างเจริญเติบโตแข็งแรงมาทดแทนกิ่งเดิม และคาดการณ์ จะสามารถให้ผลผลิตในปีต่อไปได้ ให้ตัดแต่งกิ่งโครงสร้างเก่าที่อยู่รอบนอกของ โครงสร้างใหม่ออก มีความยาวใกล้เคียงกับการตัดแต่งกิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปิดกลางทรงพุ่ม คัดเลือกกิ่งและตัดแต่งกิ่งแบบบางเบา 1-2 ครั้ง ผลผลิตจะลดลงบ้างประมาณ 20-40 เปอร์เซ็นต์ สามารถให้ผลผลิตได้เต็มที่ในปีที่ 3 หลังจากเริ่มตัดแต่ง กิ่งอย่างหนัก

หลังจากตัดแต่งกิ่งทุกครั้งควรบำรุงต้นมะม่วงทันที ด้วยการใส่ปุ๋ยและให้น้ำ เพื่อเร่งการผลิตสร้างกิ่ง และใบใหม่ที่สมบูรณ์มาทดแทนได้อย่างรวดเร็ว ป้องกันกำจัดศัตรูพืชทุกครั้ง

2.7.4 การออกดอกและติดผลของมะม่วง พัฒนาการของผลมะม่วง โดยทั่วไปมะม่วงจะออกดอกติดผลในช่วงเดือน พฤศจิกายนถึงธันวาคม และเก็บเกี่ยวในเดือน มีนาคม - เมษายน (ปลูกในภาคกลาง) สำหรับการปลูกในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จะออกดอกในช่วงเดือน มกราคม - กุมภาพันธ์ (ยกเว้นมะม่วงทะวาย) เก็บเกี่ยวเดือน พฤษภาคม - มิถุนายน การออกดอกของมะม่วงขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น พันธุ์มะม่วง ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และยังเกี่ยวข้องกับสภาพของอากาศอีกด้วย โดยจะเห็นว่า ถ้าปีใดอากาศหนาวเย็นมาก มะม่วงจะออกดอกมาก เป็นต้น การปลูกมะม่วงควรเลือกพันธุ์ที่ออกดอกง่าย สามารถออกดอกได้ทุกปี ไม่มีเว้น รวมทั้งการบำรุงต้นให้สมบูรณ์ เป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างหนึ่ง มะม่วงออกดอกครั้งหนึ่งให้ดอกเป็นจำนวนมาก แต่ติดเป็นผลเพียงไม่กี่ผลต่อช่อเท่านั้น ทั้งนี้เป็นเพราะสาเหตุหลายประการ เช่น ลักษณะของดอกมะม่วง ซึ่งดอกส่วนใหญ่จะเป็นดอกที่ไม่สมบูรณ์ ไม่สามารถเจริญเป็นผลได้ และปัญหาที่พบบ่อยเสมอคือ การเกิดราดำที่ดอก ทำให้ดอกร่วงหล่น และแมลงศัตรูพืชต่างๆ เช่น เพลี้ยจักจั่นและเพลี้ยไฟ(นฤมล บุญส่งเจริญ, 2546)

2.7.5 การห่อผลมะม่วง โดยมีวัตถุประสงค์ 2 ประการคือ

1) เพื่อเพิ่มคุณภาพให้ดีขึ้น คือ มะม่วงที่ได้มีผิวสวยและเกลี้ยง ไม่มีรอยขีดข่วนหรือตำหนิต่างๆ ซึ่งเป็นที่ต้องการของตลาด

2) เพื่อป้องกันแมลงเข้าทำลาย เนื่องจากแมลงวันผลไม้จะเข้าทำลายผลที่ใกล้สุก ทำให้ผลร่วงเน่าและ ผลผลิตที่ได้ลดลง การห่อเป็นการป้องกันที่ดี

การห่อจะต้องมิดชิดทั้งผลโดยใช้ถุงห่อ เช่น ถุงกระดาษหนังสือพิมพ์ ถุงปูน และถุงสำหรับห่อโดยเฉพาะ การห่อมะม่วงเริ่มห่อเมื่อผลพ้นระยะขบเผาะ หรืออายุประมาณ 50-70 วันหลังติดผล

2.7.6 การเก็บเกี่ยว การเก็บผลมะม่วงเป็นขั้นตอนที่สำคัญคือ ต้องเก็บให้ถูกต้อง เพื่อให้ผลมะม่วงที่ได้มีคุณภาพดี เป็นที่ต้องการของตลาด ไม่อ่อนเกินไป หรือปล่อยให้สุกเกินไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ของมะม่วง อายุการเก็บเกี่ยว และความใกล้ไกลของตลาด เป็นสำคัญ ซึ่งมีหลักในการสังเกตดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) แก้มผลทั้ง 2 ข้างพองโตเต็มที่ สีผิวเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีขาวจาง สังเกตจากผิวของผลมะม่วงมีสีขาวนวล หรือไขปกคลุมผล

2) เก็บตัวอย่างผลมะม่วงมา 2-3 ผล เพื่อทดสอบ โดยนำมะม่วงมาแช่น้ำดู หากผลมะม่วงจมน้ำ แสดงว่าแก่จัด ถ้าลอยแสดงว่ายังอ่อน และเวลาเก็บต้องอย่าให้ช้ำ เพราะจะเน่าและเสียได้ง่ายเวลามะม่วงสุก

สิ่งที่ต้องระวัง คือ อย่าให้ยางมะม่วงไหลและจับที่ผล จะทำให้เป็นตำหนิ ไม่เป็นที่ต้องการของตลาด หรืออาจทำให้มะม่วงเน่าและช้ำได้ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งมะม่วงที่มีเปลือกบาง หรือที่รับประทานผลสุก เช่น มะม่วงอกร่อง น้ำดอกไม้ เป็นต้น(มะม่วง, 2549)

## 2.8 ขนุน

ขนุนเป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Artocarpus heterophyllus* Lam. มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศอินเดีย เป็นพืชเศรษฐกิจเขตเมืองร้อน มีลำต้นสูงประมาณ 8-15 เมตร เป็นไม้เนื้ออ่อน มียางเหนียว ออกดอกเป็นช่อเป็นกลุ่ม มีดอกเพศผู้และเพศเมียในต้นเดียวกัน ดอกเพศเมียจะออกตามกิ่งใหญ่ ส่วนดอกเพศผู้จะออกที่โคนกิ่ง โดยมากจะออกดอกปีละ 2 ครั้ง คือ ช่วงเดือนธันวาคม-มกราคม และ เมษายน-พฤษภาคม (ขนุน, 2550 ค.) กลีบดอกจะเจริญเป็นเนื้อที่นำมารับประทาน ส่วนชังของขนุนเจริญจากกลีบเลี้ยง ลักษณะผลมีขนาดใหญ่ มีหนามหนักประมาณ 10-60 กิโลกรัม มีแหล่งผลิตที่สำคัญ ได้แก่ จังหวัดชลบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดปราจีนบุรี และจังหวัดนครราชสีมา ในการผลิตขนุนเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงย่อมต้องอาศัยสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม(ขนุน, 2549 ก.) และปัจจัยต่างดังนี้

2.8.1 สภาพแวดล้อมทั่วไป ขนุนเป็นไม้ผลยืนต้นขนาดใหญ่ สามารถเจริญได้ดีในทุกสภาพพื้นที่ของประเทศไทย สภาพของดินที่เหมาะสมในการปลูกควรมีค่า pH อยู่ระหว่าง 5.5-7.5 เป็นดินร่วน หรือ ดินร่วนปนทราย มีการระบายน้ำได้ดี สามารถให้ผลผลิตได้เมื่อมีอายุประมาณ 4 ปี และให้ผลผลิตต่อเนื่องไม่ต่ำกว่า 25 ปี ผลผลิตเฉลี่ยต่อต้นเมื่ออายุประมาณ 10 ปี อยู่ระหว่าง 25-30 ผลต่อปี สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ในช่วงเดือนมกราคม-พฤษภาคม ส่วนขนุนนอกฤดูจะเก็บเกี่ยวตั้งแต่เดือนมิถุนายน-ตุลาคม

2.8.2 การปลูก การปลูกสามารถทำได้หลายวิธีคือ การใช้ต้นพันธุ์ที่ได้จากการเพาะเมล็ด การทาบกิ่ง การติดตา หรือการเสียบยอด โดยมากมักปลูกในระยะการปลูก 8x8 เมตร จำนวนต้นต่อไร่อยู่ที่ 25 ต้นต่อไร่ เนื่องจากขนุนเป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่จึงต้องใช้พื้นที่ปลูกต่อต้นเป็นพื้นที่กว้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.3 การดูแลรักษา ขนุนเป็นพืชที่ดูแลง่าย แต่ในช่วงแรกของการปลูกควรมีการดูแลอย่างใกล้ชิด ควรรดน้ำอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้ขนุนสามารถตั้งตัวได้ดี ในฤดูแล้งควรมีการให้น้ำอย่างสม่ำเสมอ(ขนุน, 2550 ข.)

2.8.4 การตัดแต่งกิ่ง ขนุนหลังจากที่ทำการปลูกเมื่อต้นมีการเจริญเติบโตประมาณ 70 เซนติเมตร ควรตัดยอดเพื่อให้แตกกิ่งแขนงไว้ประมาณ 3-4 กิ่ง โดยเลือกกิ่งที่ทำมุมกว้างกับลำต้น ควรมีการตัดแต่งกิ่งแขนงที่แน่นจนเกินไปออก การตัดแต่งกิ่งโดยมากจะทำการตัดแต่งกิ่งหลังจากทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตเสร็จแล้ว โดยเลือกตัดแต่งกิ่งที่เป็นโรค กิ่งที่ช้ำชืด และกิ่งที่เจริญในแนวตั้งอก เพื่อลดความสูงของต้นทำให้สะดวกต่อการเก็บเกี่ยวและการดูแลรักษา

### 2.8.5 การเก็บเกี่ยวผลผลิต

ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวจะนับจากหลังดอกบาน ผลจะแก่ประมาณ 120-150 วัน จึงทำการเก็บเกี่ยวได้ และสามารถสังเกตตาหนามของผลที่ขยายห่าง ผลขนุนที่สุก จะมีสีผิวเหลืองเข้มมากขึ้น มีวิธีการเก็บเกี่ยวผลผลิตคือ สามารถทำได้โดยการใช้เชือกในลอนขนาด 0.2 นิ้ว ขมวดเป็นปม เพื่อใช้เป็นตัวดึงสวนปลายอีกด้านหนึ่งรัดกับส่วนหัวของผลขนุน ใช้กรรไกรตัดหัวแล้วหย่อนผลลงพื้น

## 2.9 กระท้อน

กระท้อนเป็นไม้ผลเมืองร้อนชนิดหนึ่งที่ปลูกในประเทศไทยมาเป็นเวลานานส่วนมากมักปลูกตามสวนหลังบ้านและเป็น พันธุ์พื้นเมืองมีรสเปรี้ยว จึงไม่มีการเอาใจใส่ดูแลรักษา ในปัจจุบันมีผู้นิยมปลูกกระท้อนพันธุ์ดีกันมากขึ้น ความต้องการของตลาดมีมากขึ้น จึงทำให้พื้นที่ปลูกกระท้อนพันธุ์ดีขยายตัวเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากดูแลรักษาง่ายและผลผลิตมีราคาสูง

เดิมแหล่งผลิตกระท้อนพันธุ์ดีจะมีเฉพาะที่จังหวัดนนทบุรีและบางเขตของกรุงเทพมหานครเท่านั้น แต่ปัจจุบันกระจายไปอยู่ตามจังหวัดต่าง ๆ ทั่วประเทศ เช่น ปราจีนบุรี ชลบุรี สุพรรณบุรี สุราษฎร์ธานี เป็นต้น(กระท้อน, 2550 ก.)

2.9.1 สภาพดินฟ้าอากาศ เนื่องจากกระท้อนเป็นไม้ผลเมืองร้อน จึงสามารถปลูกได้ดีแทบทุกแห่งในประเทศไทย แต่เพื่อให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพดี ควรจะเลือกพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ มีแหล่งน้ำให้เพียงพอ ดินที่เหมาะสมควรเป็นดินร่วนหรือดินร่วนปนดินเหนียวมีอินทรีย์วัตถุมาก อาจกล่าวได้ว่ากระท้อนที่ปลูกในดินร่วนหรือดินเหนียวจะทำให้คุณภาพของเนื้อและรสชาติดีกว่าที่ปลูกในดินร่วนทราย

2.9.2 กระทบพันธุ์ ในสมัยก่อนนิยมปลูกกระทบด้วยต้นที่เพาะจากเมล็ด จึงทำให้ได้กระทบพันธุ์ใหม่ ๆ เกิดขึ้นอยู่เสมอ ซึ่งบางครั้งอาจได้พันธุ์ที่มีคุณภาพดีกว่าต้นแม่เสียอีก (แต่มีไม่มากนัก) เมื่อมีพันธุ์ใหม่ที่ดีเกิดขึ้นก็จะมี การตั้งชื่อ ตามชื่อของเจ้าของหรือตามลักษณะของผลหรือแหล่งที่ต้นกระทบขึ้นอยู่ จึงทำให้ในปัจจุบันมีกระทบพันธุ์ต่าง ๆ ไม่ต่ำกว่า 20 พันธุ์ ได้แก่ ทับทิม เขียวหวาน ปุยฝ้าย นิมนวล ชันทอง เทพรส อีล่า บัวลอย หลิ่งท้อ ไหว ตาเชื่อม ทองหยิบ ทับทิมทอง อีจาน หมาตีน ปุยเมฆ ทองใบใหญ่ ตาอยู่ ไกรทอง เมล็ดในไหว กำมะหยี่ ผลกระทบส่วนใหญ่จะมี ลักษณะที่ค่อนข้างคล้ายกัน บางครั้งก็ทำให้เกิดความสับสนในการแยกพันธุ์ ต้องอาศัยความชำนาญมาก ๆ จึงจะสามารถบอกได้ว่าเป็นพันธุ์อะไรได้อย่างถูกต้อง

2.9.3 การขยายพันธุ์ กระทบสามารถขยายพันธุ์ได้หลายวิธีด้วยกัน ได้แก่ การเพาะเมล็ด การทาบกิ่ง การเสียบยอด การติดตา เดิมนิยมขยายพันธุ์ด้วยการเพาะเมล็ด เนื่องจากทำได้ง่ายแต่มักจะกลายพันธุ์ ปัจจุบันไม่นิยมปลูกต้นที่เพาะจากเมล็ด แต่จะทำการเพาะเมล็ด โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อการทำต้นตอในการทาบกิ่งหรือติดตาเท่านั้น ส่วนการตอนก็ไม่นิยม เช่นกัน เพราะปัญหาเรื่องการออกรากยาก และเมื่อตัดมาชำมักจะตายมากด้วย

2.9.4 การปลูก การปลูกกระทบในประเทศไทยแบ่งตามสภาพพื้นที่ได้ 2 ประเภท คือ

1) ประเภทยกร่อง พื้นที่ส่วนใหญ่จะอยู่ทางที่ลุ่มภาคกลาง พื้นที่ เดิม เป็นท้องนา มีน้ำท่วมถึง จึงต้องยกร่องขึ้นเพื่อสะดวกในการระบายน้ำ ขนาดของสันร่องโดยทั่วไปจะกว้างไม่น้อยกว่า 6 เมตร จะมีร่องน้ำกว้าง 1.5 เมตร ลึก 1 เมตร ระยะปลูกสำหรับพื้นที่ยกร่องจะใช้ระยะระหว่างต้นประมาณ 6 เมตร ในพื้นที่ 1 ไร่ จะปลูกได้ประมาณ 35 ต้น(กระทบ, 2550 ข.)

2) ประเภทสวนที่ดอน เป็นพื้นที่ที่นอกเหนือไปจากประเภทแรก และมักไม่มีปัญหาเรื่องน้ำท่วมจึงไม่ต้อง ยกร่อง เมื่อไถปรับพื้นที่แล้วก็สามารถขุดหลุมปลูกได้เลย ตามปกติกระทบเป็นไม้ผลที่ทรงพุ่มขนาดใหญ่ แต่เพื่อความสะดวกในการดูแลรักษาและห่อผลซึ่งจะต้องทำทุกปี จึงนิยมตัดแต่งกิ่งนำที่จะทำให้ทรงพุ่มสูงขึ้นไปออกเสีย ทรงพุ่มจะขยายออกด้านข้างแทนด้านบน จึงสะดวกในการปฏิบัติงานสำหรับพื้นที่ดอนสามารถใช้ระยะปลูกตั้งแต่ 6 x 8 เมตร ถึง 5 x 8 เมตร ในพื้นที่ 1 ไร่ จะปลูกได้ประมาณ 25 - 30 ต้น

2.9.5 การเตรียมหลุมปลูก ควรจะขุดหลุมให้มีขนาดไม่ต่ำกว่า 50 x 50 x 50 เมตร (กว้าง x ยาว x ลึก) หลุมถ้ามีขนาดใหญ่ยิ่งดี จะช่วยให้ต้นกระทบโตเร็วมากยิ่งขึ้น ผลผลิตที่ขุดขึ้นมา กับปุ๋ยคอกเก่า ๆ (ประมาณ 10 กก. ต่อหลุม) รองก้นหลุม ด้วยปุ๋ยหินฟอสเฟต ประมาณ 1 กิโลกรัมต่อหลุม กลบดินผสมลงในหลุมให้พูนขึ้นกว่าระดับปากหลุมเล็กน้อย วางต้นกระทบที่

เตรียมไว้ (เอาถุงที่ซ้าออกก่อน) ปลูกลงกลางหลุมกดดินให้แน่น ใช้น้ำหลักป้ายยึดลำต้นกันลมพัดโยก รดน้ำให้ชุ่ม ถ้ามีแดดจัดควรมีการพรางแดดให้ด้วยจะทำให้ต้นกระถ่อนตั้งตัวเร็วขึ้น

2.9.6 การดูแลรักษา หลังจากปลูกแล้วจะต้องคอยดูแลรักษาต้นกระถ่อนอย่างสม่ำเสมอ ถึงแม้ว่ากระถ่อนจะเป็นไม้ผลที่ไม่ค่อยมีโรคแมลงรบกวนมากนัก แต่การบำรุงรักษาให้ดีอยู่เสมอ จะช่วยให้ต้นกระถ่อนเจริญเติบโตเร็วมาก การดูแลรักษาโดยทั่วไปมีดังนี้

2.9.7 การให้น้ำ ปกติกระถ่อนเป็นพืชที่ชอบน้ำแต่ขณะเดียวกันก็ทนสภาพความแห้งแล้งได้เป็นอย่างดีในช่วงที่กระถ่อนยัง เล็กอยู่จะต้องให้น้ำอย่างสม่ำเสมอ เมื่อเจริญเติบโตขึ้นการให้น้ำก็จะมีช่วงห่างขึ้น อย่างไรก็ตามในช่วงที่ต้นกระถ่อน เริ่มออกช่อดอกและติดผลจะต้องให้น้ำอย่างต่อเนื่อง จะช่วยให้

- 1) ช่อดอกมีความสมบูรณ์ การติดผลดี
- 2) ผลที่ติดแล้วมีการเจริญเติบโตอย่างสม่ำเสมอ ส่วนที่มีการให้น้ำดีจะทำให้ผลมีขนาดโตกว่าสวนที่ ขาดแคลนน้ำ

3) ลดปัญหาเรื่องผลแตกได้ ซึ่งปัญหานี้จะพบเสมอในสวนที่ขาดแคลนน้ำ

2.9.8 การตัดแต่งกิ่ง การตัดแต่งกิ่งกระถ่อนในแต่ละปีจะทำเพียงเล็กน้อย สำหรับต้นที่ยังไม่ให้ผลมักจะให้มีการเจริญเติบโตเต็มที่ มีการตัดแต่งกิ่งที่แน่นที่บอบบาง เมื่อกระถ่อนเริ่มให้ผลผลิตแล้ว การตัดแต่งจะมีมากขึ้นเล็กน้อย โดยจะทำการตัดแต่งกิ่งหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้วสิ่งที่ควรพิจารณาตัดแต่งออกมี

- 1) กิ่งที่ถูกโรคแมลงเข้าทำลาย กิ่งแห้งตาย
- 2) กิ่งที่แน่นที่บอบอยู่ในทรงพุ่ม
- 3) กิ่งนำซึ่งมักจะเจริญไปในทางด้านสูง ซึ่งจะทำให้ทรงพุ่มสูงขึ้น ควรจะทำการตัดเพื่อควบคุมทรงพุ่มให้มีการเจริญออกทางด้านกว้างมากกว่า เพื่อสะดวกในการดูแลรักษา ตลอดจนการห่อผลและเก็บเกี่ยวผลผลิต

