สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตน้ำส้มควันไม้จากเปลือกสบู่ดำ

นางสาววรรณธิดา สว่างเมืองวรกุล
นางสาววิชชุดา แสงมณี
นางสาวศิริภางค์ แก้วสุนทร

วพ.
Q2487ก
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 107875
วัน,เดือน,ปี - 8 มิ.ย. 2553

b 12213603
i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Feasibility Study on Production of Wood Vinegar from *Jatropha curcas*

Wantida Swangmuangworkul

Witchuda Sangmanee

Siripang Kaewsunthon

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement of

the Degree of Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง	การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตน้ำส้มควันไม้จากเปลือกสบู่ดำ
นักศึกษา	นางสาววรรณธิดา สว่างเมืองวรกุล
	นางสาววิชชุดา แสงมณี
	นางสาวศิริภางค์ แก้วสุนทร
ภาควิชา	เคมี
สาขาวิชา	เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา	2550
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. สุวรรณี จรรยาพูน

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ		ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ	ผศ.ดร.ชลอ จารุสุทธิรักษ์	.....
กรรมการ	ดร. สุวรรณี จรรยาพูน	.....
กรรมการ	ผศ.ดร.อุสารัตน์ ถาวรชัยสิทธิ์	.....

.....
(ผศ.ดร.ชลอ จารุสุทธิรักษ์)
หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตน้ำส้มควันไม้จากเปลือกสบู่ดำ

ชื่อนักศึกษา นางสาววรรณธิดา สว่างเมืองวรกุล

นางสาววิชชุดา แสงมณี

นางสาวศิริภางค์ แก้วสุนทร

ภาควิชา เคมี

สาขาวิชา เคมีทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม

ปีการศึกษา 2550

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.สุวรรณี จรรยาพูน

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการทำน้ำส้มควันไม้จากเปลือกสบู่ดำ โดยนำเปลือกสบู่ดำไปเผาในเตาเผาแบบแนวนอนขนาด 200 ลิตร จากนั้นเก็บน้ำส้มควันไม้ที่อุณหภูมิปากปล่องต่างๆ ได้แก่ 58-80, 80-90, 90-120 และ120-295 องศาเซลเซียส จากการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากเปลือกสบู่ดำ พบว่าของเหลวที่ควบแน่นที่อุณหภูมิปากปล่อง 58-80 และ 80-90 องศาเซลเซียสไม่จัดว่าเป็นน้ำส้มควันไม้ เนื่องจากองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นน้ำที่เกิดจากการระเหยความชื้นในเนื้อไม้ออกมา สังเกตได้จากสีของควันยังเป็นสีขาวขุ่น สีของของเหลวเป็นสีน้ำตาลดำ และกลิ่นไม่ฉุน ส่วนของเหลวที่ควบแน่นที่อุณหภูมิ 90-120 และ 120-295 องศาเซลเซียส จัดเป็นน้ำส้มควันไม้ เนื่องจากเกิดจากการสลายตัวขององค์ประกอบในเนื้อไม้ ทำให้สีควันมีลักษณะเป็นสีขาวอมเหลือง ของเหลวที่ได้มีกลิ่นเหม็นไหม้ที่รุนแรงและมีสีน้ำตาลใส มีค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.85 และ 5.79 ตามลำดับ เมื่อคิดเป็นสัดส่วนต่อกิโลกรัมวัตถุดิบ พบว่าเปลือกสบู่ดำ 1 กิโลกรัมโดยน้ำหนักแห้ง จะได้ถ่าน 0.514 กิโลกรัม และได้น้ำส้มควันไม้ 1.51 มิลลิลิตร เมื่อนำเปลือกสบู่ดำมาศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของเปลือกสบู่ดำ พบว่ามีปริมาณความชื้น 27.08% ปริมาณเถ้า 62.57% ปริมาณสารแทรก 8.18 % ปริมาณเพนโตแซน 3.33 % ปริมาณโฮโลเซลลูโลส 13.70 % ปริมาณลิกนิน 5.58 % และปริมาณสารระเหย 87.26 % จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้จากเปลือกสบู่ดำ โดยใช้เทคนิค SPME-GC-MS พบว่าน้ำส้มควันไม้จากเปลือกสบู่ดำ มีปริมาณฟีนอลมากที่สุด รองลงมาคือ เมทานอล และกรดอะซิติก ตามลำดับ