2.9.9 การใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยต้นกระถ่อนที่ยังไม่ให้ผลจะเน้นไปที่เพื่อบำรุงต้นให้มีการเจริญเติบโตทางด้านกิ่งก้านเป็นส่วนใหญ่ ปุ๋ยที่ใช้ควรเป็นปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมีสูตรเสมอเป็นหลัก เช่น สูตร 15-15-15 หรือ 16-16-16 อัตราที่ใส่ควรจะไม่มากนักแต่ควรใส่บ่อยครั้งจะดีกว่า เช่น 3 เดือน/ครั้ง

เมื่อต้นกระถ่อนให้ผลผลิตแล้ว การใส่ปุ๋ยจะเปลี่ยนสูตรไปตามระยะเวลาของความต้องการ กล่าวคือ

- 1) หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว จะใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมีสูตรเสมอ เช่น 15-15-15 เพื่อช่วยบำรุงต้นให้มีความสมบูรณ์เหมือนเดิม
- 2) ช่วงก่อนที่ต้นกระท้อนจะพักตัว ควรจะมีการใส่ปุ๋ยเพื่อช่วยให้ต้นมีการเก็บสะสมอาหารเพื่อการสร้างตาดอกดีขึ้น โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 9-24-24 หรือ 12-24-12 ในเดือนตุลาคม
- 3) ระยะติดผลแล้ว 1 เดือน ควรใส่ปุ๋ยสูตรเสมอ เช่น 15-15-15 เพื่อบำรุงผลให้เจริญเติบโตอย่างเต็มที่
- 4) ระยะก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิตอย่างน้อย 20 วัน ควรมีการใส่ปุ๋ยที่มีธาตุโปแตสเซียมสูง เช่น 13-13-21 เพื่อช่วยให้มีการปรับปรุงคุณภาพของผลให้ดีขึ้น เช่น เนื้อมีความนุ่มขึ้น รสชาติหวานขึ้น สำหรับอัตราที่ใช้ควรพิจารณาจากขนาดของทรงพุ่ม สภาพความสมบูรณ์ของต้น และปริมาณผลผลิตในแต่ละปี ตัวอย่างเช่น ต้นอายุ 10 ปี มีขนาดทรงพุ่มกว้างประมาณ 8 เมตร ให้ผลผลิตสม่ำเสมอ ควรให้ปุ๋ย ไม่ต่ำกว่า 8 กก./ปี แบ่งใส่เป็น 4 ครั้ง (ครั้งละ 2 กก.) โดยพิจารณาใส่สูตรตามช่วงระยะเวลาที่ได้กล่าวแล้ว ส่วนปุ๋ยคอกอาจใส่ในช่วงหลังจากเก็บผลผลิต อัตราการใส่แล้วแต่ชนิดของปุ๋ยคอกที่ใช้ สำหรับต้นอายุ 10 ปี อาจใช้ อัตราตั้งแต่ 25 - 50 กก./ต้น

2.9.10 การกำจัดวัชพืช การกำจัดวัชพืชในสวนกระท้อนถ้าเป็นสวนขนาดเล็ก อาจใช้จอบดายหญ้าก็ได้ แต่ถ้าเป็นสวนขนาดใหญ่ ควรใช้เครื่องตัดหญ้าแบบสะพายไหล่ หรืออาจจะเป็นแบบรถเข็นตัดหญ้าก็ได้จะทำให้สะดวกมากขึ้น การใช้ สารเคมีกำจัดวัชพืชก็ได้ผลดีเช่นกัน แต่ต้องกระทำอย่างระมัดระวัง เพราะบางครั้งอาจทำให้เกิดความเสียหายกับ ต้นกระท้อนขึ้นได้ ในแต่ละปีจะทำการกำจัดวัชพืชประมาณ 3-4 ครั้ง ส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงฤดูฝน นับตั้งแต่เก็บเกี่ยวผลผลิตเป็นต้นไป จนหมดฤดูฝน แต่ถ้ามีวัชพืชมากก็อาจจะทำกรกำจัดวัชพืชในช่วงออกดอกอีกครั้ง

2.9.11 การออกดอกและติดผล เดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม ใบของกระท้อนจะเริ่มเปลี่ยนสีเป็นสีเหลืองส้มและร่วงในเวลาต่อมา จากนั้น จะมีการแทงยอดอ่อนและช่อดอกออกมา ประมาณมกราคม ดอกจะเริ่มบานติดผลเล็ก ๆ ตามปกติกระท้อนจะติดผลค่อนข้างมากแต่ก็จะร่วงไปในขณะที่ผลยังเล็กอยู่เป็นจำนวนมากด้วย เช่นกัน เมื่อถึงเวลาห่อ ก็จะมีการเด็ดผลที่ไม่ดีหรือช่อที่ติดผลมากไปทิ้งด้วย จนในที่สุดจะเหลือผลกระท้อน ที่ห่อได้ประมาณ 400-600 ผลต่อต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.12 การห่อผล หลังจากดอกบานแล้วประมาณ 80-100 วัน ผลจะมีขนาดโตประมาณ 5-6 ซม. ผิวจะเริ่มเปลี่ยนสีเป็นสีเขียวเข้มมา และหลังจากนี้อีก 7-10 วัน จะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีกระดิงา ซึ่งเป็นช่วงที่แมลงวันผลไม้จะเริ่มเข้าทำลายแล้ว จึงจะต้องทำการห่อผลตั้งแต่สีผิวเป็นสีเขียวเข้มมา วัตถุประสงค์เพื่อป้องกันการเข้าทำลายของแมลงวันผลไม้ และผลที่ได้ตามมาคือ ผิวของผลจะสวย ผลมีขนาดใหญ่ขึ้น เนื้อมีคุณภาพดีขึ้น แต่ไม่ควรห่อผลตั้งแต่ผลที่ยังเล็กอยู่เพราะจะทำให้ผลแคระแกรนและร่วงอยู่ในถุงห่อเป็นจำนวนมากด้วย สำหรับวัสดุที่ใช้ห่อนั้น เดิมนิยมใช้ใบตองแห้งมาพับเป็นถุงสำหรับห่อเรียกว่า กระโปรง มีการพับไว้เป็น จำนวนมากเพื่อใช้เองและขายด้วย เวลาจะใช้จะแช่น้ำให้ใบตองอ่อนตัว ผึ่งให้แห้งก่อนจึงนำขึ้นไปห่อผล การห่อผลจะทำให้ผลมีผิวเป็นสีน้ำตาลและมีนวลสวยงาม แต่บางครั้งอาจมีคราบของเชื้อราขึ้นเป็นคราบที่ผิวได้

ปัจจุบันใบตองแห้งหายากขึ้น จึงมีการเอากระดาษสีน้ำตาลซึ่งได้จากถุงบรรจุปูนซีเมนต์หรือถุงบรรจุอาหาร สัตว์ นำมาตัดให้มีขนาด 12 x 18 นิ้ว บางแห่งจะนำมาพับเป็นถุงห่อคล้ายกับการพับกระโปรงใบตอง แต่บางแห่ง จะพับเป็นถุงกว้างก็ได้เช่นกัน การใช้ถุงกระดาษห่อจะทำให้ผิวเป็นสีเหลืองทอง สะอาด แต่ไม่มีนวลที่ผิวเหมือนกับใบตอง ส่วนถุงพลาสติกถ้านำมาห่อผลแล้วจะทำให้ผิวไม่สวย ผิวจะกร้านบางครั้งที่ด้านขั้วผลจะยังมีสีเขียวเหลืออยู่จนถึงระยะผลแก่ด้วย นอกจากนั้นยังทำให้ผลร่วงมากด้วยจึงไม่แนะนำให้ใช้ถุงพลาสติกในการห่อผล ก่อนห่อผลประมาณ 2-3 วัน ควรทำการพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง เช่น คาร์บาริล โมโนโครโตฟอส เพื่อป้องกันกำจัดแมลงก่อน ขณะห่อจะทำการตัดแต่งผลไปพร้อมกัน โดยเลือกเด็ดผลที่มีลักษณะไม่ดีและข้อที่ผลเบียดกันออกบ้าง ควรเหลือเฉพาะผลเดียว ๆ จะทำให้ผลเจริญเติบโตอย่างมีคุณภาพ นิยมใช้ไม้ดอกสำหรับมัดปากถุง เนื่องจากสะดวกในการมัด การขึ้นไปห่ออาจใช้บันไดหรือพะองพาดกิ่งป็นขึ้นไปห่อ บางส่วนที่สามารถหาไม้ไม่ได้ง่าย อาจมีการทำนั่งร้านรอบ ๆ ต้น ให้คนห่อปีนขึ้นไปปฏิบัติงานได้สะดวก อีกทางหนึ่ง หลังจากห่อผลแล้ว 45-60 วัน ผลจะแก่ แต่จะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับ พันธุ์ด้วยบางพันธุ์อาจจะช้ากว่านี้อีกก็ได้

2.9.13 การเก็บเกี่ยวผลผลิต ผลกระทอนแต่ละพันธุ์จะทยอยแก่ ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนกรกฎาคมของแต่ละปีการสังเกตผลแก่อาจจะต้องดูได้หลายวิธี ได้แก่ การนับอายุของผล เช่น พันธุ์เบา(ทับทิม, เขียวหวาน, ทับทิมทอง) จะมีอายุตั้งแต่ดอกบานถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 130 - 150 วัน ถ้าเป็นพันธุ์หนัก (เทพรส ฝูฝ้าย อีล่า นิมนวล) จะประมาณ 170 - 180 วัน เป็นต้น นอกจากนั้นอาจสังเกตจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายในของผล เช่น เนื้อนุ่มขึ้น ความฝาดลดลงหรือลักษณะภายนอกผล เช่น การเปลี่ยนสีผิวเป็นสีเหลือง หรือสีน้ำตาลจนถึงกันผลเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อผลกระทอนแก่แล้ว หากปล่อยไว้บนต้นต่อไปอีก เป็นระยะเวลาานานจะทำให้เกิดการเปลี่ยนสีที่ใต้กลางผลเป็นสีน้ำตาลและมีกลิ่นบูดเกิดขึ้นเรียกว่าไส้เป็นน้ำหมาก และยังทำให้ผลร่วงมากขึ้นด้วย การเก็บเกี่ยวผลอาจใช้บันไดหรือพะองสำหรับขึ้นไปเก็บผลได้โดยใช้กรรไกรตัดที่ขั้วผลใส่ตะกร้า หรือใช้กรรไกรสำหรับเก็บผลไม้ที่มีที่หนีบขั้วผลด้วยก็จะสะดวกขึ้น นำไปแกะเอาวัสดุที่ใช้ห่อออก เพื่อคัดขนาดเพื่อของผลและทำความสะอาดรอการจำหน่ายต่อไป

## 2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อทราบถึงสถานการณ์การศึกษาในเรื่องน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านมา และเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาในครั้งนี้ การศึกษาน้ำส้มควันไม้กับแมลงได้มีการศึกษาวิจัยบ้างแล้วดังนี้

สมปอง ทองดีแท้, 2544 ทำการวิจัยประโยชน์การใช้น้ำส้มควันไม้(Wood vinegar) ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชโครงการลดการใช้สารเคมีทางการเกษตร ไว้ว่า น้ำส้มควันไม้มีประโยชน์ในการปรับปรุงดิน เป็นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช มีพิษน้อยต่อปลา มีพิษต่อพืชสูงเมื่อราดลงดินในปริมาณมากแต่มีประโยชน์ในการเร่งการเจริญเติบโตบริเวณส่วนราก ลำต้น หัว ใบ ดอกและผลของพืชผักบางชนิด ในบางกรณีอาจให้ผลยับยั้งการเจริญเติบโตส่วนต่างๆของพืช เมื่ออัตราการใช้น้ำส้มควันไม้มีน้อยแตกต่างกันออกไป

สุกัญญา เทพินดุง, 2549 ทำการวิจัยเรื่องผลของการใช้สารฆ่าแมลงจากพืชต่อประสิทธิภาพการเบียนไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในสภาพนาข้าว โดยมีการทดลองใช้สารเคมีและน้ำส้มควันไม้ฉีดพ่นต้นข้าวที่ทำการเลี้ยงเพลี้ยกระโดดไว้แล้วนำไปวางไว้ที่แปลงข้าวแต่ละแปลงทำการฉีดพ่นด้วยสารเคมี และน้ำส้มควันไม้โดยแบ่งเป็นแปลง ผลที่ได้ ในช่วง 47 วันหลังการฉีดพ่น แปลงที่ฉีดพ่นด้วยสารเคมีเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมีปริมาณน้อยมาก ส่วนแปลงที่ฉีดพ่นด้วยน้ำส้มควันไม้มีปริมาณเพลี้ยกระโดดมากกว่า และหลังจากฉีดพ่นเป็นเวลา 67 วัน แปลงที่ฉีดพ่นด้วยสารเคมีมีปริมาณเพลี้ยกระโดดมากที่สุดและแปลงที่ฉีดพ่นด้วยน้ำส้มควันไม้มีปริมาณเพลี้ยกระโดดน้อยที่สุด จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า สารเคมีสามารถฆ่าเพลี้ยกระโดดได้จริง แต่ในขณะเดียวกันก็ทำลายแตนเบียนไข่ซึ่งเป็นศัตรูธรรมชาติของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลด้วย แต่การฉีดพ่นด้วยน้ำส้มควันไม้ถึงแม้จะมีอัตราการทำลายเพลี้ยกระโดดน้อยแต่น้ำส้มควันไม้ไม่มีผลกระทบต่อแตนเบียนไข่และยังเป็นตัวสนับสนุนให้แตนเบียนไข่มีปริมาณมากขึ้นซึ่งแตนเบียนไข่ช่วยทำลายไข่ของเพลี้ยกระโดดทำให้มีปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับการใช้สารเคมี ในช่วง 67 วันหลังการฉีดพ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุชาดา อินทาศรี, 2549 การวิจัยศึกษาผลของการใช้น้ำส้มควันไม้ในกระเจี๊ยบเขียวเพื่อ  
การส่งออก การศึกษาทดลองการใช้น้ำส้มควันไม้ในอัตราส่วนต่างๆเพื่อล้างทำความสะอาดและ  
ทำลายเพลี้ยแป้งและแมลงในกระเจี๊ยบเขียวหลังการเก็บเกี่ยว ผลการทดลองปรากฏว่าการใช้  
น้ำส้มควันไม้ในอัตราส่วน 1:400 และ 1:600 ไม่มีผลต่อลักษณะปรากฏของกระเจี๊ยบเขียวและ  
สามารถทำลายเพลี้ยแป้งได้ถึง 80 เปอร์เซ็นต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### วิธีการวิจัย (Research Methodologies)

การศึกษาคณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้ในครั้งนี้ได้กำหนดแนวทางการศึกษาเป็น 2 ขั้นตอน คือ

1. การศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้
2. การศึกษาคณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้

#### 3.1 การศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้

การศึกษาคณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้ ในส่วนนี้ได้ทำการศึกษา 2 ส่วนคือ การศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้จากการเผาถ่านไม้ต่างชนิดกัน และค่าชี้ผลการศึกษา ดังนี้

##### 3.1.1 ศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้จากไม้มะม่วง

มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้จากไม้มะม่วง โดยทำการศึกษาจากเตาเผาถ่าน 200 ลิตร จำนวน 3 เตา ซึ่งทำการศึกษาถึง ปริมาณไม้พินทั้งไม้ในเตาและไม้หน้าเตา ระยะเวลาการเผา อุณหภูมิ ปริมาณน้ำส้มควันไม้ และปริมาณถ่านที่ได้จากการเผา มีวัสดุอุปกรณ์ ได้แก่ เตาเผาถ่าน 200 ลิตรจำนวน 3 เตา ตาชั่งดิจิตอล นาฬิกาจับเวลา เทอร์มิเตอร์ และกระบอกตวง โดยมีวิธีการดังนี้

1) เตรียมอุปกรณ์และไม้มะม่วงสำหรับการเผาให้พร้อม

2) ทำการตัดไม้มะม่วงให้มีความยาวประมาณ 75-80 เซนติเมตร เพื่อให้มีขนาดความยาวกับเตา ทำการตัดให้มีปริมาณเพียงพอต่อการเผา และทำการเตรียมไม้พินหน้าเตาโดยตัดให้มีความยาวประมาณ 20-40 เซนติเมตร

3) บรรจุไม้เข้าเตาโดยนำไม้ชนิดเดียวกันบรรจุในเตาเดียวกัน ทำการเรียงไม้ที่มีขนาดเล็กไปหาขนาดใหญ่ ไม้ขนาดเล็กบรรจุไว้ส่วนล่างของเตาแล้วตามด้วยไม้ขนาดใหญ่ตามลำดับ ทำการชั่งน้ำหนักไม้ทั้งไม้ในเตาและไม้พินหน้าเตาก่อนการนำไม้เข้าเตาแต่ละเตาบันทึกผล

4) ทำการปิดหน้าเตาโดยใช้ผ้าทั้ง 200 ลิตร ปิดให้สนิทใช้ดินอุดรอยรั้วทั้งหมด เพื่อป้องกันอากาศเข้าและป้องกันการถ่ายเทความร้อนออกนอกระบบ

5) ทำการจุดเตา ที่ปากเตา พร้อมกับบันทึกเวลาการเผาและอุณหภูมิปากปล่องทุกๆ 10 นาที จนถึงสุดกระบวนการเผาในแต่ละครั้ง บันทึกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6)เติมพินหน้าเตาโดยสังเกตเปลวไฟหน้าเตาเริ่มดับ และอุณหภูมิปากปล่องเริ่มลดลง ทำการชั่งไม้พินหน้าเตาทุกครั้งที่ได้ม บันทึกลงผล

7)เมื่อสังเกตเห็นควันไม้ลักษณะพุ่งแรง และมีสีขาวอมเหลือง ให้ทำการเก็บน้ำส้มควันไม้ โดยการใช้ไม้ไผ่ทะลุปล่องพาดตรงปากปล่องและใช้ผ้าพันบริเวณรอยต่อระหว่างปากปล่องและปล่องไม้ไผ่เพื่อไม่ให้ควันรั่วออกนอกปล่อง

8)สังเกตหยดน้ำส้มควันไม้ เมื่อมีลักษณะเหนียวหนืด สีดำ ซึ่งเป็นลักษณะของสารทาร์ซึ่งเป็นที่เป็นพิษไม่เหมาะแก่การนำมาใช้ประโยชน์ ให้ทำการหยุดเก็บน้ำส้มควันไม้ โดยการยกปล่องดักออกจากปากปล่องเตา

9)ทำการไล่สารทาร์เพื่อให้ได้ถ่านที่มีความบริสุทธิ์ โดยทำการเปิดหน้าเตาประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของหน้าเตา เป็นเวลาประมาณ 30 นาที หรือสังเกตจากควัน ถ้าควันมีลักษณะใส สีฟ้า นั้นแสดงว่าได้ทำการไล่สารทาร์หมดแล้ว

10)ทำการปิดเตาหลังจากการไล่สารทาร์เสร็จสิ้นลง โดยการใช้อิฐหรือดินปิดบริเวณหน้าเตาก่อนการใช้ลูกดินปิดปากปล่องเตา

11)ทิ้งไว้ประมาณ 10-15 ชั่วโมงเพื่อให้เตาเย็นตัวลง หลังจากนั้นนำถ่านออกจากเตารวมซึ่งน้ำหนักถ่าน บันทึกลงผล

12)ทำตามขั้นตอนที่ 1- 11 จนครบทุกการทดลอง

### 3.1.2 ศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้จากไม้กระท้อน

มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้จากไม้กระท้อน โดยทำการศึกษาจากเตาเผาถ่าน 200 ลิตร จำนวน 3 เตา ซึ่งทำการศึกษาถึง ปริมาณไม้พินทั้งไม้ในเตาและไม้หน้าเตา ระยะเวลาการเผา อุณหภูมิ ปริมาณน้ำส้มควันไม้ และปริมาณถ่านที่ได้จากการเผา มีวัสดุอุปกรณ์ คือ เตาเผาถ่าน 200 ลิตรจำนวน 3 เตา ตาชั่งดิจิตอล นาฬิกาจับเวลา เทอร์โมมิเตอร์ และกระบอกตวง โดยมีวิธีการดังนี้

1)เตรียมอุปกรณ์และไม้กระท้อนสำหรับการเผาให้พร้อม

2)ทำการตัดไม้กระท้อนให้มีความยาวประมาณ 75-80 เซนติเมตร เพื่อให้มีขนาดความยาวกับเตา ทำการตัดให้มีปริมาณเพียงพอต่อการเผา และทำการเตรียมไม้พินหน้าเตาโดยตัดให้มีความยาวประมาณ 20-40 เซนติเมตร

3)บรรจุไม้เข้าเตาโดยนำไม้ชนิดเดียวกันบรรจุในเตาเดียวกัน ทำการเรียงไม้ที่มีขนาดเล็กไปหาขนาดใหญ่ ไม้ขนาดเล็กบรรจุไว้ส่วนล่างของเตาแล้วตามด้วยไม้ขนาดใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามลำดับ ทำการชั่งน้ำหนักไม้ทั้งไม้ในเตาและไม้พินหน้าเตาก่อนการนำไม้เข้าเตาแต่ละเตา บันทึกผล

4) ทำการปิดหน้าเตาโดยใช้ฝาทั้ง 200 ลิตร ปิดให้สนิทใช้ดินอุดรอยรั่วทั้งหมด เพื่อป้องกันอากาศเข้าและป้องกันการถ่ายเทความร้อนออกนอกระบบ

5) ทำการจุดเตา ที่ปากเตา พร้อมกับบันทึกเวลาการเผาและอุณหภูมิปากปล่อง ทุกๆ 10 นาที จนสิ้นสุดกระบวนการเผาในแต่ละครั้ง บันทึกผล

6) เติมพินหน้าเตาโดยสังเกตเปลวไฟหน้าเตาเริ่มดับ และอุณหภูมิปากปล่องเริ่มลดลง ทำการชั่งไม้พินหน้าเตาทุกครั้งที่เติม บันทึกผล

7) เมื่อสังเกตเห็นควันไม้ลักษณะพุ่งแรง และมีสีขาวอมเหลือง ให้ทำการเก็บน้ำส้มควันไม้ โดยการใช้น้ำไม่ทะเลชุปล่องพาดตรงปากปล่องและใช้ผ้าพันบริเวณรอยต่อระหว่างปากปล่องและปล่องไม้ไฟเพื่อไม่ให้ควันรั่วออกนอกปล่อง

8) สังเกตหยดน้ำส้มควันไม้ เมื่อมีลักษณะเหนียวหนืด สีดำ ซึ่งเป็นลักษณะของสารทาร์ซึ่งเป็นพิษไม่เหมาะแก่การนำมาใช้ประโยชน์ ให้ทำการหยุดเก็บน้ำส้มควันไม้ โดยการยกปล่องดีกออกจากปากปล่องเตา

9) ทำการไล่สารทาร์เพื่อให้ได้ถ่านที่มีความบริสุทธิ์ โดยทำการเปิดหน้าเตา ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของหน้าเตา เป็นเวลาประมาณ 30 นาที หรือสังเกตจากควัน ถ้าควันมีลักษณะใส สีฟ้า นั้นแสดงว่าได้ทำการไล่สารทาร์หมดแล้ว

10) ทำการปิดเตาหลังจากการไล่สารทาร์เสร็จสิ้นลง โดยการใช้อิฐหรือดินปิดบริเวณหน้าเตาก่อนการใช้อิฐดินปิดปากปล่องเตา

11) ทิ้งไว้ประมาณ 10-15 ชั่วโมงเพื่อให้เตาเย็นตัวลง หลังจากนั้นนำถ่านออกจากเตารวมชั่งน้ำหนักถ่าน บันทึกผล

12) ทำตามขั้นตอนที่ 1- 11 จนครบทุกการทดลอง

### 3.1.3 ศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้จากไม้ขนุน

มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้จากไม้กระถ่อน โดยทำการศึกษาจากเตาเผาถ่าน 200 ลิตร จำนวน 3 เตา ซึ่งทำการศึกษาถึง ปริมาณไม้พินทั้งไม้ในเตาและไม้หน้าเตา ระยะเวลาการเผา อุณหภูมิ ปริมาณน้ำส้มควันไม้ และปริมาณถ่านที่ได้จากการเผา มีวัสดุอุปกรณ์ คือ เตาเผาถ่าน 200 ลิตรจำนวน 3 เตา ตาชั่งดิจิตอล นาฬิกาจับเวลา เทอร์โมมิเตอร์ และกระบอกตวง โดยมีวิธีการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1)เตรียมอุปกรณ์และไม้กระทอนสำหรับการเผาให้พร้อม

2)ทำการตัดไม้กระทอนให้มีความยาวประมาณ 75-80 เซนติเมตร เพื่อให้มีขนาดความยาวกับเตา ทำการตัดให้มีปริมาณเพียงพอต่อการเผา และทำการเตรียมไม้พินหน้าเตาโดยตัดให้มีความยาวประมาณ 20-40 เซนติเมตร

3)บรรจุไม้เข้าเตาโดยนำไม้ชนิดเดียวกันบรรจุในเตาเดียวกัน ทำการเรียงไม้ที่มีขนาดเล็กไปหาขนาดใหญ่ ไม้ขนาดเล็กบรรจุไว้ส่วนล่างของเตาแล้วตามด้วยไม้ขนาดใหญ่ตามลำดับ ทำการชั่งน้ำหนักไม้ทั้งไม้ในเตาและไม้พินหน้าเตาก่อนการนำไม้เข้าเตาแต่ละเตาบันทึกผล

4)ทำการปิดหน้าเตาโดยใช้ผ้าห่ม 200 ลิตร ปิดให้สนิทใช้ดินอุดรอยรั่วทั้งหมด เพื่อป้องกันอากาศเข้าและป้องกันการถ่ายเทความร้อนออกนอกระบบ

5)ทำการจุดเตา ที่ปากเตา พร้อมกับบันทึกเวลาการเผาและอุณหภูมิปากปล่องทุกๆ 10 นาที จนสิ้นสุดกระบวนการเผาในแต่ละครั้ง บันทึกผล

6)เติมพินหน้าเตาโดยสังเกตเปลวไฟหน้าเตาเริ่มดับ และอุณหภูมิปากปล่องเริ่มลดลง ทำการชั่งไม้พินหน้าเตาทุกครั้งที่เติม บันทึกผล

7)เมื่อสังเกตเห็นควันไม้ลักษณะพุ่งแรง และมีสีขาวอมเหลือง ให้ทำการเก็บน้ำส้มควันไม้ โดยการใช้น้ำใส่ตะลุมปล่องพาดตรงปากปล่องและใช้ผ้าพันบริเวณรอยต่อระหว่างปากปล่องและปล่องไม้ไฟเพื่อไม่ให้ควันรั่วออกนอกปล่อง

8)สังเกตหยดน้ำส้มควันไม้ เมื่อมีลักษณะเหนียวหนืด สีดำ ซึ่งเป็นลักษณะของสารทาร์ซึ่งเป็นพิษไม่เหมาะแก่การนำมาใช้ประโยชน์ ให้ทำการหยุดเก็บน้ำส้มควันไม้ โดยการยกปล่องดีกออกจากปากปล่องเตา

9)ทำการไล่สารทาร์เพื่อให้ได้ถ่านที่มีความบริสุทธิ์ โดยทำการเปิดหน้าเตาประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของหน้าเตา เป็นเวลาประมาณ 30 นาที หรือสังเกตจากควัน ถ้าควันมีลักษณะใส สีฟ้า นั่นแสดงว่าได้ทำการไล่สารทาร์หมดแล้ว

10)ทำการปิดเตาหลังจากการไล่สารทาร์เสร็จสิ้นลง โดยการใช้อิฐหรือดินปิดบริเวณหน้าเตาก่อนการใช้อิฐดินปิดปากปล่องเตา

11)ทิ้งไว้ประมาณ 10-15 ชั่วโมงเพื่อให้เตาเย็นตัวลง หลังจากนั้นนำถ่านออกจากเตารวมชั่งน้ำหนักถ่าน บันทึกผล

12)ทำตามขั้นตอนที่ 1- 11 จนครบทุกการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.4 ค่าชี้ผลการศึกษาระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้

สำหรับการศึกษาระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้จากไม้มะม่วง กระท้อน และขนุน เพื่อศึกษาผลของกระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้ จึงได้กำหนดค่าชี้ผล (ลือพงษ์ ลือนาม, 2549) สำหรับการทดลองดังนี้

$$1) \text{เปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่าน}(\%) = \frac{\text{น้ำหนักถ่านก้อน}}{(\text{นน.พืชนในเตา} + \text{พืชน้ำในเตา}) - \text{นน.สันถ่าน}} \times 100$$

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

$$3) \text{ประสิทธิภาพการเผาถ่าน} = \frac{\text{น้ำหนักถ่านทั้งหมด} - \text{น้ำหนักสันถ่าน}}{\text{น้ำหนักถ่านทั้งหมด}} \times 100$$

$$4) \text{เปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำส้มควันไม้} = \frac{\text{ปริมาณน้ำส้มควันไม้}}{\text{ปริมาณไม้ที่เผา}} \times 100$$

$$5) \text{ประสิทธิภาพการผลิตน้ำส้มควันไม้}(\%) = \frac{\text{ปริมาณน้ำส้มควันไม้}}{\text{ปริมาณไม้ที่เผา} + \text{ปริมาณไม้พืชนที่เตา}} \times 100$$

### 3.2 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้

มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้ในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน โดยทำการศึกษาน้ำส้มควันไม้จากไม้สามชนิดคือ น้ำส้มควันไม้มะม่วง น้ำส้มควันไม้กระท้อน และน้ำส้มควันไม้ขนุน ซึ่งทำการศึกษาถึง ค่า pH ค่าความถ่วงจำเพาะ และค่าการดูดกลืนของแสง เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ มีวิธีการศึกษาดังนี้

#### 3.2.1 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้จากไม้มะม่วง

มีวัตถุประสงค์เพื่อ ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้จากไม้มะม่วงโดยนำน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการทดลองที่ 3.1.1 ซึ่งได้ทั้งหมด 3 ตัวอย่างแบ่งทำการศึกษาดังต่อไปนี้ 2 ส่วน คือ ส่วนของน้ำส้มควันไม้ที่ไม่กรองและ น้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการกรองโดยใช้กระดาษกรอง รวมทั้งหมด 6 ตัวอย่าง ซึ่งทำการตรวจสอบค่า pH ค่าความถ่วงจำเพาะ และค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดูกลิ่นของแสง เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ทำการตรวจสอบสัปดาห์ละ 1 ครั้งรวมทั้งหมด 8 ครั้ง โดยมีวัสดุอุปกรณ์ คือ กระดาษกรอง เครื่องวัด pH กระจกตวง ไฮโดรมิเตอร์ คิวเวต เครื่องเสปกโตมิเตอร์รุ่น 401และมีวิธีการดังนี้

1) ทำการกรองน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการทดลองที่ 3.1.1 โดยการนำน้ำส้มควันไม้แบ่งเป็น 2 ส่วนเท่าๆกัน โดยส่วนที่ 1 เก็บไว้โดยไม่ต้องผ่านการกรอง และส่วนที่ 2 นำมากรองด้วยกระดาษกรอง

2) การศึกษาค่า pH โดยการนำน้ำส้มควันไม้ที่ได้ใส่กระจกตวง แล้วใช้เครื่องวัด pH จุ่มในน้ำส้มควันไม้ที่เตรียมไว้ เป็นเวลา 1 นาที อ่านค่าบันทึกผล

3) การศึกษาค่าความตึงจำเพาะ โดยการนำน้ำส้มควันไม้เทใส่กระจกตวงขนาด 100 ซีซี แล้วใช้ไฮโดรมิเตอร์ หย่อนลงในน้ำส้มควันไม้ที่เตรียมไว้ปล่อยให้ไฮโดรมิเตอร์ลอยนิ่ง อ่านค่าบันทึกผล

4) การศึกษาการดูกลิ่นของแสง โดยการตวงน้ำส้มควันไม้ปริมาณ 2 ซีซี เทใส่คิวเวต แล้วนำไปวัดค่าการดูกลิ่นแสงในเครื่องเสปกโตมิเตอร์ เพื่อหาช่วงคลื่นที่เหมาะสมในการตรวจวัด การหาช่วงคลื่นที่เหมาะสมโดยทำการวัดที่ทุกช่วงคลื่นแล้วนำค่าดูกลิ่นแสงที่มากที่สุดที่ช่วงคลื่นนั้นเป็นช่วงคลื่นที่เหมาะสม(นิพนธ์ ตั้งศณานุรักษ์, 2547) สำหรับการตรวจวัดทุกครั้ง อ่านค่าบันทึกผล

5) ทำการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้ตามขั้นตอนที่ 1-4 จนครบทุกตัวอย่าง ในสัปดาห์แรก

6) ทำการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้มะม่วงทุกตัวอย่าง เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ตามขั้นตอนที่ 2-4

### 3.2.2 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้กระท้อน

มีวัตถุประสงค์เพื่อ ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้จากไม้กระท้อน โดยนำน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการทดลองที่ 3.1.2 ซึ่งได้ทั้งหมด 3 ตัวอย่างแบ่ง ทำการศึกษาตัวอย่างละ 2 ส่วน คือ ส่วนของน้ำส้มควันไม้ที่ไม่กรองและ น้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการกรองโดยใช้กระดาษกรอง รวมทั้งหมด 6 ตัวอย่าง ซึ่งทำการตรวจสอบค่า pH ค่าความตึงจำเพาะ และค่าการดูกลิ่นของแสง เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ทำการตรวจสอบสัปดาห์ละ 1 ครั้งรวมทั้งหมด 8 ครั้ง โดยมีวัสดุอุปกรณ์ คือ กระดาษกรอง เครื่องวัด pH กระจกตวง ไฮโดรมิเตอร์ คิวเวต เครื่องเสปกโตมิเตอร์รุ่น 401และมีวิธีการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1) ทำการกรองน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการทดลองที่ 3.1.2 โดยการนำน้ำส้มควันไม้แบ่งเป็น 2 ส่วนเท่าๆกัน โดยส่วนที่ 1 เก็บไว้โดยไม่ต้องผ่านการกรอง และส่วนที่ 2 นำมากรองด้วยกระดาษกรอง
- 2) การศึกษาค่า pH โดยการนำน้ำส้มควันไม้ที่ได้ใส่กระบอกตวง แล้วใช้เครื่องวัด pH จุ่มในน้ำส้มควันไม้ที่เตรียมไว้ เป็นเวลา 1 นาที อ่านค่าบันทึกผล
- 3) การศึกษาค่าความถ่วงจำเพาะ โดยการนำน้ำส้มควันไม้เทใส่กระบอกตวงขนาด 100 ซีซี แล้วใช้ไฮโดรมิเตอร์ หย่อนลงในน้ำส้มควันไม้ที่เตรียมไว้ปล่อยให้ไฮโดรมิเตอร์ลอยนิ่ง อ่านค่าบันทึกผล
- 4) การศึกษาค่าการดูดกลืนแสงของแสง โดยการตวงน้ำส้มควันไม้ปริมาณ 2 ซีซี เทใส่คิวเวต แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงในเครื่องสเปกโตมิเตอร์ เพื่อหาช่วงคลื่นที่เหมาะสมในการตรวจวัด การหาช่วงคลื่นที่เหมาะสมโดยทำการวัดที่ทุกช่วงคลื่นแล้วนำค่าดูดกลืนแสงที่มากที่สุดที่ช่วงคลื่นนั้นเป็นช่วงคลื่นที่เหมาะสม(นิพนธ์ ดังคณานุรักษ์, 2547) สำหรับการตรวจวัดทุกครั้ง อ่านค่าบันทึกผล
- 5) ทำการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้ตามขั้นตอนที่ 1-4 จนครบทุกตัวอย่าง สัปดาห์แรก
- 6) ทำการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้กระท่อ้นทุกตัวอย่าง เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ตามขั้นตอนที่ 2-4

### 3.2.3 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้ขนุน

มีวัตถุประสงค์เพื่อ ทำการศึกษาคู่สมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้จากไม้ขนุนโดยนำน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการทดลองที่ 3.1.3 ซึ่งได้ทั้งหมด 3 ตัวอย่างแบ่งทำการศึกษาดูตัวอย่างละ 2 ส่วน คือ ส่วนของน้ำส้มควันไม้ที่ไม่กรองและ น้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการกรองโดยใช้กระดาษกรอง รวมทั้งหมด 6 ตัวอย่าง ซึ่งทำการตรวจสอบค่า pH ค่าความถ่วงจำเพาะ และค่าการดูดกลืนของแสง เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ทำการตรวจสอบสัปดาห์ละ 1 ครั้งรวมทั้งหมด 8 ครั้ง โดยมีวัสดุอุปกรณ์ คือ กระดาษกรอง เครื่องวัด pH กระบอกตวง ไฮโดรมิเตอร์ คิวเวต เครื่องสเปกโตมิเตอร์รุ่น 401และมีวิธีการดังนี้

- 1) ทำการกรองน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการทดลองที่ 3.1.3 โดยการนำน้ำส้มควันไม้แบ่งเป็น 2 ส่วนเท่าๆกัน โดยส่วนที่ 1 เก็บไว้โดยไม่ต้องผ่านการกรอง และส่วนที่ 2 นำมากรองด้วยกระดาษกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การศึกษาค่า pH โดยการนำน้ำส้มควันไม้ที่ได้ใส่กระบอกตวง แล้วใช้เครื่องวัด pH จุ่มในน้ำส้มควันไม้ที่เตรียมไว้ เป็นเวลา 1 นาที อ่านค่าบันทึกผล

3) การศึกษาค่าความถ่วงจำเพาะ โดยการนำน้ำส้มควันไม้เทใส่กระบอกตวงขนาด 100 ซีซี แล้วใช้ไฮโดรมิเตอร์ หย่อนลงในน้ำส้มควันไม้ที่เตรียมไว้ปล่อยให้ไฮโดรมิเตอร์ลอยนิ่ง อ่านค่าบันทึกผล

4) การศึกษาค่าการดูดกลืนของแสง โดยการตวงน้ำส้มควันไม้ปริมาณ 2 ซีซี เทใส่คิวเวต แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงในเครื่องสเปกโตมิเตอร์ เพื่อหาช่วงคลื่นที่เหมาะสมในการตรวจวัด การหาช่วงคลื่นที่เหมาะสมโดยทำการวัดที่ทุกช่วงคลื่นแล้วนำค่าดูดกลืนแสงที่มากที่สุดที่ช่วงคลื่นนั้นเป็นช่วงคลื่นที่เหมาะสม(นิพนธ์ ดังคณานุรักษ์, 2547) สำหรับการตรวจวัดทุกๆ ครั้ง อ่านค่าบันทึกผล

5) ทำการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้ตามขั้นตอนที่ 1-4 จนครบทุกตัวอย่าง ในสัปดาห์แรก

6) ทำการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้ขนาดทุกตัวอย่าง เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ตามขั้นตอนที่ 2-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล(Finding and Results)

ผลการศึกษาและทดลองได้ดำเนินการตามแนวทางการวิจัยในบทที่ 3 ได้แก่ การศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้ และการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้ โดยมีผลการศึกษา ดังนี้

#### 4.1 ผลการศึกษาระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้

การศึกษาระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้ จากการทดลองผลิตน้ำส้มควันไม้จากไม้ มะม่วง ไม้กระถ่อน และไม้ขนุน มีผลการศึกษา ดังนี้

##### 4.1.1 ผลการศึกษาระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้มะม่วง

การศึกษาในขั้นตอนนี้ได้ทำการศึกษาระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้จากไม้ มะม่วง โดยทำการศึกษาทดลองเผาเตาที่ 1 และ 2 ในวันที่ 20 มีนาคม 2550 ณ แปลงกลีกรม ยั่งยืน ภาควิชาเทคนิคเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สภาพอากาศโดยทั่วไป บริเวณทำการทดลอง มีแสงแดดตลอดทั้งวัน และมีลมพัด สภาพอากาศในตอนเย็นเกิดฝนตกในเวลาประมาณ 18.00 น. และทำการทดลองเตาที่ 3 ในวันที่ 22 มีนาคม 2550 ในสถานที่เดียวกัน ทำการทดลองโดยเผาด้วยเตา 200 ลิตร ซึ่งเป็นเตาที่เกษตรกรนิยมใช้ผลิตถ่านในครัวเรือนเป็นส่วนมาก(ภาพที่ 4.1) แสดงขั้นตอนและผลการศึกษาในภาคผนวก ก. แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิขณะเผาดังภาพที่ 4.2 และผลการทดลองดังตารางที่ 4.1อภิปรายผลได้ดังนี้