คำสำคัญ : น้ำส้มควันไม้, เปลือกสบู่ดำ, ฟีนอล, กรดอะซิติก, เมทานอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Feasibility Study on Production of Wood Vinegar from *Jatropha curcas*
Name	Miss Wantida Swangworkul Miss Witchuda Sangmanee Miss Siripang Keawsoonthorn
Department	Chemistry
Program	Environment Resource Chemistry
Academic Year	2007
Special Project Adviser	Dr. Suwannee Junyapoon

ABSTRACT

This special project studied feasibility on production of wood vinegar from *Jatropha curcas*. Shells of *Jatropha curcas* were pyrolyzed in a 200 liter horizontal incinerator. Condensed liquid was collected at 4 stages of stack temperature: 58-80, 80-90, 90-120 and 120-295 °C. The results showed that the liquids collected at 58-80 °C and 80-90 °C were not classified as wood vinegar because the liquids in these stages contained water mainly, The water caused from an evaporation of moisture in the shells. Smoke color was white. The liquid had dark brown color and slightly smoky smell. Whilst the liquids collected at 90-120 °C and 120-295 °C were classified as wood vinegar. Smoke color was yellow. The liquid had light brown color and strong smoky smell. pHs of wood vinegar collected at 90-120 °C and 120-295 °C were 5.85 and 5.79 ,respectively. It was found that pyrolysis of 1 kilogram by dry weight of *Jatropha curcas*'shell produced charcoal 0.514 kilograms and 1.51 millilitres of wood vinegar. According to the results of physical and chemical characteristics of *Jatropha curcas*' shells, the shells were composed of moisture 27.08%, ash 62.57%, extraction 8.18%, pentosan 3.33%, holocellulose 13.70%, lignin 5.58% and volatiles 87.26%. The analysis of wood vinegar by SPME-GC-MS indicated that the main component of wood vinegar was phenol followed by methanol and acetic acid, respectively.

Key words : wood vinegar, *Jatropha curcas*, phenol, acetic acid, methanol

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องมาจากความกรุณาและความร่วมมือของทุกๆท่าน ขอขอบพระคุณ ดร. สุวรรณี จรรยาพูนที่คอยให้คำปรึกษาและแนะนำที่ดีในการปรับปรุงข้อบกพร่องในการทำงาน ให้การเอาใจใส่อย่างดีมาโดยตลอดและขอขอบคุณ คณะกรรมการผู้ควบคุมโครงงานพิเศษ ผศ.ดร.ชลอ จารุสุทธิรักษ์ และผศ.ดร.อุสารัตน์ ถาวรชัยสิทธิ์ ที่ให้ความกรุณาเสียสละเวลา ให้ข้อคิดเห็นและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการทำโครงงานพิเศษ

ขอขอบพระคุณ อ.น้อย เรียงวงศ์ และเจ้าหน้าที่ประจำศูนย์ทดลองวิชาการด้านพลังงานธรรมชาติ และเชื้อเพลิงพลังงาน กระทรวงพลังงาน จ.ปทุมธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่เครื่องมือ ตลอดจนคำปรึกษา และแนะนำในการทำโครงงานพิเศษฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ คุณอาสมิง กลุ่มผู้ปลูกสบู่ดำ จังหวัดชัยนาท ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างเปลือกสบู่ดำที่เหลือทิ้งจากกระบวนการสกัดน้ำมัน

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ พี่ๆปริญญาโทและเพื่อนสาขาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อมทุกคนที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจในการทำโครงงานพิเศษครั้งนี้

ขอขอบพระคุณบิดา – มารดา ที่คอยเลี้ยงดูและอบรบสั่งสอน ตลอดจนให้ได้รับการศึกษาและเป็นกำลังใจให้ตลอดเวลาในการทำโครงงานพิเศษนี้