ภาพที่ 4.1 เตาเผาถ่าน 200 ลิตร

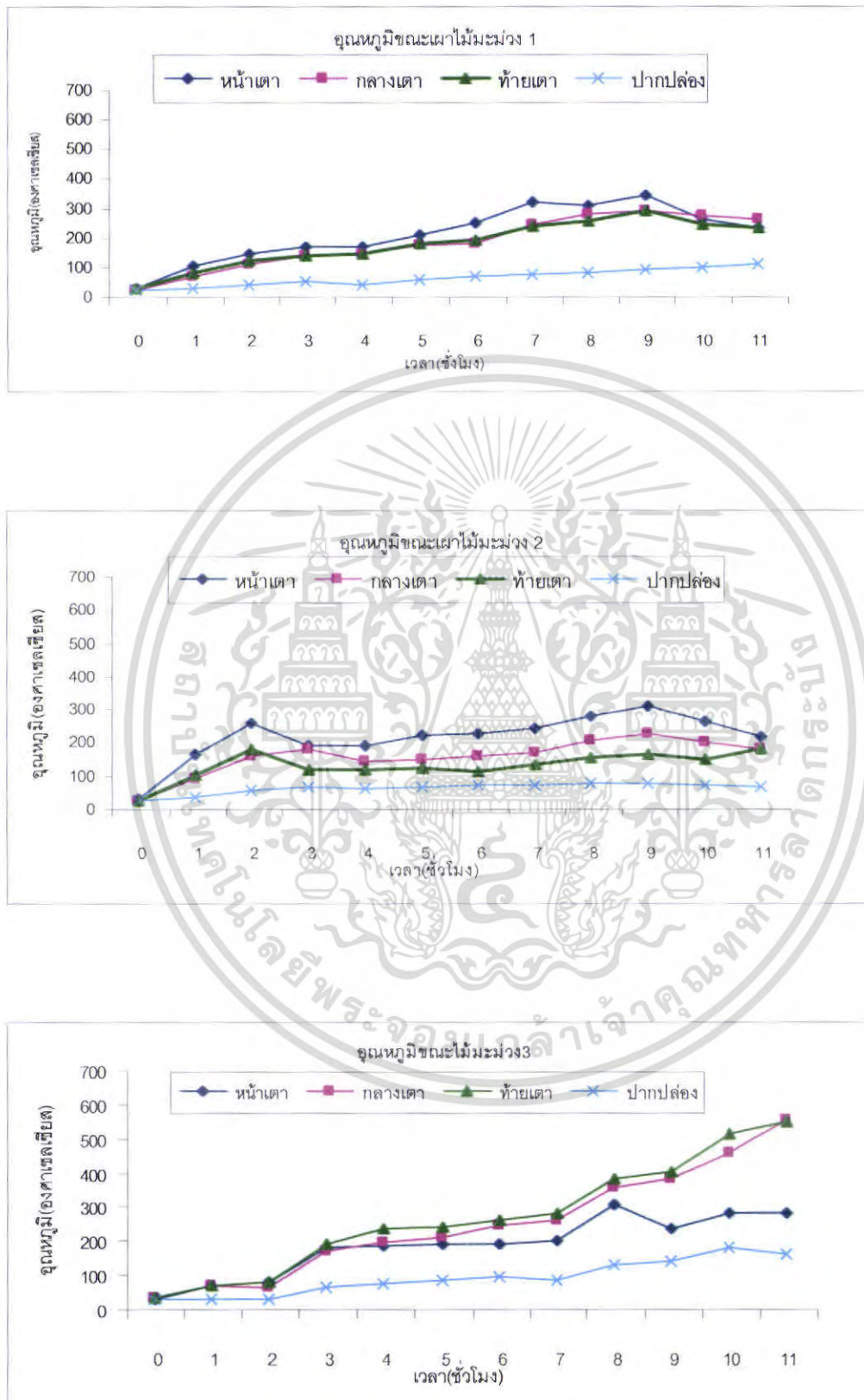
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการเผาทดลอง เริ่มจากการเตรียมไม้และอุปกรณ์ โดยทำการตัดไม้ให้มี ความยาวประมาณ 70-75 เซนติเมตร และเตรียมพื้นหน้าเตาโดยตัดไม้ให้มีความยาวประมาณ 20- 40 เซนติเมตร ทำการซั้งไม้พินก่อนการนำเข้าเตาแต่ละเตา ปริมาณไม้พินในเตาและไม้พิน หน้าเตามีปริมาณดังแสดงในตารางที่ 4.1 ทำการปิดหน้าเตา และจุดเตาในเวลาเดียวกัน ทำการ วัดอุณหภูมิทุกๆ 10 นาที ในทุกๆจุด คือ บริเวณหน้าเตา กลางเตา ท้ายเตาและบริเวณปากปล่อง เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิดังภาพที่ 4.2 โดยอุณหภูมิขณะเริ่มเผาที่ 30-40 องศาเซลเซียส ทำการเติมเชื้อเพลิงหน้าเตาให้สม่ำเสมอ เพื่อเพิ่มความร้อนและไล่ความชื้นของไม้ใน เตา ตั้งแต่เริ่มเผาจนถึงชั่วโมงที่ 4 มีอุณหภูมิปากปล่องที่ 70 องศาเซลเซียส ครั้นในช่วงนี้มี ลักษณะสีขาวขุ่นและพุ่งแรง ซึ่งเรียกว่า ครันบัว ทำการเติมเชื้อเพลิงอีกเป็นเวลา 30 นาที อุณหภูมิปากปล่องจะสูงขึ้นเป็น 75 องศาเซลเซียส ในชั่วโมงที่ 4.30 นาที ครันมีสีขาวอมเหลือง พุ่งแรงและมีกลิ่นเหม็นฉุนแสบจมูก ซึ่งเป็นครันที่สามารถเก็บน้ำส้มควันไม้ได้ และให้ทำการหยุด เติมเชื้อเพลิงหน้าเตา อุณหภูมิปากปล่องในการเก็บน้ำส้มควันไม้อยู่ที่ 75-100 องศาเซลเซียส ทำ การเก็บน้ำส้มควันไม้เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ทำการหยุดเก็บน้ำส้มควันไม้ในชั่วโมงที่ 9 เนื่องจากใน วันที่ทำการทดลองเกิดฝนตกจึงต้องทำการเปิดหน้าเตาไล่สารทาร์ในชั่วโมงที่ 9 อุณหภูมิปาก ปล่องอยู่ที่ 150 องศาเซลเซียส สังเกตครันมีลักษณะใสให้ทำการปิดเตาในชั่วโมงที่ 10

**ตารางที่ 4.1** ผลการศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้มะม่วง

รายการ	การทดลองที่			เฉลี่ย
	1	2	3	
ปริมาณไม้ในเตา(กิโลกรัม)	40.00	40.00	45.00	41.67
ปริมาณไม้หน้าเตา(กิโลกรัม)	12.00	12.00	17.00	13.67
ระยะเวลาการทดลอง(ชั่วโมง)	10.20	10.20	10.40	10.27
ปริมาณน้ำส้มควันไม้(กรัม)	720.00	780.00	150.00	550.00
ปริมาณถ่าน(กิโลกรัม)	9.00	9.30	13.00	10.43
เปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่าน(%)	18.36	19.3	20.90	19.52
ความสามารถการผลิตถ่าน(กิโลกรัม/ชั่วโมง)	0.88	0.91	1.25	1.01
ประสิทธิภาพการผลิตถ่าน(%)	66.6	56.9	86.60	70.05
เปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำส้มควันไม้(%)	1.38	1.50	0.24	1.04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 แสดงอุณหภูมิขณะเผาไม้มะม่วงเตาที่ 1, 2 และ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

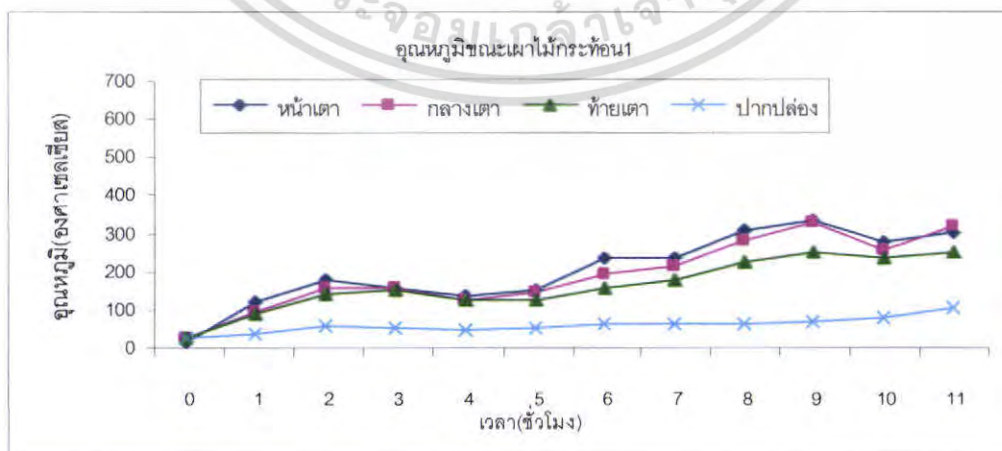
จากตารางที่ 4.1 พบว่า ไม้ในเตามีปริมาณเฉลี่ยที่ 41.67 กิโลกรัม และใช้ไม้พินหน้าเตาเฉลี่ยที่ 13.67 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลาในการเผาทั้งหมดเฉลี่ยที่ 10.27 ชั่วโมง ส่งผลให้ได้น้ำส้มควันไม้ในปริมาณเฉลี่ยที่ 550 กรัม คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำส้มควันไม้ที่ 1.04 เปอร์เซ็นต์ และสามารถผลิตถ่านได้เฉลี่ยที่ 10.43 กิโลกรัม คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่านเท่ากับ 19.52 เปอร์เซ็นต์

#### 4.1.2 ผลการศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้กระท้อน

การศึกษาระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้จากไม้กระท้อนได้ทำการทดลองเผาในวันที่ 20 มีนาคม 2550 โดยใช้สถานที่และอุปกรณ์การทดลองเดียวกับการศึกษาไม้มะม่วง โดยทำการทดลองเผาเพียง 1 การทดลองเนื่องจาก ปริมาณไม้มีไม่เพียงพอสำหรับ 3 การทดลอง มีผลการศึกษาดังภาคผนวก ก. มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิดังภาพที่ 4.3 และมีผลการศึกษาดังตารางที่ 4.2

เริ่มการทดลองโดยการเตรียมไม้สำหรับเผาให้ได้ขนาดตามที่กำหนด คือ ไม้พินในเตายาวประมาณ 70-75 เซนติเมตร และไม้พินหน้าเตายาวประมาณ 20-40 เซนติเมตร ทำการบรรจุไม้เข้าเตาและชั่งน้ำหนักไม้พินทั้งในเตาและหน้าเตาได้ดังตารางที่ 4.2

เริ่มจุดไฟหน้าเตาเพื่อไล่ความชื้นของไม้ในเตา โดยเติมเชื้อเพลิงหน้าเตาตลอดซึ่งสังเกตจากไฟหน้าเตา หากใกล้ดับให้ทำการเติมพินทันที ทำการตรวจวัดอุณหภูมิทุกๆ 10 นาที และในทุกๆจุด คือ บริเวณหน้าเตา กลางเตา ท้ายเตา และบริเวณปากปล่อง อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 26-28 องศาเซลเซียส ลักษณะควันมีสีขาว ลอยออกจากปากปล่องบางๆ และเริ่มมีปริมาณควันมากขึ้นเรื่อยๆ ในช่วงนี้เรียกว่า “ช่วงไล่ความชื้น” ใช้ระยะเวลาประมาณ 5 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.3 แสดงอุณหภูมิขณะเผาไม้กระท้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิในเตาสูงขึ้นเรื่อยๆ ควันที่ปากปล่องมีปริมาณมากขึ้น ลักษณะควันมีสีขาวขุ่น ฟุ้งตรงและแรงในแนวตั้ง ซึ่งเป็นลักษณะของควันบ้า ทำการเติมเชื้อเพลิงหน้าเตาเพื่อเพิ่มอุณหภูมิ ประมาณ 30 นาที ในช่วงเวลาที่ 5.30 ควันมีการเปลี่ยนแปลง คือ ควันมีสีเหลือง มีกลิ่นเหม็นควันไฟ ปริมาณควันมากขึ้น ซึ่งเป็นช่วงที่สามารถดับเก็บน้ำส้มควันไม้ ในช่วงนี้ทำการหยุดเติมเชื้อเพลิงหน้าเตา ใช้เวลาในการเก็บน้ำส้มควันไม้ประมาณ 4 ชั่วโมง สังเกตหยุดน้ำส้มควันไม้ หากหยุดน้ำมีลักษณะเหนียวของสารทาร์และควันสีขาวปนเทา ทำการหยุดเก็บน้ำส้มควันไม้ในช่วงเวลาที่ 10.00 และเปิดหน้าเตาเพื่อเพิ่มความร้อนในการไล่สารทาร์ หรือการทำถ่านให้บริสุทธิ์ และปิดเตาในช่วงเวลาที่ 10.30

#### ตารางที่ 4.2 ผลการศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้กระทอน

รายการ	การทดลองที่
	1
ปริมาณไม้ในเตา(กิโลกรัม)	26.00
ปริมาณไม้หน้าเตา(กิโลกรัม)	9.00
ระยะเวลาการทดลอง(ชั่วโมง)	10.20
ปริมาณน้ำส้มควันไม้(กรัม)	670.00
ปริมาณถ่าน(กิโลกรัม)	6.10
เปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่าน(%)	17.9
ความสามารถการผลิตถ่าน(กิโลกรัม/ชั่วโมง)	0.59
ประสิทธิภาพการผลิตถ่าน(%)	83.6
เปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำส้มควันไม้(%)	1.91

จากตารางที่ 4.2 ไม้ในเตามีปริมาณ 26 กิโลกรัม ไม้พินหน้าเตามีปริมาณ 9 กิโลกรัม สามารถผลิตถ่านได้ 6.10 กิโลกรัม คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่านที่ 17.9 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ระยะเวลาในการเผาเท่ากับ 10.20 ชั่วโมง สามารถผลิตน้ำส้มควันไม้ได้ 670 กรัม คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำส้มควันไม้ได้ 1.91 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

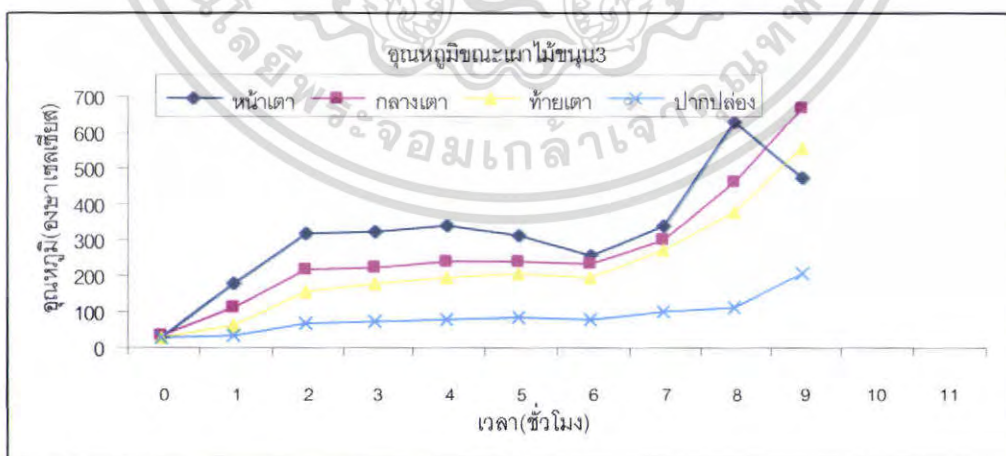
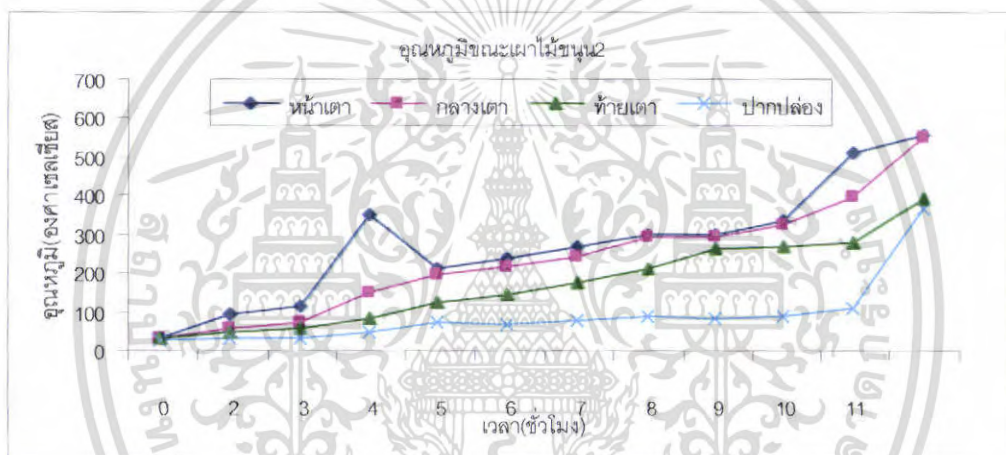
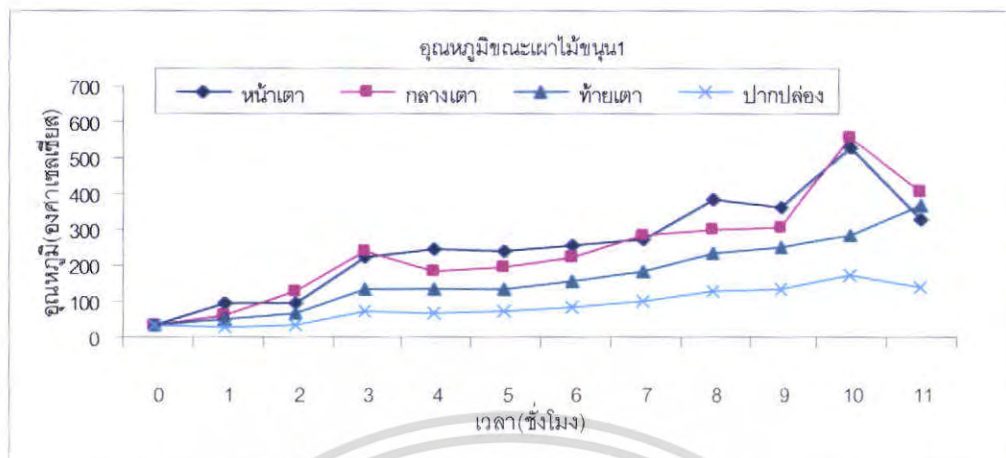
#### 4.1.3 ผลการศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้ขนุน

การศึกษาระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้จากไม้ขนุนได้ทำการทดลองในวันที่ 24 มีนาคม 2550 โดยทำการทดลองในสถานที่และอุปกรณ์เดียวกับการทดลองเผาไม้มะม่วงและกระท้อน ทำการทดลองเผาทั้งหมด 3 เตา สภาพอากาศโดยทั่วไปมีลมพัด และแสงแดดตลอดทั้งวัน มีผลการทดลองดังภาคผนวก ก. แสดงผลการศึกษาดังตารางที่ 4.3 และมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิดังภาพที่ 4.4

ในการทดลอง ได้ทำการเตรียมไม้สำหรับเตาทั้งไม้หน้าเตาและไม้ในเตา โดยไม้ในเตายาวประมาณ 20-40 เซนติเมตร และไม้ในเตายาวประมาณ 70-75 เซนติเมตร ทำการบรรจุไม้เข้าเตาให้เต็มทำการชั่งน้ำหนักไม้ โดยแต่ละเตามีน้ำหนักดังตารางที่ 4.3