ขอขอบคุณทุกๆท่านที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆทำให้โครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นางสาววรรณธิดา สว่างเมืองวรกุล
นางสาววิชชุดา แสงมณี
นางสาวศิริภางค์ แก้วสุนทร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 น้ำส้มควันไม้	3
2.1.1 กระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้	3
2.1.2ขั้นตอนการทำน้ำส้มควันไม้	3
2.1.3 การทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์	6
2.1.4 องค์ประกอบของน้ำส้มควันไม้	8
2.1.5 คุณสมบัติน้ำส้มควันไม้	9
2.1.6 ประโยชน์ของน้ำส้มควันไม้	10
2.1.7 ข้อควรระวังในการใช้น้ำส้มควันไม้	13
2.2 ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการผลิตน้ำส้มควันไม้	
2.2.1 ชนิดของเตาที่ใช้ในการเผาถ่าน	14
2.2.2 ชนิดของวัตถุดิบ	16
2.2.3 ส่วนประกอบและโครงสร้างของไม้	16
2.3 สบู่ดำ	17
2.3.1ลักษณะของต้นสบู่ดำ	18
2.3.2 การขยายพันธุ์สบู่ดำ	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง **หน้า**

2.3.3 ประโยชน์จากสบู่ดำ 20

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 21

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 อุปกรณ์เครื่องมือและสารเคมี

3.1.1วัตถุดิบและสารเคมี 23

3.1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ 23

3.2 การดำเนินงานวิจัย

3.2.1 การเตรียมวัตถุดิบ 24

3.2.2 การศึกษาคุณลักษณะทางด้านกายภาพและเคมีของเปลือกสบู่ดำ 25

3.2.3 การทำน้ำส้มควันไม้ 25

3.2.4 ศึกษาคุณลักษณะทางด้านกายภาพของน้ำส้มควันไม้ 26

3.2.5 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ 27

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 ผลการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของวัตถุดิบ 28

4.2 ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้ 29

4.3 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ
และทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากเปลือกสบู่ดำ 30