ทำการจุดไฟที่หน้าเตาเพื่อไล่ความชื้นของไม้ในเตา ในช่วงนี้จะต้องเติมฟืนอยู่ตลอดเวลา ป้องกันไม่ให้ไฟดับและเพื่อให้ความร้อนสม่ำเสมอ ทำการวัดอุณหภูมิในทุกๆ 10 นาที และในทุกๆจุด คือหน้าเตา กลางเตา ท้ายเตา และปากปล่อง มีอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 28-35 องศาเซลเซียสสังเกตุดีวันจะมีลักษณะสีขาว บางๆ ลอยออกจากปากปล่อง และอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงคือค่อยๆสูงขึ้นดังตารางภาคผนวก ก. และภาพที่ 4.4

ในการไล่ความชื้นของไม้ในเตาใช้เวลา 4.30 ชั่วโมง ลักษณะควันในช่วงนี้เป็นสีขาวขุ่น พุ่งแรง มีปริมาณควันมาก ให้ทำการเติมเชื้อเพลิงหน้าเตาอีกเป็นระยะเวลา 30 นาที ควันมีการเปลี่ยนแปลงโดยเริ่มกลายเป็นสีเหลืองมีกลิ่นเหม็นฉุนแสบจมูกในชั่วโมงที่ 5 ของการทดลองซึ่งเป็นช่วงไม้กลายเป็นถ่าน หรือเป็นช่วงที่สามารถเก็บน้ำส้มควันไม้ ในช่วงนี้จะทำการลดอากาศที่เข้าภายในเตาเพื่อเป็นการควบคุมอุณหภูมิภายในเตา สังเกตุดีวันมีลักษณะหนืดทำการหยุดเก็บน้ำส้มควันไม้ในชั่วโมงที่ 9.30 อุณหภูมิจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นช่วงเพิ่มความร้อนภายในเตาสำหรับการทำถ่านให้บริสุทธิ์ ในช่วงนี้ใช้เวลาประมาณ 30 นาที ควันที่ออกมีลักษณะเป็นสีขาวปนเทา และทำการปิดเตาชั่วโมงที่ 10 ในช่วงสุดท้ายอุณหภูมิจะลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากได้ทำการปิดปากเตา หลังจากนั้นเป็นเวลาประมาณ 10-12 ชั่วโมง เตาจะเย็นตัวลงและสามารถนำถ่านออกจากเตาได้ดังตารางที่ 4.3



ภาพที่ 4.4 แสดงอุณหภูมิขณะเผาไม้ขนุนเตาที่ 1-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้ขนุน

รายการ	การทดลองที่			เฉลี่ย
	1	2	3	
ปริมาณไม้ในเตา(กิโลกรัม)	31.00	31.00	27.00	29.67
ปริมาณไม้หน้าเตา(กิโลกรัม)	10.00	10.00	9.00	9.67
ระยะเวลาการทดลอง(ชั่วโมง)	10.30	10.30	9.00	9.86
ปริมาณน้ำส้มควันไม้(กรัม)	300.00	380.00	690.00	456.67
ปริมาณถ่าน(กิโลกรัม)	9.00	8.80	8.00	8.60
เปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่าน(%)	21.90	20.70	22.20	21.60
ความสามารถการผลิตถ่าน(กิโลกรัม/ชั่วโมง)	0.87	0.85	0.88	0.87
ประสิทธิภาพการผลิตถ่าน(%)	100.00	100.00	100.00	100.00
เปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำส้มควันไม้(%)	0.70	0.92	1.90	1.17

จากการศึกษาดังตารางที่ 4.3 ปริมาณไม้ในเตาเฉลี่ยที่ 29.67 กิโลกรัม ใช้ไม้พืชน้ำเตาเฉลี่ย 9.67 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลาในการเผาเฉลี่ย 9.86 ชั่วโมง สามารถผลิตถ่านได้เฉลี่ย 8.60 กิโลกรัม คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่านเฉลี่ยเท่ากับ 21.60 เปอร์เซ็นต์ สามารถผลิตน้ำส้มควันไม้เฉลี่ยที่ 456.67 กรัม คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำส้มควันไม้เท่ากับ 1.17 เปอร์เซ็นต์

#### 4.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้

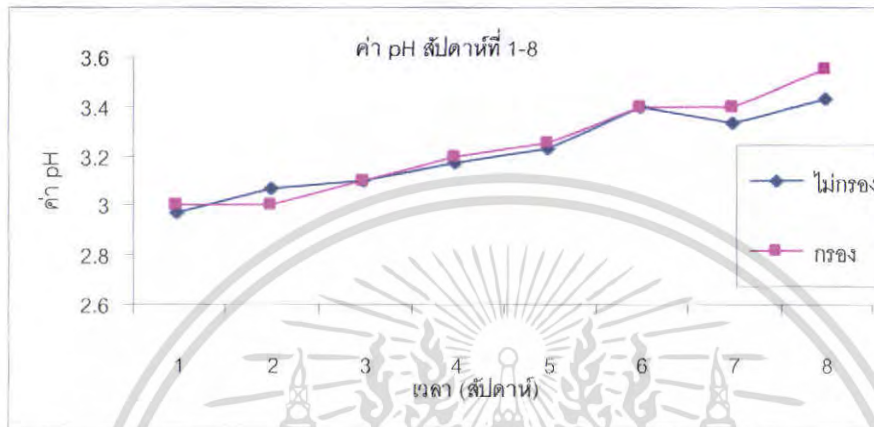
##### 4.2.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้มะม่วง

การศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพน้ำส้มควันไม้มะม่วง โดยใช้เวลาในการศึกษาทั้งหมด 8 สัปดาห์ ทำการศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้มะม่วงที่ได้จากการทดลองที่ 3.1.1 ซึ่งได้น้ำส้มควันไม้ทั้งหมด 3 ตัวอย่าง ทำการแบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 น้ำส้มควันไม้ที่ไม่ผ่านการกรอง กลุ่มที่ 2 น้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการกรอง ศึกษาค่า pH ค่าความถ่วงจำเพาะ และค่าการดูดกลืนแสง ทำการตรวจวัดสัปดาห์ละ 1 ครั้ง แสดงผลการทดลองดังตารางภาคผนวก ข.สามารถอภิปรายได้ดังนี้

การศึกษาค่า pH ของน้ำส้มควันไม้มะม่วง มีผลการศึกษาดัง ภาพที่ 4.5 และมีการเปลี่ยนแปลงดังนี้ ค่า pH เริ่มต้นของน้ำส้มควันไม้มะม่วงที่ไม่ผ่านการกรองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ

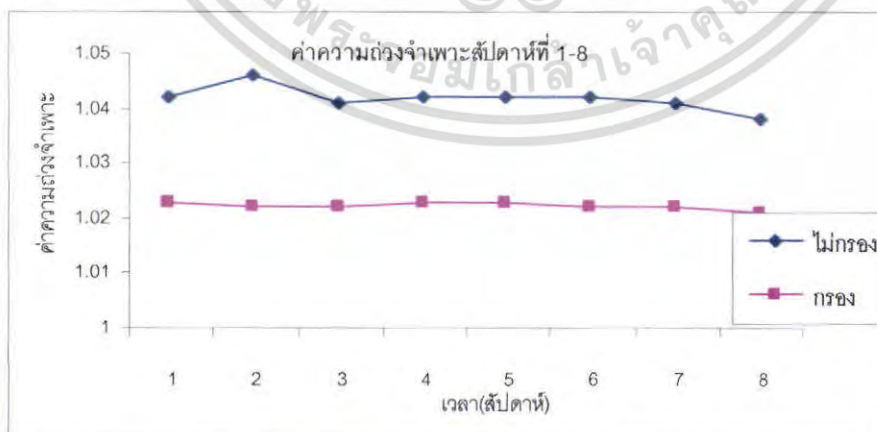
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.97ตามและที่ผ่านการกรองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3 และเมื่อทำการศึกษาในสัปดาห์ที่ 8 พบว่าค่า pH มีค่าเพิ่มขึ้นจากสัปดาห์แรกของการศึกษา นั้นแสดงว่า ค่าความเป็นกรดของน้ำส้มควันไม้ลดลง คือ 3.43 สำหรับน้ำส้มควันไม้มะม่วงที่ไม่ผ่านการกรอง และ 3.55 สำหรับน้ำส้มควันไม้มะม่วงที่ผ่านการกรอง



ภาพที่ 4.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำส้มควันไม้มะม่วง ในสัปดาห์ที่ 1-8

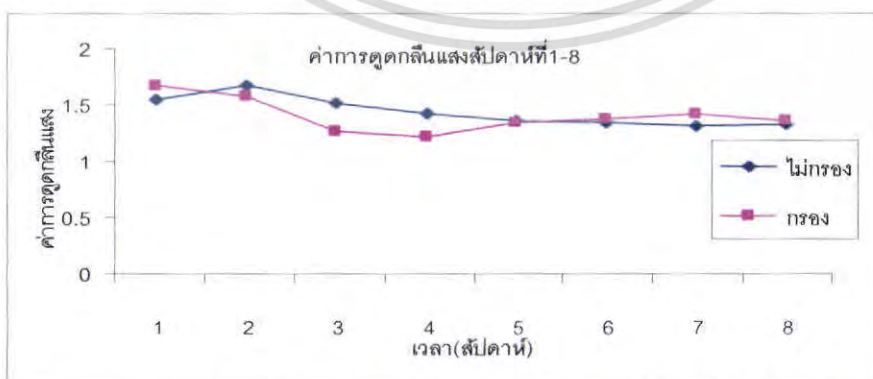
ผลการศึกษาค่าความถ่วงจำเพาะแสดงผลการศึกษาดังภาพที่ 4.6 และมีการเปลี่ยนแปลงดังนี้ ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้มะม่วงที่ไม่ผ่านการกรองมีค่าเฉลี่ยเริ่มต้นเท่ากับ 1.042 และค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการกรองมีค่าเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 1.023 เมื่อทำการศึกษาในสัปดาห์ที่ 8 ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้มีค่าลดลงจากสัปดาห์แรก ดังนี้ 1.038 สำหรับน้ำส้มควันไม้ที่ไม่ผ่านการกรอง 1.021 สำหรับน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการกรอง



ภาพที่ 4.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้มะม่วงสัปดาห์ที่ 1-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการศึกษาค่าการดูดกลืนแสงของน้ำส้มควันไม้ จากการศึกษาต้องทำการหาค่าช่วงคลื่นที่เหมาะสมสำหรับการตรวจวัดของตัวอย่าง โดยหาได้จากการหาค่าการดูดกลืนแสงที่มีค่ามากที่สุดว่าอยู่ในช่วงคลื่นใด ช่วงนั้นคือช่วงคลื่นที่เหมาะสมสำหรับตัวอย่างนั้น ค่าช่วงคลื่นที่เหมาะสมสำหรับน้ำส้มควันไม้มะม่วงที่ไม่ผ่านการกรองมีค่าเท่ากับ 415,405 และ 400 ตามลำดับ สำหรับน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการกรองมีค่าเท่ากับ 420,415 และไม่สามารถหาค่าได้สำหรับตัวอย่างที่ 3 จากการหาค่าช่วงคลื่นที่เหมาะสมของน้ำส้มควันไม้ของแต่ละตัวอย่างพบว่าค่าช่วงคลื่นที่เหมาะสมมีค่าไม่เท่ากัน เนื่องจากตัวอย่างแต่ละตัวอย่างมีความเข้มข้นหรือปริมาณสารที่ปนในน้ำส้มควันไม้ในปริมาณที่แตกต่างกันส่งผลให้ค่าช่วงคลื่นที่เหมาะสมมีค่าที่แตกต่างกัน กล่าวคือเมื่อผ่านลำแสงจากเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ผ่านไปยังน้ำส้มควันไม้ที่ความเข้มข้นหรือสารปนอยู่เมื่อลำแสงที่มีค่าพลังงานสูงผ่านสารปนเปื้อนในน้ำส้มควันไม้ จะส่งผลให้ค่าพลังงานของคลื่นเริ่มต้นมีค่าลดลงทำให้ช่วงคลื่นของน้ำส้มควันไม้แต่ละตัวอย่างมีค่าแตกต่างกัน เนื่องจากมีปริมาณสารปนเปื้อนในปริมาณที่แตกต่างกัน (นิพนธ์ ดึงคนานุรักษ์, 2547) เมื่อหาค่าช่วงคลื่นที่เหมาะสมได้แล้วให้ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงของแต่ละตัวอย่างโดยใช้ค่าช่วงคลื่นที่เหมาะสมเฉพาะของแต่ละตัวอย่างนั้นๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของค่าการดูดกลืนแสงที่ช่วงคลื่นนั้น ซึ่งมีผลการศึกษาค่าการดูดกลืนแสงของน้ำส้มควันไม้มะม่วง ดังภาพที่ 4.7 และสามารถอธิบายได้ดังนี้ ค่าการดูดกลืนแสงมีค่าเริ่มต้นสำหรับน้ำส้มควันไม้ที่ไม่ผ่านการกรองมีค่าเท่ากับ 1.548 และสำหรับน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการกรองมีค่าเท่ากับ 1.671 เมื่อทำการศึกษาสัปดาห์ที่ 8 พบว่า ค่าการดูดกลืนแสงมีค่าลดลง ดังนี้ 1.321 สำหรับน้ำส้มควันไม้ที่ไม่ผ่านการกรอง และ 1.353 สำหรับน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการกรอง ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำส้มควันไม้มีค่าลดลง สามารถอธิบายได้ว่าปริมาณสารที่ปนเปื้อนในน้ำส้มควันไม้มีปริมาณลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์



ภาพที่ 4.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงของน้ำส้มควันไม้มะม่วงสัปดาห์ที่ 1-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

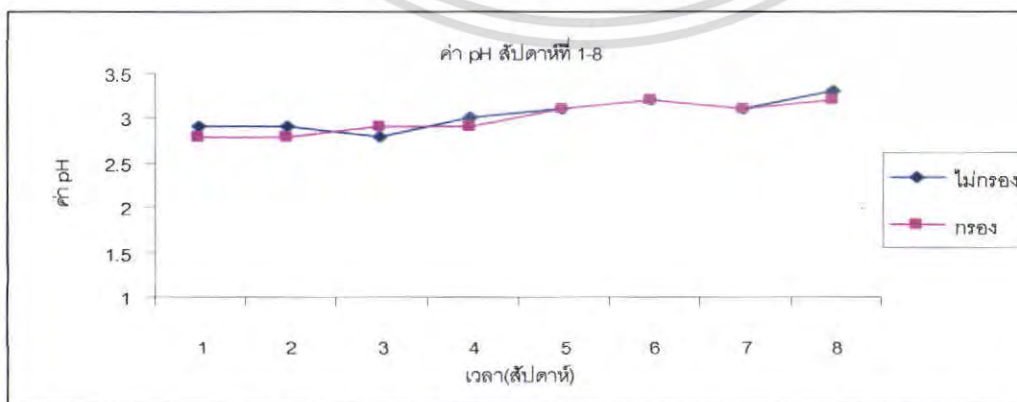
#### 4.2.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพน้ำส้มควันไม้กระท้อน

การศึกษาคูสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้กระท้อน โดยทำการศึกษาค่า pH ค่าความถ่วงจำเพาะ และค่าการดูดกลืนแสงของน้ำส้มควันไม้ ทำการศึกษาน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการทดลองที่ 3.1.2 ซึ่งมีเพียงการทดลองเดียว ดังนั้นการศึกษาในส่วนนี้จึงมีเพียง 1 ตัวอย่าง นำตัวอย่างที่ได้แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 น้ำส้มควันไม้ที่ไม่ผ่านการกรอง กลุ่มที่ 2 น้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการกรอง ทำการศึกษาคูสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้เป็นเวลาทั้งหมด 8 สัปดาห์ ซึ่งมีผลการศึกษาดังภาคผนวก ข. และมีผลการศึกษาดังนี้

ผลการศึกษาค่า pH ของน้ำส้มควันไม้กระท้อน มีผลการศึกษาดัง ภาพที่ 4.8 และมีการเปลี่ยนแปลงดังนี้ ค่า pH เริ่มต้นของน้ำส้มควันไม้กระท้อนทั้งตัวอย่างที่ไม่ผ่านการกรองและที่ผ่านการกรองมีค่าเท่ากับ 2.9 และ 2.8 ตามลำดับ เมื่อทำการศึกษาในสัปดาห์ที่ 8 พบว่าค่า pH มีค่าเพิ่มขึ้นหรือมีค่าความเป็นกรดลดลงจากสัปดาห์แรก คือ 3.3 และ 3.2 ตามลำดับ

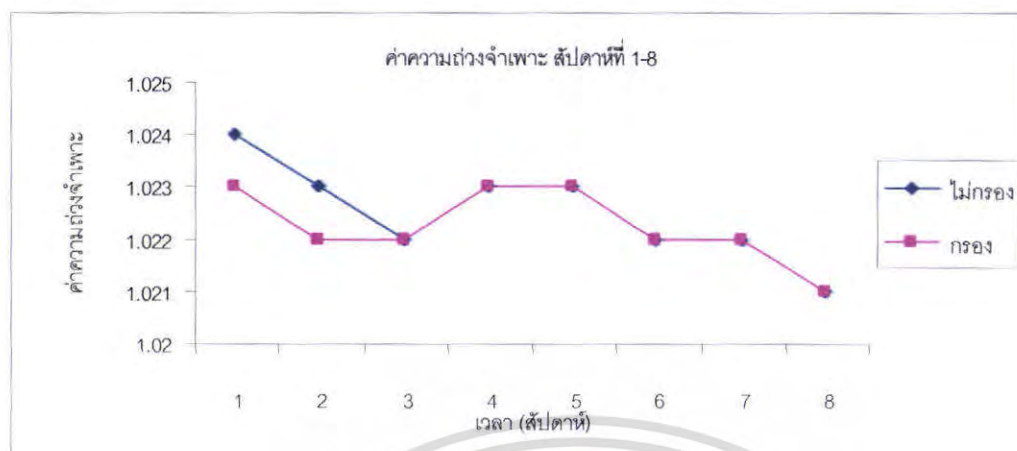
ผลการศึกษาค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้กระท้อน มีผลการศึกษาดัง ภาพที่ 4.9 และมีการเปลี่ยนแปลง ดังนี้ ค่าความถ่วงจำเพาะเริ่มต้นของน้ำส้มควันไม้กระท้อนที่ไม่ผ่านการกรองและที่ผ่านการกรองเท่ากับ 1.024 และ 1.023 เมื่อทำการศึกษาในสัปดาห์ที่ 8 พบว่าค่าความถ่วงจำเพาะมีค่าลดลงจากสัปดาห์แรกเป็น 1.021 ทั้งสองตัวอย่าง

ผลการศึกษาค่าการดูดกลืนแสงของน้ำส้มควันไม้กระท้อน แสดงผลการศึกษาดังภาพที่ 4.10 และสามารถอภิปรายได้ดังนี้ จากการศึกษาหาค่าช่วงคลื่นที่เหมาะสมของการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ไม่ผ่านการกรองและตัวอย่างที่ผ่านการกรอง เท่ากับ 415 และ 420 ทำการศึกษาวัดค่าการดูดกลืนแสงมีค่าเริ่มต้นที่ 1.782 และ 1.659 ตามลำดับ และเมื่อทำการศึกษาสัปดาห์ที่ 8 พบว่าค่าการดูดกลืนแสงมีค่าของน้ำส้มควันไม้กระท้อนมีค่าลดลงจากสัปดาห์แรกเป็น 1.443 และ 1.468 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำส้มควันไม้กระท้อน สัปดาห์ที่ 1-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้กระท้อนสัปดาห์ที่ 1-8



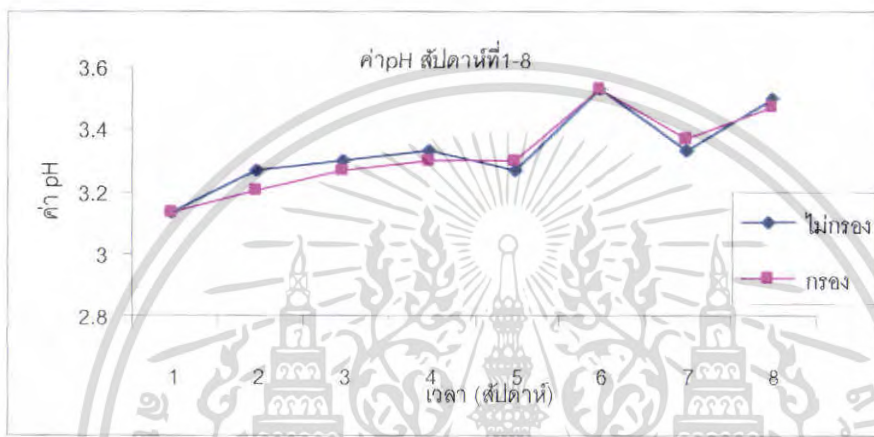
ภาพที่ 4.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าการดูกลืนแสงของน้ำส้มควันไม้กระท้อนสัปดาห์ที่ 1-8