4.4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้
จากเปลือกสบู่ดำ 31

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง 35

5.2 ข้อเสนอแนะ 36

เอกสารอ้างอิง 37

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพและเคมี 39

ภาคผนวก ข. ผลการทดลอง 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

เรื่อง	หน้า
ตารางที่ 2.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำส้มควันไม้ของขี้เลื่อยไม้ยางพารา ที่อุณหภูมิต่างๆ	6
ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบของน้ำส้มควันไม้	8
ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติขององค์ประกอบหลักในน้ำส้มควันไม้	9
ตารางที่ 2.4 คุณลักษณะของน้ำส้มควันไม้ที่มีคุณภาพดี	10
ตารางที่ 2.5 ประโยชน์ของน้ำส้มควันไม้	10
ตารางที่ 2.6 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของต้นยางพาราสด และต้นยูคาลิปตัส	16
ตารางที่ 2.7 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดสบู่ดำ	19
ตารางที่ 3.1 ศึกษาคุณลักษณะทางด้านกายภาพและเคมีของเปลือกสบู่ดำ	25
ตารางที่ 3.2 วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพของน้ำส้มควันไม้	27
ตารางที่ 3.3 สภาวะในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ด้วยเครื่อง GC-MS	28
ตารางที่ 4.1 คุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของเปลือกสบู่ดำ	28
ตารางที่ 4.2 ปริมาณถ่านและน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากกระบวนการเผาเปลือกสบู่ดำ เปรียบเทียบกับไม้สด	29
ตารางที่ 4.3 ปริมาณและลักษณะทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้จากเปลือกสบู่ดำ	30
ตารางที่ 4.4 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้จากเปลือกสบู่ดำ ที่เก็บในช่วงอุณหภูมิ 90-120 องศาเซลเซียส	32
ตารางที่ 4.5 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้จากเปลือกสบู่ดำ ที่เก็บในช่วงอุณหภูมิ 120-295 องศาเซลเซียส	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการเผาถ่านและการเก็บน้ำส้มควันไม้	5
รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของน้ำส้มควันไม้ดิบ	7
รูปที่ 2.3 น้ำส้มควันไม้ในอัตราส่วนต่างๆ	12
รูปที่ 2.4 เตาดินเหนียวก่อ	14
รูปที่ 2.5 เตาอิฐก่อ	15
รูปที่ 2.6 เตาอิวาเตะ	15
รูปที่ 2.7 เตาเผา 200 ลิตร	16
รูปที่ 2.8 ลักษณะของสบู่ดำ(ก) ต้น (ข) ดอก (ค) ผล (ง) เมล็ด	19
รูปที่ 3.1 เปลือกสบู่ดำ	24
รูปที่ 3.2 เตาเผาแนวนอนขนาด 200 ลิตร	26
รูปที่ 3.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำส้มควันไม้โดยใช้เทคนิค SPME	27
รูปที่ 4.1 โครมาโตแกรมของน้ำส้มควันไม้จากเปลือกสบู่ดำ ที่เก็บในช่วงอุณหภูมิ 90-120 องศาเซลเซียส วิเคราะห์โดยใช้เทคนิค SPME-GC-MS	31
รูปที่ 4.2 โครมาโตแกรมของน้ำส้มควันไม้จากเปลือกสบู่ดำ ที่เก็บในช่วงอุณหภูมิ 120-295 องศาเซลเซียส วิเคราะห์โดยใช้เทคนิค SPME-GC-MS	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมีการส่งออกสินค้าทางการเกษตร เป็นอันดับต้นๆ ของโลก ด้วยเหตุนี้จึงมีวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรเป็นจำนวนมาก อาทิเช่น ฟางข้าวโพด แกลบ เปลือกถั่ว ซึ่งวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้ มีสารอินทรีย์เป็นส่วนใหญ่ จึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ไม่ว่าจะเป็นการทำปุ๋ย เผาถ่าน นอกจากนี้การเผาถ่านยังได้น้ำส้มควันไม้เป็นผลพลอยได้ ทำให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้นและยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลาย เช่น ด้านเกษตรกรรมใช้เป็นสารปราบวัชพืช และยาฆ่าแมลง ด้านปศุสัตว์ใช้ผสมอาหารสัตว์ ใช้ทดแทนสารเคมีเพื่อกำจัดกลิ่นและแมลงในฟาร์มสัตว์ เป็นต้น หรือในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมการผลิตอาหารและยา ซึ่งวัสดุที่นิยมนำมาเผาถ่านเพื่อเก็บน้ำส้มควันไม้ ได้แก่ ไม้ยูคาลิปตัส ไม้ไผ่ และไม้ยางพารา โดยงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตน้ำส้มควันไม้จากเปลือกสบู่ดำ เนื่องจากในปัจจุบันได้มีการส่งเสริมให้มีการปลูกต้นสบู่ดำกันอย่างแพร่หลายเพื่อนำเมล็ดมาสกัดน้ำมันไบโอดีเซลเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนน้ำมันซึ่งกำลังจะหมดไป ในกระบวนการสกัดน้ำมันจากเมล็ดของต้นสบู่ดำจะมีส่วนของเปลือกสบู่ดำเป็นวัสดุเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก ซึ่งในเปลือกสบู่ดำมี เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน เป็นองค์ประกอบ ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะผลิตน้ำส้มควันไม้จากส่วนของเปลือกสบู่ดำเหลือทิ้งเหล่านี้