#### 4.2.3 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้ขนุน

การศึกษาคูสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้ขนุน ทำการศึกษาทั้งหมด 3 ตัวอย่าง ซึ่งเป็นตัวอย่างน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการทดลองที่ 3.1.3 คือการศึกษาระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้จากไม้กระท้อน ซึ่งได้ทำการทดลองทั้งหมด 3 การทดลอง นำน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการเผาถ่านทั้ง 3 ตัวอย่าง ทำการแบ่งตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 น้ำส้มควันไม้ขนุนที่ไม่ผ่านการกรอง กลุ่มที่ 2 น้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง นำตัวอย่างที่ได้ทั้งหมดมาศึกษาค่า pH ค่าความถ่วงจำเพาะและค่าการดูกลืนแสง เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง แสดงผลการศึกษาดังภาคผนวก ข. และมีผลการศึกษาดังนี้

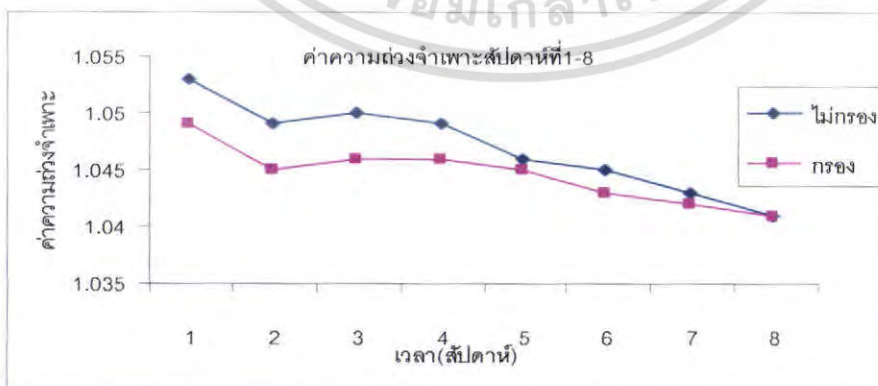
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการศึกษาค่า pH ของน้ำส้มควันไม้ขนุน แสดงผลการศึกษาดังภาพที่ 4.11 และสามารถอธิบายได้ดังนี้ ค่า pH เริ่มต้นของน้ำส้มควันไม้ขนุนที่ไม่ผ่านการกรองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.13 สำหรับน้ำส้มควันไม้ขนุนที่ผ่านการกรองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.13 เมื่อทำการศึกษาสัปดาห์ที่ 8 พบว่า ค่า pH ของน้ำส้มควันไม้ขนุนมีค่าเพิ่มขึ้นจากสัปดาห์แรก เป็น 3.5 สำหรับน้ำส้มควันไม้ขนุนที่ไม่ผ่านการกรอง และ 3.47 สำหรับน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการกรอง



ภาพที่ 4.11 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำส้มควันไม้ขนุนสัปดาห์ที่ 1-8

ผลการศึกษาค่าความถ่วงจำเพาะ แสดงผลการศึกษาดังภาพที่ 4.12 และมีการเปลี่ยนแปลงดังนี้ ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้ขนุนที่ไม่ผ่านการกรองมีค่าเฉลี่ยเริ่มต้นเท่ากับ 1.053 ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการกรองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.049 เมื่อทำการศึกษาในสัปดาห์ที่ 8 ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้มีค่าลดลงจากสัปดาห์แรก ดังนี้ 1.041 สำหรับน้ำส้มควันไม้ที่ไม่ผ่านการกรอง และ 1.041 สำหรับน้ำส้มควันไม้ขนุนที่ผ่านการกรอง



ภาพที่ 4.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้ขนุน สัปดาห์ที่ 1-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการศึกษาค่าการดูดกลืนแสงของน้ำส้มควันไม้ขนุน แสดงผลการศึกษาดังภาพที่ 4.13 และสามารถอภิปรายได้ดังนี้ จากการศึกษาหาค่าช่วงคลื่นที่เหมาะสมของการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ไม่ผ่านการกรองตัวอย่างที่ 1-3 เท่ากับ 400,420 และ 420 และน้ำส้มควันไม้ที่ไม่ผ่านการกรองตัวอย่างที่ 1-3 เท่ากับ 435,420 และ 400 ทำการศึกษาวัดหาค่าการดูดกลืนแสงมีค่าเฉลี่ยเริ่มต้นที่ 1.603 สำหรับน้ำส้มควันไม้ที่ไม่ผ่านการกรอง และ 1.740 สำหรับน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการกรองแล้ว เมื่อทำการศึกษาสัปดาห์ที่ 8 พบว่าค่าการดูดกลืนแสงของน้ำส้มควันไม้กระທ່ອນมีค่าลดลงจากสัปดาห์แรกเป็น 1.353 สำหรับน้ำส้มควันไม้ที่ไม่ผ่านการกรอง และ 1.402 สำหรับน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการกรองแล้ว



ภาพที่ 4.13 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงของน้ำส้มควันไม้ขนุน สัปดาห์ที่ 1-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## วิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้จากไม้มะม่วง ไม้กระท้อนและไม้ขนุน พบว่า ปริมาณไม้มะม่วงที่ทำการเผามีปริมาณที่แตกต่างกัน เนื่องจากไม้มีลักษณะเล็กใหญ่ สั้นยาว ที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ปริมาณไม้ในเตาแต่ละเตาไม่เท่ากัน ใช้ระยะเวลาที่ทำการทดลอง 9.00-10.40 ชั่วโมง ซึ่งการทดลองที่ใช้เวลามากที่สุดคือการทดลองเผาไม้มะม่วงเตาที่ 3 เนื่องจาก ปริมาณไม้ในเตามากที่สุดจึงทำให้ใช้ระยะเวลาในการทดลองยาวนาน และใช้ปริมาณไม้ฟืนหน้าเตาในปริมาณมากที่สุดคือ 17 กิโลกรัม ส่วนการทดลองที่ใช้เวลาในการทดลองที่น้อยที่สุด คือ การทดลองที่ 3 ของการเผาไม้ขนุน ซึ่งใช้เวลาทั้งหมดในการทดลองเพียง 9 ชั่วโมง เนื่องจาก ปริมาณที่เผามีปริมาณน้อย ปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่สามารถผลิตได้นั้นขึ้นอยู่กับ ปริมาณไม้ที่เผา ระยะเวลาที่เผา และอุณหภูมิที่ทำการทดลอง จะส่งผลให้ปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ได้มีปริมาณที่แตกต่างกัน เปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่านอยู่ที่ 17-22 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์การผลิตถ่าน และ เปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำส้มควันไม้อยู่ที่ 0.24-1.9 เปอร์เซ็นต์ เป็นเปอร์เซ็นต์ที่ต่ำกว่าเปอร์เซ็นต์การผลิตน้ำส้มควันไม้ที่ควรจะเป็น อุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บน้ำส้มควันไม้อยู่ที่ 75-100 องศาเซลเซียส น้ำส้มควันไม้ที่ได้มีสีน้ำตาลถึงสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งสีของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้นั้นขึ้นอยู่กับชนิดของไม้ อุณหภูมิขณะทำการเก็บ จึงส่งผลให้น้ำส้มควันไม้ที่ได้มีลักษณะที่แตกต่างกันด้วย

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้ พบว่า เมื่อทำการเก็บพักน้ำส้มควันไม้ไว้เพื่อให้เกิดการตกตะกอนของสารอาหาร เกิดการเปลี่ยนแปลงดังนี้ ค่า pH มีค่าเพิ่มขึ้นจาก สัปดาห์แรกที่ทำการศึกษา นั่นหมายถึง ค่าความเป็นกรดของน้ำส้มควันไม้ลดลงหรือความเป็นกรดลดลงนั่นเอง ค่าความถ่วงจำเพาะมีค่าลดลง จากการศึกษาค่าความถ่วงจำเพาะมีค่าลดลง จากสัปดาห์แรกของการศึกษา สามารถอธิบายได้ว่า ความเข้มข้นในน้ำส้มควันไม้หรือปริมาณสารที่ปนในน้ำส้มควันไม้มีปริมาณลดลง จึงส่งผลให้ค่าความถ่วงจำเพาะมีค่าลดลง และจากการศึกษาค่าการดูดกลืนแสงพบว่า ค่าการดูดกลืนแสงมีค่าลดลง สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อมีการผ่านลำแสงที่อยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับตัวอย่างนั้นๆ ค่าการดูดกลืนแสงมีค่าลดลงจากสัปดาห์แรก นั่นคือ สารที่ปนในน้ำส้มควันไม้มีปริมาณลดลงสารที่เคยดูดกลืนแสงมีปริมาณลดลง ส่งผลให้แสงสามารถผ่านได้มากและค่าดูดกลืนแสงมีค่าลดลง จากการศึกษาในสัปดาห์สุดท้าย พบว่า น้ำส้มควันไม้ที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานชุมชนน้ำส้มควันไม้ดิบได้แก่ น้ำส้มควันไม้มะม่วงตัวอย่างที่ 1 ที่ผ่านการกรองแล้ว และตัวอย่างที่ 2 ทั้ง 2 กลุ่ม น้ำส้มควันไม้กระท้อนผ่านเกณฑ์ทั้ง 2 กลุ่ม การศึกษา ส่วนน้ำส้มควันไม้ขนุนไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มควันไม้ดิบ เนื่องจากมีค่าความถ่วงจำเพาะสูงกว่ามาตรฐานกำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ(Conclusions and Recommendations)

การศึกษาในครั้งนี้ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ 1. การศึกษากระบวนการเผาถ่านและ 2. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้ ซึ่งผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

#### 5.1 สรุปการศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้

การศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้ จากการทดลองเผาไม้ 3 ชนิด ได้แก่ ไม้มะม่วง ไม้กระท้อน และไม้ขนุน พบว่า ปริมาณไม้ในเตาส่งผลต่อเวลาในการเผา คือ ถ้าไม้มีปริมาณมาก จะใช้เวลาในการเผานานกว่าเตาที่มีปริมาณไม้ น้อยกว่า ปริมาณและคุณสมบัติของน้ำส้มควันไม้ ที่ได้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ทำการเก็บ เมื่อทำการเก็บน้ำส้มควันไม้ที่อุณหภูมิ 75-120 องศาเซลเซียส จะได้น้ำส้มควันไม้สีน้ำตาลปนเหลือง สามารถเก็บได้ในเวลาที่นานและได้ปริมาณมากกว่าน้ำส้มควันไม้ที่เก็บในช่วงอุณหภูมิที่สูง การเก็บน้ำส้มควันไม้ที่ช่วงอุณหภูมิมากกว่า 120 องศาเซลเซียส ส่งผลให้น้ำส้มควันไม้ที่ได้น้อย มีลักษณะเหนียวสีน้ำตาลเข้มถึงดำ ซึ่งเป็นส่วนผสมของสารทาร์ในปริมาณมาก เช่นในการทดลองเผาไม้มะม่วง น้ำส้มควันไม้ที่ได้มีปริมาณน้อยและมีสารทาร์ปนออกมามากทำให้น้ำส้มควันไม้มีสีดำ จากการทดลองพบว่าความสามารถในการผลิตถ่านอยู่ที่ 19-23 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ผลผลิตการแปรรูปไม้ให้กลายเป็นถ่าน คือ 20-22 เปอร์เซ็นต์

#### 5.2 สรุปการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้

น้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการเผาไม้ต่างชนิดกัน เวลาที่ต่างกัน และสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน ย่อมส่งผลให้น้ำส้มควันไม้มีคุณสมบัติที่แตกต่างกันด้วย น้ำส้มควันไม้เมื่อปล่อยให้แห้งให้ตกตะกอนตามระยะเวลาต่างๆ ย่อมส่งผลให้คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้มีการเปลี่ยนแปลงด้วย คือ จากการศึกษา พบว่า ค่า pH ของน้ำส้มควันไม้มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ทำให้ค่าความเป็นกรดของน้ำส้มควันไม้ลดลง ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้มีค่าน้อยลง เนื่องจากมีการตกตะกอนของสารทาร์ และค่าการดูดกลืนแสงมีค่าน้อยลง นั้นแสดงว่า ปริมาณสารที่ปิดบังแสงมีปริมาณน้อยลงจึงทำให้แสงสามารถผ่านได้มากขึ้น จากการตรวจวัดค่า pH อยู่ที่ 3.2-3.8 และค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ที่ 1.020-1.075 หากพิจารณาโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มควันไม้ดิบเป็นเกณฑ์ พบว่าน้ำส้มควันไม้มะม่วง และน้ำส้มควันไม้กระท้อน มีคุณสมบัติตรงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มควันไม้ดิบ ส่วนน้ำส้มควันไม้ขนุนมีค่าความถ่วงจำเพาะมากกว่าค่าที่มาตรฐานกำหนด

## ข้อเสนอแนะ

### ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ไม้ที่ใช้ในการทดลองเผาควรเป็นไม้ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 4 เซนติเมตร เพื่อให้สะดวกต่อการตัด การเผา และการชั่งตัวอย่าง
  2. วันที่ทำการทดลองควรศึกษาสภาพอากาศของวันที่จะทำการทดลองให้ดี เพื่อให้การทดลองผิดพลาดที่เกิดจากสาเหตุที่ไม่สามารถควบคุมได้
  3. อุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าต่างๆ ควรเป็นดิจิทัล เพื่อให้ง่ายต่อการอ่านค่า เพื่อความชัดเจนและเที่ยงตรงที่สุด
  4. การศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้ควรมีระยะเวลามากกว่า 8 สัปดาห์ เพื่อศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงที่แน่นอน และให้ได้ผลการทดลองที่อยู่ในสภาวะคงที่
- อุปสรรคและปัญหา
1. พื้นที่ทำการทดลอง มีน้ำท่วมขังเป็นอุปสรรคต่อการทดลองทำให้ต้องหยุดการทดลองชั่วคราว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

กระท้อน. 2550 ก.[ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : <http://www.ku.ac.th/grrikraton.htm-2k>

\_\_\_\_\_ .2550 ข.[ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก:[http://www.yalor.yru.ac.th/research/bio-dihersity/round\\_riy/kraton.html](http://www.yalor.yru.ac.th/research/bio-dihersity/round_riy/kraton.html)

เกษตรกรรมธรรมชาติ. 2548. **การเผาถ่านคุณภาพสูง**. กรุงเทพฯ : รุ่งเรืองสาส์นการพิมพ์  
เกียรติศักดิ์ สุตะพรหม. 2548. **อุปสงค์น้ำส้มควันไม้ในฟาร์มเกษตรอินทรีย์ของจังหวัด  
ยโสธร**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กรมวิชาการเกษตร. 2532. **มะม่วง**. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร .พิมพ์  
ครั้งที่ 1.

ขนุน. 2550 ก.[ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก :<http://www.doae.go.th/plant/kanun.htm>

\_\_\_\_. 2550 ข.[ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก :<http://www.thaifruitnews.com/vtext/jextfruit1.htm>

\_\_\_\_. 2550 ค.[ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก :<http://aopdho6doae.go.th/kanoon2.htm>

เฉลิมชัย แก้ววรชาติ. 2539. **การปลูกมะม่วง**. กรุงเทพฯ : อักษรสยามการพิมพ์. พิมพ์ครั้งที่ 1.

ชมรมสวนป่า ผลิตภัณฑ์และพลังงานจากไม้. 2546. **ถ่านไม้และน้ำส้มควันไม้**. กรุงเทพฯ :  
ชมรมสวนป่า ผลิตภัณฑ์และพลังงานจากไม้

นฤมล บุญส่งเจริญ. 2546. **การวิเคราะห์ศักยภาพในการส่งออกผลมะม่วงของไทย**. คณะ  
เศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

นิพนธ์ ตั้งคณานุกรักษ์. 2547. **สเปกโทรสโกปีด้านการวิเคราะห์**. กรุงเทพฯ:  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2550.[ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก:  
[http://www.tisi.go.th/otop/pdf\\_file/tops659\\_47.pdf](http://www.tisi.go.th/otop/pdf_file/tops659_47.pdf)

มะม่วง.2549 .[ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก:

[http://www.doa.go.th/pl\\_data/02\\_LOCAL/oard4/mango\\_indus/main.html](http://www.doa.go.th/pl_data/02_LOCAL/oard4/mango_indus/main.html)

ลือพงษ์ ลือนาม. 2549. **การวิจัยพัฒนาเตาเผาถ่านและการผลิตถ่านซังข้าวโพดในระดับ  
เกษตรกร**. คณะเครือข่ายการวิจัยตอขนบ

วิชณี บุญญะปฏิภาณ. 2544. **ไม้พิน**. ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรม  
ป่าไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม. 2546. **คู่มือเตาเผาถ่าน 200 ลิตร**. นครราชสีมา : สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม

สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม. 2547. **การผลิตและการใช้ประโยชน์น้ำส้มควันไม้**. นครราชสีมา:สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม

สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม. 2548. **รายงานการศึกษาการใช้ประโยชน์จากน้ำส้มควันไม้ สำหรับการเกษตรอินทรีย์**. นครราชสีมา : สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม

สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม. 2549 ก. **เอกสารการสัมมนาการศึกษาวิจัยการใช้ น้ำส้มควันไม้ทางการเกษตร โครงการพลังงานยั่งยืน**. เอกสารการสัมมนาการศึกษาวิจัยการใช้ น้ำส้มควันไม้ทางการเกษตร วันที่ 25 มกราคม 2549 ณ หอประชุมกวี จุติกุล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ ก.1 ผลการศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้มะม่วง**

รายการ	การทดลองที่		
	1	2	3
ปริมาณไม้ในเตา(กิโลกรัม)	40.00	40.00	45.00
ปริมาณไม้หน้าเตา(กิโลกรัม)	12.00	12.00	17.00
ระยะเวลาการทดลอง(นาที)	10.20	10.20	10.40
ปริมาณน้ำส้มควันไม้(ml)	720.00	780.00	150.00
ปริมาณถ่าน(กิโลกรัม)	9.00	9.30	13.00
เปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่าน(%)	18.36	19.30	20.90
ความสามารถการผลิตถ่าน(กิโลกรัม/ชั่วโมง)	0.88	0.91	1.25
ประสิทธิภาพการผลิตถ่าน(%)	66.6	56.9	86.60
เปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำส้มควันไม้(%)	1.38	1.50	0.24

**ตารางภาคผนวกที่ ก.2 ผลการศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้กระท้อน**

รายการ	การทดลองที่
	1
ปริมาณไม้ในเตา(กิโลกรัม)	26.00
ปริมาณไม้หน้าเตา(กิโลกรัม)	9.00
ระยะเวลาการทดลอง(นาที)	620.00
ปริมาณน้ำส้มควันไม้(ml)	670.00
ปริมาณถ่าน(กิโลกรัม)	6.10
เปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่าน(%)	17.90
ความสามารถการผลิตถ่าน(กิโลกรัม/ชั่วโมง)	0.59
ประสิทธิภาพการผลิตถ่าน(%)	83.6
เปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำส้มควันไม้(%)	1.91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตารางภาคผนวกที่ ก.3 ผลการศึกษากระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้ขนุน

รายการ	การทดลองที่		
	1	2	3
ปริมาณไม้ในเตา(กิโลกรัม)	31.00	31.00	27.00
ปริมาณไม้หน้าเตา(กิโลกรัม)	10.00	10.00	9.00
ระยะเวลาการทดลอง(นาที)	630.00	630.00	540.00
ปริมาณน้ำส้มควันไม้(ml)	300.00	380.00	690.00
ปริมาณถ่าน(กิโลกรัม)	9.00	8.80	8.00
เปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่าน(%)	21.90	20.70	22.20
ความสามารถการผลิตถ่าน(กิโลกรัม/ชั่วโมง)	0.87	0.85	0.88
ประสิทธิภาพการผลิตถ่าน(%)	100.00	100.00	100.00
เปอร์เซ็นต์ผลผลิตน้ำส้มควันไม้(%)	0.70	0.92	1.90