งานวิจัยนี้ จึงศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตน้ำส้มควันไม้จากเปลือกสบู่ดำ โดยศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำส้มควันไม้ที่เก็บที่อุณหภูมิต่างๆของเตาเผาแบบแนวนอน ขนาด 200 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตน้ำส้มควันไม้จากเปลือกสบู่ดำ
2. ศึกษาคุณสมบัติทางด้านกายภาพและเคมีของน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากเปลือกสบู่ดำ
3. ศึกษาองค์ประกอบของน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากเปลือกสบู่ดำ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตน้ำส้มควันไม้จากเปลือกสบู่ดำ ในเตาเผาแบบแนวนอน ขนาด 200 ลิตร โดยเก็บน้ำส้มควันไม้ออกเป็น 4 ช่วง เมื่ออุณหภูมิที่ปากปล่องเท่ากับ 58-80, 80-90, 90-120 และ120-295 องศาเซลเซียส รวมทั้งสังเกตสีควัน และกลิ่นของน้ำส้มควันไม้
2. ศึกษาคุณลักษณะทางด้านกายภาพและเคมีของเปลือกสบู่ดำ ได้แก่ ความชื้น ปริมาณเถ้า สารระเหย สารแทรก โฮโลเซลลูโลส แพนโตแซน และลิกนิน
3. ศึกษาคุณลักษณะทางด้านกายภาพและเคมีของน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากเปลือกสบู่ดำ ได้แก่ สีของน้ำส้มควันไม้ กลิ่นของน้ำส้มควันไม้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และ ความขุ่น
4. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากเปลือกสบู่ดำ โดยใช้เทคนิค SPME-GC-MS

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้น้ำส้มควันไม้จากเปลือกสบู่ดำ
2. ได้ถ่านจากเปลือกสบู่ดำ
3. เป็นการใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร
4. เป็นการลดการใช้สารเคมีในผลิตผลทางการเกษตร และปศุสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 น้ำส้มควันไม้

น้ำส้มควันไม้ (Wood vinegar) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Pyroligneous acid เป็นของเหลวที่มีสารประกอบทางเคมีนับร้อยชนิด และเป็นผลพลอยได้ (By product) จากการเผาถ่านไม้ในสภาพอับอากาศ หรือเรียกว่ากระบวนการคาร์บอนไนเซชัน (Carbonization) โดยได้มาจากการควบแน่นของควันที่เกิดขึ้นในกระบวนการเผาไหม้ (Pyrolysis) ถ่านไม้ช่วงที่ไม้กำลังจะเปลี่ยนเป็นถ่าน (จุไรวัลย์และคณะ, 2550.ก) โดยอาศัยการถ่ายเทความร้อนจากปล่องดักควันสู่อากาศรอบปล่องดักควัน ความชื้นในควันจะควบแน่นเป็นหยดน้ำ ซึ่งมีปริมาณเพียง 8% ของน้ำหนักฟืน

2.1.1 กระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้ (www.eng.mut.ac.th/upload_file/article/148.doc)

กระบวนการในการผลิตน้ำส้มควันไม้นั้นเป็นขั้นตอนหนึ่งในการนำวัตถุดิบมาเผาเพื่อให้ได้ถ่าน เรียกกระบวนการนี้ว่าขั้นไพโรไลซิสโดยเริ่มจาก การทำให้ชีวมวลซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ประกอบไปด้วยเซลลูโลส เฮมิเซลูโลส และลิกนิน ที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 20 – 30 โดยน้ำหนักนั้นปราศจากน้ำโดยอาศัยกระบวนการทำแห้งที่อุณหภูมิประมาณ 120 – 150 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นชีวมวลจะถูกให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิประมาณ 500 – 600 องศาเซลเซียส เพื่อทำลายพันธะทางเคมีของโมเลกุลซึ่งเป็นขั้นตอนของกระบวนการไพโรไลซิสได้เป็นผลิตภัณฑ์จำพวกแก๊สต่างๆ ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไดออกไซด์ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สมีเทน และแก๊สไฮโดรเจน และผลิตภัณฑ์ของเหลวที่สามารถกลั่นตัวได้ซึ่งก็คือน้ำส้มควันไม้ โดยมีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ น้ำ กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก อะซิโตน เมทานอล เมทิลอะซิเตท ฟีนอล รวมทั้งพวกทาร์

2.1.2 ขั้นตอนการทำน้ำส้มควันไม้

การเผาถ่านไม้เพื่อเก็บน้ำส้มควันไม้ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ

(www.songkhlahealth.org/index.php?file=forum&obj=forum(648))