### ตารางภาคผนวกที่ ก.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองเผาไม้มะม่วงเตาที่1

เวลา	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)				
	หน้าเตา	กลางเตา	ท้ายเตา	ปากปล่อง	หมายเหตุ
8.00	27.80	22.60	30.90	25.70	จุดเตา
8.10	70.20	45.70	70.20	26.70	
8.20	123.10	84.70	97.10	29.30	
8.30	101.10	76.70	94.30	28.60	
8.40	147.60	101.90	92.10	31.20	
8.50	146.20	98.20	91.50	31.70	
9.00	125.60	94.50	92.20	31.30	
9.10	133.70	93.20	92.00	30.60	
9.20	116.70	92.20	151.00	40.30	
9.30	115.80	122.40	122.80	35.50	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ก.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองเผาไม้มะม่วงเตาที่1(ต่อ)

เวลา	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)				หมายเหตุ
	หน้าเตา	กลางเตา	ท้ายเตา	ปากปล่อง	
9.40	199.20	148.90	143.50	50.30	
9.50	189.90	127.00	146.90	49.70	
10.20	162.50	139.10	130.90	52.20	
10.30	164.70	138.20	148.80	50.60	
10.40	148.90	128.00	164.00	51.00	
10.50	181.30	146.90	126.10	53.50	
11.00	205.00	164.70	128.70	55.20	
11.10	137.90	127.50	129.30	50.10	
11.20	150.40	139.10	129.30	49.20	
11.30	153.20	131.80	146.80	48.00	
11.40	183.30	149.60	161.20	49.00	
11.50	196.00	163.10	166.60	51.00	
12.00	201.00	164.20	160.60	54.00	
12.10	189.60	160.70	182.30	54.40	
12.20	237.00	192.70	166.10	56.50	
12.30	227.00	184.60	199.90	59.60	
12.40	199.90	168.20	193.30	61.10	
12.50	213.00	180.90	174.40	57.20	
13.00	239.00	213.00	208.00	61.00	
13.10	199.40	185.80	213.00	63.10	
13.20	264.00	215.00	232.00	66.40	
13.30	274.00	221.00	234.00	70.50	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ก.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองเผาไม้มะม่วงเตาที่ 1  
(ต่อ)

เวลา	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)				หมายเหตุ
	หน้าเตา	กลางเตา	ท้ายเตา	ปากปล่อง	
13.40	266.00	23.00	20.00	74.10	เริ่มเก็บน้ำส้มควันไม้
13.50	280.00	227.00	247.00	80.80	
14.00	317.00	223.00	230.00	81.50	
14.10	372.00	247.00	231.00	80.60	
14.20	293.00	243.00	247.00	67.10	
14.30	265.00	268.00	262.00	68.20	
14.40	314.00	273.00	208.00	70.70	
14.50	370.00	227.00	261.00	71.20	
15.00	228.00	261.00	225.00	73.20	
15.10	310.00	274.00	238.00	71.10	
15.20	338.00	286.00	273.00	73.00	
15.30	339.00	299.00	254.00	76.70	
15.40	356.00	268.00	247.00	91.30	
15.50	283.00	293.00	288.00	87.30	
16.00	345.00	287.00	298.00	92.40	
16.10	317.00	312.00	298.00	83.50	
16.20	326.00	341.00	335.00	91.20	
16.30	362.00	303.00	299.00	93.50	
16.40	383.00	261.00	236.00	95.60	
16.50	323.00	229.00	274.00	94.90	
17.00	220.00	252.00	297.00	95.70	
17.10	283.00	278.00	239.00	98.70	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ ก.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองเผาไม้มะม่วงเตาที่ 1**  
(ต่อ)

เวลา	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)				
	หน้าเตา	กลางเตา	ท้ายเตา	ปากปล่อง	หมายเหตุ
17.20	367.00	315.00	236.00	98.50	
17.30	242.00	272.00	236.00	99.70	
17.40	234.00	267.00	238.00	100.00	ฝนตก
17.50	229.00	265.00	238.00	104.40	
18.00	230.00	259.00	234.00	105.70	
18.10	234.00	261.00	231.00	112.20	
18.20	232.00	262.00	235.00	113.30	ปิดเตา

**ตารางภาคผนวกที่ ก.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองเผาไม้มะม่วงเตาที่ 2**

เวลา	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)				
	หน้าเตา	กลางเตา	ท้ายเตา	ปากปล่อง	หมายเหตุ
8.00	29.10	24.00	24.50	26.00	จุดเตา
8.10	88.50	51.70	57.70	26.10	
8.20	114.30	75.40	73.40	24.00	
8.30	179.10	110.30	114.10	26.60	
8.40	310.00	151.60	163.70	54.90	
8.50	281.00	156.30	178.60	61.20	
9.00	259.00	155.10	145.70	58.20	
9.10	260.00	154.40	146.20	58.60	
9.20	256.00	160.60	148.80	43.80	
9.30	266.00	159.70	148.50	64.70	
9.40	264.00	165.30	156.00	40.60	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ก.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองเผาไหม้มะม่วงเตาที่ 2  
(ต่อ)

เวลา	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)				หมายเหตุ
	หน้าเตา	กลางเตา	ท้ายเตา	ปากปล่อง	
9.50	254.00	173.70	156.30	74.20	
10.00	232.00	170.20	145.30	72.80	
10.10	238.00	161.30	143.30	74.90	
10.20	170.20	163.20	146.50	74.00	
10.30	155.20	139.30	123.40	63.00	
10.40	199.60	131.70	19.90	61.40	
11.00	174.00	127.10	108.70	59.60	
11.10	202.00	136.30	114.40	60.90	
11.20	185.50	149.80	124.70	60.90	
11.30	215.00	141.10	117.50	60.30	
11.40	216.00	151.50	120.00	58.90	
11.50	165.30	151.20	124.10	59.70	
12.00	213.00	134.00	108.70	61.10	
12.10	231.00	144.00	119.30	61.00	
12.20	224.00	159.60	124.50	69.60	
12.30	224.00	158.90	136.20	65.50	
12.40	251.00	163.60	137.70	66.80	
12.50	184.40	150.10	118.90	67.30	
13.00	229.00	170.00	145.20	65.00	
13.10	220.00	163.50	140.30	71.30	
13.20	202.00	160.90	136.00	70.90	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ก.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองเผาไม้มะม่วงเตาที่ 2  
(ต่อ)

เวลา	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)				หมายเหตุ
	หน้าเตา	กลางเตา	ท้ายเตา	ปากปล่อง	
13.30	237.00	163.40	14.80	72.50	
13.40	224.00	156.60	128.80	71.70	เริ่มเก็บน้ำส้มควันไม้
13.50	244.00	162.70	133.10	74.20	
14.00	241.00	158.10	127.10	72.60	
14.10	240.00	166.60	135.40	71.20	
14.20	220.00	164.10	128.40	71.20	
14.30	250.00	171.20	138.20	72.30	
14.40	252.00	178.20	144.70	73.00	
14.50	267.00	187.60	147.50	74.20	
15.00	227.00	186.40	140.50	73.40	
15.10	291.00	199.90	154.60	75.50	
15.20	317.00	208.00	163.30	75.40	
15.30	289.00	242.00	155.50	76.70	
15.40	253.00	192.70	150.50	77.30	
15.50	288.00	206.00	158.90	77.00	
16.00	338.00	233.00	181.00	79.50	
16.10	328.00	226.00	172.10	78.80	
16.20	387.00	206.00	159.30	78.80	
16.30	306.00	218.00	167.60	78.40	
16.40	267.00	295.50	151.70	79.50	
16.50	253.00	192.10	148.40	77.90	
17.00	319.00	220.00	157.10	75.60	
17.10	275.00	198.40	146.10	78.60	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ก.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองเผาไม้มะม่วงเตาที่2  
(ต่อ)

เวลา	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)				หมายเหตุ
	หน้าเตา	กลางเตา	ท้ายเตา	ปากปล่อง	
17.20	286.00	215.00	156.30	74.10	
17.30	261.00	194.60	143.60	72.50	
17.40	228.00	190.10	141.70	70.30	ฝนตก
17.50	221.00	183.60	136.60	68.30	
18.00	231.00	179.60	133.10	67.90	
18.10	212.00	179.20	132.30	68.40	
18.20	205.00	177.90	285.00	70.80	ปิดเตา

ตารางภาคผนวกที่ ก.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองเผาไม้มะม่วงเตาที่3

เวลา	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)				หมายเหตุ
	หน้าเตา	กลางเตา	ท้ายเตา	ปากปล่อง	
8.00	31.50	37.10	36.20	31.00	จุดเตา
8.10	58.60	59.20	64.30	29.50	
8.20	86.20	94.00	82.20	35.60	
8.30	76.60	94.90	74.90	29.10	
8.40	77.30	56.80	76.50	30.60	
8.50	86.40	73.10	79.10	31.20	
9.00	92.40	76.80	88.10	30.10	
9.10	88.80	7.50	88.20	30.60	
9.20	76.60	72.80	80.30	30.50	
9.30	75.00	85.40	82.20	31.30	
9.40	72.30	69.30	76.50	32.30	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ก.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองเผาไม้มะม่วงเตาที่3(ต่อ)

เวลา	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)				หมายเหตุ
	หน้าเตา	กลางเตา	ท้ายเตา	ปากปล่อง	
9.50	77.20	67.10	74.60	39.20	
10.00	108.30	91.60	101.90	80.40	
10.10	189.30	177.50	199.50	58.10	
10.20	196.80	184.30	201.00	61.00	
10.30	211.00	206.00	226.00	65.50	
10.40	183.90	179.70	207.00	70.60	
10.50	191.30	191.80	217.00	70.80	
11.00	214.00	215.00	237.00	75.10	
11.10	177.50	186.30	214.00	75.90	เก็บน้ำส้มควันไม้
11.20	168.70	190.10	211.00	73.10	
11.30	155.70	187.60	257.00	68.10	
11.40	193.70	201.00	257.00	79.90	
11.50	210.00	209.00	230.00	83.30	
12.00	186.30	202.00	239.00	79.90	
12.10	181.30	201.00	226.00	84.30	
12.20	173.50	196.90	227.00	85.70	
12.30	174.50	202.00	221.00	84.10	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ก.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองเผาไม้มะม่วงเตาที่3(ต่อ)

เวลา	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)				หมายเหตุ
	หน้าเตา	กลางเตา	ท้ายเตา	ปากปล่อง	
12.40	217.00	226.00	262.00	90.10	
12.50	226.00	240.00	269.00	96.50	
13.00	215.00	245.00	264.00	94.20	
13.10	192.10	231.00	247.00	93.30	
13.20	190.90	227.00	244.00	88.50	
13.30	171.00	229.00	242.00	92.90	
13.40	211.00	271.00	292.00	101.20	
13.50	179.90	264.00	269.00	96.60	
14.00	190.40	252.00	269.00	83.30	
14.10	209.00	266.00	280.00	82.40	
14.20	195.60	260.00	276.00	80.10	
14.30	150.30	230.00	251.00	81.10	
14.40	232.00	294.00	308.00	85.80	
14.50	235.00	282.00	302.00	87.60	
15.00	622.00	412.00	425.00	124.60	
15.10	249.00	346.00	363.00	126.80	
15.20	268.00	382.00	399.00	145.20	
15.30	268.00	362.00	398.00	137.20	
15.40	217.00	330.00	357.00	125.90	
15.50	210.00	322.00	351.00	119.90	
16.00	207.00	328.00	360.00	128.10	
16.10	231.00	351.00	381.00	131.80	เปิดหน้าเตาไถ่หาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ ก.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองเผาไม้มะม่วงเตาที่3(ต่อ)**

เวลา	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)				หมายเหตุ
	หน้าเตา	กลางเตา	ท้ายเตา	ปากปล่อง	
16.20	233.00	386.00	406.00	149.80	
16.30	242.00	406.00	419.00	140.90	
16.40	249.00	413.00	434.00	144.60	
16.50	248.00	425.00	426.00	148.20	
17.00	329.00	473.00	480.00	152.30	
17.10	235.00	426.00	448.00	148.40	
17.20	251.00	418.00	437.00	144.70	
17.30	247.00	403.00	436.00	148.50	
17.40	307.00	323.00	632.00	237.00	
17.50	321.00	706.00	649.00	261.00	
18.00	339.00	699.00	646.00	276.00	
18.10	332.00	641.20	660.00	307.00	
18.20	306.00	580.00	567.00	71.30	ปิดเตา
18.30	231.00	446.00	458.00	74.80	
18.40	201.00	392.00	423.00	74.20	

**ตารางภาคผนวกที่ ก.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองเผาไม้กระท้อนเตาที่1**

เวลา	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)				หมายเหตุ
	หน้าเตา	กลางเตา	ท้ายเตา	ปากปล่อง	
8.00	26.90	28.30	28.10	27.90	จุดเตา
8.10	78.80	69.60	68.90	31.40	
8.20	117.50	88.30	76.70	29.40	
8.30	117.20	94.30	80.30	29.90	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ก.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองเผาไม้กระท้อนเตาที่1(ต่อ)

เวลา	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)				หมายเหตุ
	หน้าเตา	กลางเตา	ท้ายเตา	ปากปล่อง	
8.40	135.30	102.60	110.60	30.20	
8.50	254.00	174.30	160.40	56.90	
9.00	186.40	148.20	134.00	56.00	
9.10	180.30	148.10	138.50	56.60	
9.20	178.80	163.80	145.10	56.50	
9.30	166.30	164.60	145.30	55.20	
9.40	172.30	164.30	142.00	54.40	
9.50	171.10	166.50	142.30	54.00	
10.00	191.80	168.30	187.50	54.60	
10.10	172.20	173.30	154.60	55.20	
10.20	143.20	164.30	152.00	52.30	
10.30	154.10	140.80	141.30	52.40	
10.40	154.60	142.40	137.50	53.50	
10.50	135.70	143.50	140.50	52.00	
11.00	175.80	130.70	134.40	51.10	
11.10	134.40	123.60	123.40	50.20	
11.20	112.80	112.30	122.60	48.30	
11.30	145.20	135.00	119.60	50.50	
11.40	125.70	122.20	137.40	47.50	
11.50	127.80	122.10	119.10	47.60	
12.00	145.80	132.70	118.30	48.50	
12.10	134.30	123.70	125.30	51.00	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 7 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองเผาไม้กระทอนเตาที่ 1 (ต่อ)

เวลา	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)				หมายเหตุ
	หน้าเตา	กลางเตา	ท้ายเตา	ปากปล่อง	
12.20	135.60	165.00	128.70	52.90	
12.30	184.90	153.00	134.20	53.50	
12.40	134.00	136.60	116.70	55.30	
12.50	181.30	173.80	137.40	44.40	
13.00	205.00	165.80	132.80	54.70	
13.10	196.30	171.30	145.00	62.30	
13.20	250.00	205.00	173.20	64.50	
13.30	255.00	220.00	171.20	59.60	
13.40	262.30	166.20	139.50	63.50	เก็บน้ำส้มควันไม้
13.50	242.00	223.00	178.20	59.90	
14.00	212.00	220.00	183.00	62.60	
14.10	242.00	220.00	181.50	63.90	
14.20	207.00	206.00	171.40	63.10	
14.30	233.00	214.00	177.50	61.80	
14.40	277.00	207.00	170.50	63.60	
14.50	246.00	217.00	178.10	61.00	
15.00	206.00	199.80	166.10	63.60	
15.10	327.00	292.00	221.00	64.90	
15.20	341.00	317.00	257.00	62.70	
15.30	289.00	286.00	239.00	62.00	
15.40	357.00	303.00	225.00	64.60	
15.50	327.00	280.00	225.00	66.50	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ ก.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองเผาไม้กระท้อนเตาที่ 1 (ต่อ)**

เวลา	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)				หมายเหตุ
	หน้าเตา	กลางเตา	ท้ายเตา	ปากปล่อง	
16.00	338.00	280.00	216.00	69.50	
16.10	340.00	319.00	237.00	68.70	
16.20	381.00	327.00	247.00	66.00	
16.30	363.00	351.00	263.00	67.90	
16.40	366.00	355.00	267.00	63.80	
16.50	229.00	343.00	268.00	63.00	
17.00	293.00	272.00	222.00	70.20	
17.10	297.00	237.00	242.00	73.20	
17.20	287.00	134.00	249.00	75.30	
17.30	262.00	308.00	246.00	79.10	
17.40	258.00	292.00	232.00	74.20	ฝนตก
17.50	264.00	288.00	231.00	88.00	
18.00	295.00	292.00	233.00	99.00	
18.10	299.00	323.00	247.00	102.00	
18.20	311.00	335.00	268.00	108.00	ปิดเตา

**ตารางภาคผนวกที่ ก.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองเผาไม้ขนุนเตาที่ 1**

เวลา	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)				หมายเหตุ
	หน้าเตา	กลางเตา	ท้ายเตา	ปากปล่อง	
8.00	31.90	33.30	31.40	30.80	จุดเตา
8.10	91.80	52.20	40.40	28.90	
8.20	124.50	66.80	50.30	28.10	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ก.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองเผาไม้ขนุนเตาที่1(ต่อ)

เวลา	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)				หมายเหตุ
	หน้าเตา	กลางเตา	ท้ายเตา	ปากปล่อง	
8.30	121.80	73.60	51.70	29.90	
8.40	109.20	71.20	54.30	30.60	
8.50	84.30	84.60	56.60	32.60	
9.00	93.50	82.20	60.70	32.90	
9.10	99.30	75.30	62.60	39.90	
9.20	89.20	79.30	63.10	38.00	
9.30	79.20	136.20	61.00	36.40	
9.40	89.00	180.90	61.30	36.10	
9.50	105.10	213.00	82.40	52.70	เก็บน้ำส้มควันไม้
10.00	162.60	260.00	116.30	63.40	
10.10	175.70	294.00	133.00	69.80	
10.20	193.00	284.00	141.00	70.00	
10.30	274.00	210.00	158.80	73.30	
10.40	273.00	215.00	131.50	69.90	
10.50	267.00	175.10	132.50	70.80	
11.00	217.00	195.40	134.60	71.70	
11.10	268.00	186.10	128.70	66.10	
11.20	263.00	180.60	135.50	65.70	
11.30	227.00	184.30	136.80	70.00	
11.40	249.00	176.30	133.90	69.20	
11.50	244.00	180.80	133.10	70.00	
12.00	231.00	191.60	130.60	67.60	
12.10	231.00	210.00	129.70	68.80	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ก.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองเผาไม้ขนุนเตาที่1(ต่อ)

เวลา	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)				หมายเหตุ
	หน้าเตา	กลางเตา	ท้ายเตา	ปากปล่อง	
12.20	286.00	199.00	129.40	70.00	เก็บน้ำส้มควันไม้
12.30	250.00	190.20	136.30	70.20	
12.40	221.00	181.10	133.50	80.20	
12.50	222.00	188.40	134.30	83.30	
13.00	264.00	208.00	141.00	81.50	
13.10	275.00	218.00	150.00	85.60	
13.20	270.00	221.00	157.70	79.50	
13.30	280.00	235.00	157.60	78.00	
13.40	276.00	217.00	159.70	84.00	
13.50	166.70	221.00	161.90	78.60	
14.00	256.00	269.00	160.20	86.30	
14.10	264.00	251.00	162.70	96.00	
14.20	244.00	253.00	177.80	99.00	
14.30	237.00	274.00	196.30	98.00	
14.40	118.70	300.00	198.00	107.50	
14.50	500.00	337.00	214.00	104.80	
15.00	356.00	284.00	216.00	137.80	
15.10	426.00	286.00	232.00	113.10	
15.20	422.00	318.00	238.00	122.40	
15.30	350.00	267.00	230.00	127.80	
15.40	349.00	289.00	239.00	107.70	
15.50	408.00	340.00	230.00	144.10	
16.00	357.00	319.00	262.00	134.70	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ ก.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองเผาไม้ขนุนเตาที่1(ต่อ)**

เวลา	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)				หมายเหตุ
	หน้าเตา	กลางเตา	ท้ายเตา	ปากปล่อง	
16.10	362.00	308.00	252.00	131.90	
16.20	366.00	294.00	245.00	136.40	ไล่ทาร์
16.30	358.00	305.00	244.00	134.20	
16.40	359.00	301.00	247.00	129.30	ปิดเตา
16.50	371.00	302.00	237.00	125.10	
17.00	352.00	335.00	238.00	131.60	
17.10	383.00	360.00	240.00	137.40	
17.20	423.00	399.00	244.00	138.20	
17.30	711.00	791.00	252.00	143.60	
17.40	596.00	593.00	353.00	251.00	ไล่ทาร์
17.50	701.00	864.00	377.00	248.00	
18.00	409.00	488.00	441.00	311.00	ปิดเตา
18.10	358.00	435.00	382.00	91.50	
18.20	291.00	366.00	342.00	80.00	
18.30	262.00	326.00	294.00	69.40	

**ตารางภาคผนวกที่ ก.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองเผาไม้ขนุนเตาที่2**

เวลา	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)				หมายเหตุ
	หน้าเตา	กลางเตา	ท้ายเตา	ปากปล่อง	
8	30.7	31.7	30	28.2	จุดเตา
8.1	111.7	50.6	41.6	28.3	
8.2	124.1	56.3	45.1	29	
8.3	120.5	59.1	47.4	28.7	
8.4	120.6	68.9	52.4	30.7	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ก.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองเผาไม้ขนุนเตาที่2(ต่อ)

เวลา	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)				หมายเหตุ
	หน้าเตา	กลางเตา	ท้ายเตา	ปากปล่อง	
8.50	150.60	76.10	53.30	29.60	
9.00	150.70	69.50	56.80	30.20	
9.10	104.20	70.60	57.80	30.80	
9.20	108.80	68.50	57.70	30.60	
9.30	101.60	68.70	55.70	31.20	
9.40	104.70	67.80	55.10	30.50	
9.50	97.10	84.50	61.10	34.40	
10.00	84.50	95.70	62.30	38.20	
10.10	95.70	82.70	64.50	36.80	
10.20	118.60	120.40	71.60	33.50	
10.30	126.50	99.20	72.30	33.50	
10.40	311.00	247.00	101.60	62.80	
10.50	299.00	248.00	115.20	70.70	เก็บน้ำส้มควันไม้
11.00	201.00	184.20	108.20	70.20	
11.10	201.00	190.60	110.30	71.00	
11.20	307.00	266.00	141.30	79.90	
11.30	211.00	196.90	129.80	73.70	
11.40	188.60	178.80	126.00	71.60	
11.50	172.00	168.00	135.80	70.60	
12.00	236.00	209.00	136.80	13.60	
12.10	235.00	208.00	137.70	72.60	
12.20	215.00	202.00	136.80	72.60	
12.30	261.00	244.00	153.70	72.40	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ก.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองเผาไม้ขนุนเตาที่2(ต่อ)

เวลา	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)				หมายเหตุ
	หน้าเตา	กลางเตา	ท้ายเตา	ปากปล่อง	
12.40	204.00	193.60	143.30	75.80	
12.50	273.00	241.00	159.50	81.20	
13.00	281.00	246.00	162.50	75.60	
13.10	297.00	254.00	171.50	67.00	
13.20	249.00	246.00	176.80	75.60	
13.30	274.00	234.00	191.50	75.40	
13.40	285.00	253.00	182.00	81.80	
13.50	223.00	227.00	173.40	78.50	
14.00	251.00	242.00	180.40	82.20	
14.10	271.00	253.00	187.90	83.20	
14.20	340.70	308.00	200.00	81.80	
14.30	348.00	317.00	216.00	83.70	
14.40	313.00	309.00	222.00	81.50	
14.50	262.00	320.00	251.00	101.40	
15.00	244.00	275.00	339.00	85.20	
15.10	262.00	263.00	235.00	81.40	
15.20	430.00	343.00	257.00	87.80	
15.30	293.00	337.00	269.00	78.60	
15.40	256.00	280.00	248.00	73.80	
15.50	309.00	274.00	239.00	82.30	
16.00	291.00	302.00	266.00	94.00	
16.10	333.00	320.00	261.00	85.00	
16.20	386.00	348.00	268.00	86.10	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ ก.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองเผาไม้ขนุนเตาที่2(ต่อ)**

เวลา	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)				หมายเหตุ
	หน้าเตา	กลางเตา	ท้ายเตา	ปากปล่อง	
16.30	326.00	327.00	284.00	88.60	
16.40	315.00	317.00	266.00	90.50	
16.50	348.00	327.00	249.00	82.00	
17.00	330.00	324.00	247.00	82.60	
17.10	455.00	350.00	255.00	110.20	
17.20	630.00	386.00	267.00	118.60	
17.30	502.00	408.00	286.00	99.00	
17.40	627.00	451.00	306.00	106.50	ไล่ทาร์
17.50	525.00	474.00	322.00	119.00	
18.00	642.00	482.00	321.00	124.50	ปิดเตา
18.10	591.00	493.00	322.00	131.00	
18.20	447.00	594.00	362.00	290.60	
18.30	674.00	688.00	514.00	333.00	
18.40	436.00	503.00	426.00	945.00	

**ตารางภาคผนวกที่ ก.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองเผาไม้ขนุนเตาที่3**

เวลา	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)				หมายเหตุ
	หน้าเตา	กลางเตา	ท้ายเตา	ปากปล่อง	
8.00	30.50	32.10	30.20	29.00	จุดเตา
8.10	61.40	43.30	37.20	29.60	
8.20	95.50	59.60	41.10	33.50	
8.30	151.70	103.20	60.90	30.80	
8.40	418.00	222.00	99.10	51.40	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ก.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองเผาไม้ขนุนเตาที่3(ต่อ)

เวลา	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)				หมายเหตุ
	หน้าเตา	กลางเตา	ท้ายเตา	ปากปล่อง	
8.50	316.00	200.00	109.90	55.20	
9.00	369.00	222.00	128.90	61.10	
9.10	322.00	220.00	138.00	64.60	
9.20	238.00	196.10	140.60	65.10	
9.30	437.00	245.00	185.60	73.20	
9.40	241.00	194.80	163.20	72.20	
9.50	295.00	209.00	165.50	70.50	
10.00	360.00	232.00	183.20	72.90	เก็บน้ำส้มควันไม้
10.10	315.00	215.00	174.40	74.60	
10.20	380.00	236.00	184.10	74.10	
10.30	302.00	216.00	172.80	71.90	
10.40	300.00	215.00	173.20	73.10	
10.50	268.00	206.00	170.10	71.90	
11.00	348.00	240.00	190.40	75.00	
11.10	268.00	267.00	186.20	73.20	
11.20	347.00	273.00	214.00	77.10	
11.30	354.00	231.00	188.60	78.00	
11.40	436.00	228.00	171.30	77.00	
11.50	293.00	198.60	225.00	77.20	
12.00	273.00	249.00	229.00	83.20	
12.10	222.00	255.00	244.00	84.90	
12.20	406.00	243.00	171.50	89.10	
12.30	384.00	246.00	206.00	82.40	
12.40	312.00	224.00	187.60	78.50	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ ก.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองเผาไม้ขนุนเตาที่3(ต่อ)**

เวลา	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)				หมายเหตุ
	หน้าเตา	กลางเตา	ท้ายเตา	ปากปล่อง	
12.50	283.00	230.00	184.80	78.60	
13.00	246.00	230.00	170.70	75.80	
13.10	247.00	199.90	200.00	74.10	
13.20	266.00	241.00	195.10	77.40	
13.30	208.00	243.00	199.80	76.50	
13.40	301.00	245.00	190.10	79.60	
13.50	270.00	232.00	206.00	75.90	
14.00	260.00	250.00	216.00	79.00	
14.10	270.00	255.00	220.00	81.60	
14.20	310.00	146.40	222.00	84.60	
14.30	337.00	193.70	312.00	81.30	
14.40	331.00	459.00	350.00	125.70	
14.50	524.00	496.00	320.00	140.20	
15.00	569.00	344.00	388.00	98.20	
15.10	301.00	568.00	434.00	121.90	
15.20	805.00	677.00	361.00	142.10	
15.30	885.00	401.00	346.00	109.10	
15.40	866.00	390.00	347.00	103.50	
15.50	341.00	398.00	386.00	107.70	
16.00	320.00	441.00	420.00	120.20	
16.10	345.00	510.00	423.00	146.00	ไล่ทาร์
16.20	368.00	486.00	596.00	176.20	
16.30	420.00	761.00	666.00	197.00	
16.40	445.00	822.00	659.00	266.00	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ก.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองเผาไม้ขนุนเตาที่3(ต่อ)

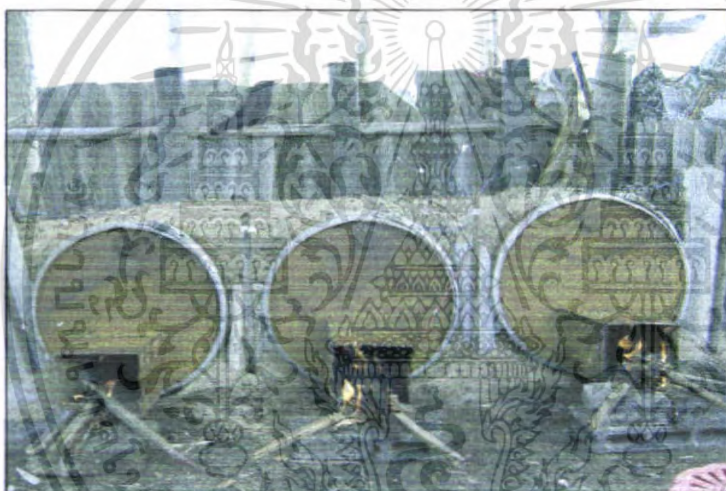
เวลา	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)				หมายเหตุ
	หน้าเตา	กลางเตา	ท้ายเตา	ปากปล่อง	
16.50	773.00	820.00	662.00	296.00	
17.00	641.00	823.00	457.00	256.00	ปิดเตา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1. เรียงไม้เข้าเตา



2. เริ่มจุดเตาเพื่อไต่ความชื้น



3. ลักษณะควันช่วงไต่ความชื้น

### ภาพภาคผนวก ก.ที่1 แสดงกระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



4. คว้นที่สามารถเก็บน้ำส้มคว้นไม่ได้



5. ใสปล่องเพื่อตักเก็บคว้น



6. หยตน้ำส้มคว้นไม้

ภาพภาคผนวก ก.ที่1 แสดงกระบวนการผลิตน้ำส้มคว้นไม้(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



7. ลักษณะถ่านที่ได้จากการเผา

ภาพภาคผนวก ก.ที่ ก.1 แสดงกระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้(ต่อ)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข.

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ ข.1 ผลการศึกษาค่า pH ของน้ำส้มควันไม้มะม่วงระหว่างการเก็บรักษา**

ตัวอย่างที่	ลักษณะ	สัปดาห์							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	ไม่กรอง	3.1	3.2	3.2	3.5	3.5	3.7	3.7	3.8
	กรอง	3.1	3.2	3.2	3.3	3.4	3.5	3.5	3.7
2	ไม่กรอง	3	3.1	3.1	3.1	3.3	3.3	3.3	3.3
	กรอง	2.9	3	3	3.1	3.1	3.3	3.3	3.4
3	ไม่กรอง	2.8	2.9	3	2.9	2.9	3.2	3	3.2
	กรอง	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

หมายเหตุ NS ไม่สามารถหาค่าได้

**ตารางภาคผนวกที่ ข.2 ผลการศึกษาค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้มะม่วงระหว่างการเก็บรักษา**

ตัวอย่างที่	ลักษณะ	สัปดาห์							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	ไม่กรอง	1.024	1.023	1.022	1.023	1.023	1.022	1.022	1.021
	กรอง	1.023	1.022	1.022	1.023	1.023	1.022	1.022	1.021
2	ไม่กรอง	1.022	1.022	1.022	1.022	1.023	1.023	1.022	1.020
	กรอง	1.022	1.022	1.022	1.022	1.022	1.022	1.022	1.021
3	ไม่กรอง	1.080	1.092	1.080	1.080	1.080	1.080	1.080	1.075
	กรอง	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

หมายเหตุ NS ไม่สามารถหาค่าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ ข.3 ผลการศึกษาค่าดูดกลืนแสงของน้ำส้มควันไม้มะม่วงระหว่างการเก็บรักษา**

ตัวอย่างที่	ลักษณะ	ช่วงคลื่น	สัปดาห์							
			1	2	3	4	5	6	7	8
1	ไม่กรอง	415	1.782	1.667	1.526	1.561	1.447	1.498	1.465	1.443
	กรอง	420	1.659	1.549	1.252	1.172	1.478	1.508	1.522	1.468
2	ไม่กรอง	405	1.490	1.733	1.721	1.312	1.370	1.234	1.235	1.213
	กรอง	415	1.683	1.596	1.286	1.256	1.204	1.254	1.311	1.237
3	ไม่กรอง	400	1.372	1.628	1.310	1.392	1.271	1.285	1.222	1.307
	กรอง	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

หมายเหตุ NS ไม่สามารถหาค่าได้

**ตารางภาคผนวกที่ ข.4 ผลการศึกษาค่า pH ของน้ำส้มควันไม้กระท้อนระหว่างการเก็บรักษา**

ตัวอย่างที่	ลักษณะ	สัปดาห์							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	ไม่กรอง	2.9	2.9	2.8	3	3.1	3.2	3.1	3.3
	กรอง	2.8	2.8	2.9	2.9	3.1	3.2	3.1	3.2

**ตารางภาคผนวกที่ ข.5 ผลการศึกษาค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้กระท้อนระหว่างการเก็บรักษา**

ตัวอย่างที่	ลักษณะ	สัปดาห์							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	ไม่กรอง	1.024	1.023	1.022	1.023	1.023	1.022	1.022	1.021
	กรอง	1.023	1.022	1.022	1.023	1.023	1.022	1.022	1.021

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ ข.6 ผลการศึกษาค่าดูดกลืนแสงของน้ำส้มควันไม้กระท้อนระหว่างการเก็บรักษา**

ตัวอย่างที่	ลักษณะ	ช่วงคลื่น	สัปดาห์							
			1	2	3	4	5	6	7	8
1	ไม่กรอง	415	1.782	1.667	1.526	1.561	1.447	1.498	1.465	1.443
	กรอง	420	1.659	1.549	1.252	1.172	1.478	1.508	1.522	1.468

**ตารางภาคผนวกที่ ข.7 ผลการศึกษาค่า pH ของน้ำส้มควันไม้ขนุนระหว่างการเก็บรักษา**

ตัวอย่างที่	ลักษณะ	สัปดาห์							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	ไม่กรอง	3.1	3.2	3.3	3.3	3.2	3.5	3.3	3.4
	กรอง	3.1	3.2	3.3	3.3	3.3	3.5	3.4	3.4
2	ไม่กรอง	2.9	3.0	3.1	3.0	3.0	3.3	3.1	3.3
	กรอง	2.9	2.9	3.0	3.0	3.0	3.3	3.1	3.2
3	ไม่กรอง	3.4	3.6	3.5	3.7	3.6	3.8	3.6	3.8
	กรอง	3.4	3.5	3.5	3.6	3.6	3.8	3.6	3.8

**ตารางภาคผนวกที่ ข.8 ผลการศึกษาค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้ขนุนระหว่างการเก็บรักษา**

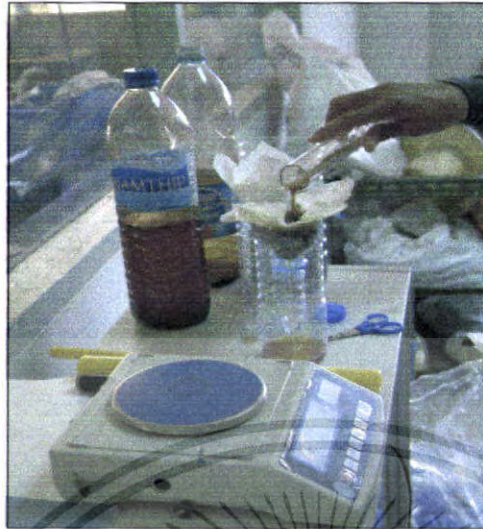
ตัวอย่างที่	ลักษณะ	สัปดาห์							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	ไม่กรอง	1.066	1.058	1.058	1.058	1.058	1.057	1.057	1.055
	กรอง	1.058	1.056	1.057	1.057	1.056	1.055	1.054	1.052
2	ไม่กรอง	1.046	1.046	1.047	1.045	1.044	1.044	1.042	1.040
	กรอง	1.046	1.046	1.047	1.045	1.044	1.043	1.042	1.044
3	ไม่กรอง	1.046	1.044	1.044	1.045	1.036	1.034	1.030	1.028
	กรอง	1.044	1.034	1.034	1.035	1.034	1.032	1.030	1.028

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ข.9 ผลการศึกษาค่าดูตกสีแสงของน้ำส้มควันไม้ชนิดหนุระหว่างการเก็บ  
รักษา

ตัวอย่างที่	ลักษณะ	ช่วงคลื่น	สปีดาร์							
			1	2	3	4	5	6	7	8
1	ไม่กรอง	400	1.490	1.570	1.404	1.648	1.201	1.527	1.512	1.443
	กรอง	435	1.822	1.250	1.218	1.187	1.101	1.824	1.522	1.466
2	ไม่กรอง	420	1.551	1.472	1.328	1.523	1.312	1.194	1.122	1.115
	กรอง	420	1.586	1.470	1.657	1.712	1.420	1.253	1.238	1.240
3	ไม่กรอง	420	1.769	1.275	1.258	1.325	1.167	1.454	1.492	1.501
	กรอง	400	1.811	1.582	1.286	1.264	1.515	1.515	1.521	1.499

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1. การกรองน้ำส้มควันไม้



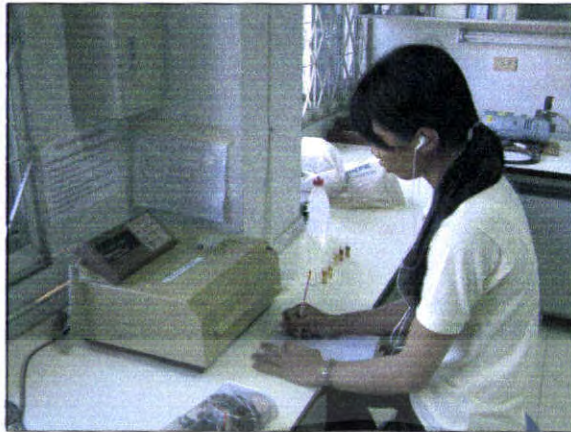
2. การวัดค่า pH และค่าความถ่วงจำเพาะ



3. เครื่องสเปกโตมิเตอร์

### ภาพภาคผนวก ข.ที่1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



4. การวัดค่าการดูดกลืนแสง



5. ตัวอย่างน้ำส้มควันไม้ที่บรรจุในขวด

ภาพภาคผนวก ข.ที่1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มควันไม้ดิบ

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มควันไม้ดิบ(มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2550) ดังนี้

### 1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะน้ำส้มควันไม้ดิบที่ใช้ในการเกษตร ปศุสัตว์ อุตสาหกรรม และครัวเรือน

### 2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 น้ำส้มควันไม้ดิบ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในรูปของเหลวใส สีน้ำตาลแดงหรือสีเหลืองอมน้ำตาล ได้จากการควบแน่นของควันไฟที่เกิดจากการเผาถ่านในช่วงอุณหภูมิเผา 300 องศาเซลเซียสถึง 400 องศาเซลเซียส โดยใช้อุปกรณ์ควบแน่นที่ทำจากสแตนเลสหรือไม้ เพื่อป้องกันการละลายของแคลเซียม เหล็ก หรือสังกะสี นำไปผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์โดยตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนอย่างน้อย 45 วัน แล้วนำมากรอง นำไปใช้ประโยชน์ในการเกษตร ปศุสัตว์ อุตสาหกรรม และในครัวเรือน

### 3. คุณลักษณะที่ต้องการ

#### 3.1 ลักษณะทั่วไป

ต้องเป็นของเหลวใส สีน้ำตาลแดงหรือสีเหลืองอมน้ำตาล เป็นเนื้อเดียวกัน ไม่แยกชั้น ตกตะกอน มีสิ่งแปลกปลอม หรือมีสารแขวนลอย

3.2 กลิ่น ต้องมีกลิ่นเหมือนควันไฟ

3.3 การเปลี่ยนสี ต้องไม่เปลี่ยนเป็นสีดำ

3.4 ความเป็นกรด-ด่าง ต้องอยู่ระหว่าง 2.8 ถึง 3.7

3.5 ความตวงจำเพาะ ต้องไม่น้อยกว่า 1.004 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

3.6 การเจือจาง เส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรด-ด่างและอัตรา การเจือจางต้องไม่เป็นเส้นตรง

### 4. การบรรจุ

4.1 ให้บรรจุน้ำส้มควันไม้ดิบในภาชนะบรรจุที่สะอาดแห้ง ทึบแสง ปิดได้สนิท และสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้

4.2 ปริมาตรสุทธิของน้ำส้มควันไม้ดิบในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ในฉลาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้