1) ช่วงไล่ความชื้นหรือคายความร้อน

เมื่อเริ่มจุดไฟหน้าเตา อุณหภูมิภายในเตาและปากปล่องจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เมื่อปากปล่องมีอุณหภูมิประมาณ 55-60 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิในเตาประมาณ 150 องศาเซลเซียส ควันจะเริ่มมีกลิ่นเหม็น ใส่ฟืนหน้าเตาไปเรื่อย ๆ อุณหภูมิที่ปากปล่องจะเพิ่มขึ้นจนถึงประมาณ 70-75 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิภายในเตาประมาณ 200-250 องศาเซลเซียส ควันจะมีกลิ่นเหม็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉุน ในช่วงนี้ถือเป็นช่วงของการไล่ความชื้น หรือคายความชื้น ใช้เวลาประมาณ 2-3 ชั่วโมงหลังจากไฟติดไม้แล้ว

2) ช่วงไม้กลายเป็นถ่าน หรือปฏิกิริยาคายความร้อน

เมื่อปล่อยให้ไฟหน้าเตาติดต่อไปเรื่อยๆ อุณหภูมิปากปล่องจะเพิ่มสูงขึ้นจนถึง ประมาณ 80-85 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิภายในเตาประมาณ 300-400 องศาเซลเซียส ควันจะรวมตัวกันหนาแน่นพุ่งขึ้น มีสีขาวขุ่น และมีกลิ่นเหม็นฉุนอย่างรุนแรง เรียกว่า ควันบ้า ซึ่งช่วงนี้ไม้เริ่มกลายเป็นถ่าน หรือเกิดปฏิกิริยาคายความร้อน โดยไม้ที่อยู่ในเตาจะคายความร้อนที่สะสมเอาไว้เพียงพอที่จะทำให้อุณหภูมิในเตาเพิ่มสูงขึ้น ในช่วงนี้ค่อย ๆ ลดการป้อนเชื้อเพลิงหน้าเตาจนหยุดการป้อนเชื้อเพลิง และเริ่มเก็บน้ำส้มควันไม้ หลังจากการหยุดการป้อนเชื้อเพลิงหน้าเตา จะต้องควบคุมอากาศโดยการหรี่หน้าเตาหรือลดพื้นที่หน้าเตาลงให้เหลือช่องพื้นที่หน้าเตาประมาณ 20-30 ตารางเซนติเมตร สำหรับให้อากาศเข้า เพื่อรักษาระดับของอุณหภูมิในเตาไว้ให้นานที่สุด และยืดระยะเวลาการเก็บน้ำส้มควันไม้ให้นานที่สุด โดยช่วงที่เหมาะสมกับการเก็บน้ำส้มควันไม้ควรมีอุณหภูมิบริเวณปากปล่องควัน ประมาณ 85-120 องศาเซลเซียส (จิระพงษ์, 2550) หรือใช้กระเบื้องแผ่นเรียบสีขาวอังบนปากปล่องควันแล้วสังเกตดูหยดน้ำที่เกาะจะมีสีเหลืองปนน้ำตาล ถือว่าเป็นช่วงที่เริ่มเก็บน้ำส้มควันไม้ได้ เนื่องจากเป็นช่วงที่สารในเนื้อไม้ถูกขับออกมา โดยนำท่อไม้ไผ่ (ท่อทะลุปล้องยาวประมาณ 3-5 เมตร) หรือวัสดุทนกรด นำไปวางเหนือปากปล่องเพื่อดักเก็บควัน เมื่อควันมีการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ จะควบแน่นรวมกันเป็นหยดน้ำ ทั้งนี้การเก็บน้ำส้มควันไม้จะนับระยะเวลาการเก็บจากที่เริ่มต้นเก็บออกไปประมาณ 4 ชั่วโมง หรืออุณหภูมิปากปล่องประมาณ 100-200 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในเตาประมาณ 300-450 องศาเซลเซียส หรือสังเกตสีควันที่ปากปล่องเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินจึงหยุดเก็บน้ำส้มควันไม้

3) ช่วงทำถ่านให้บริสุทธิ์

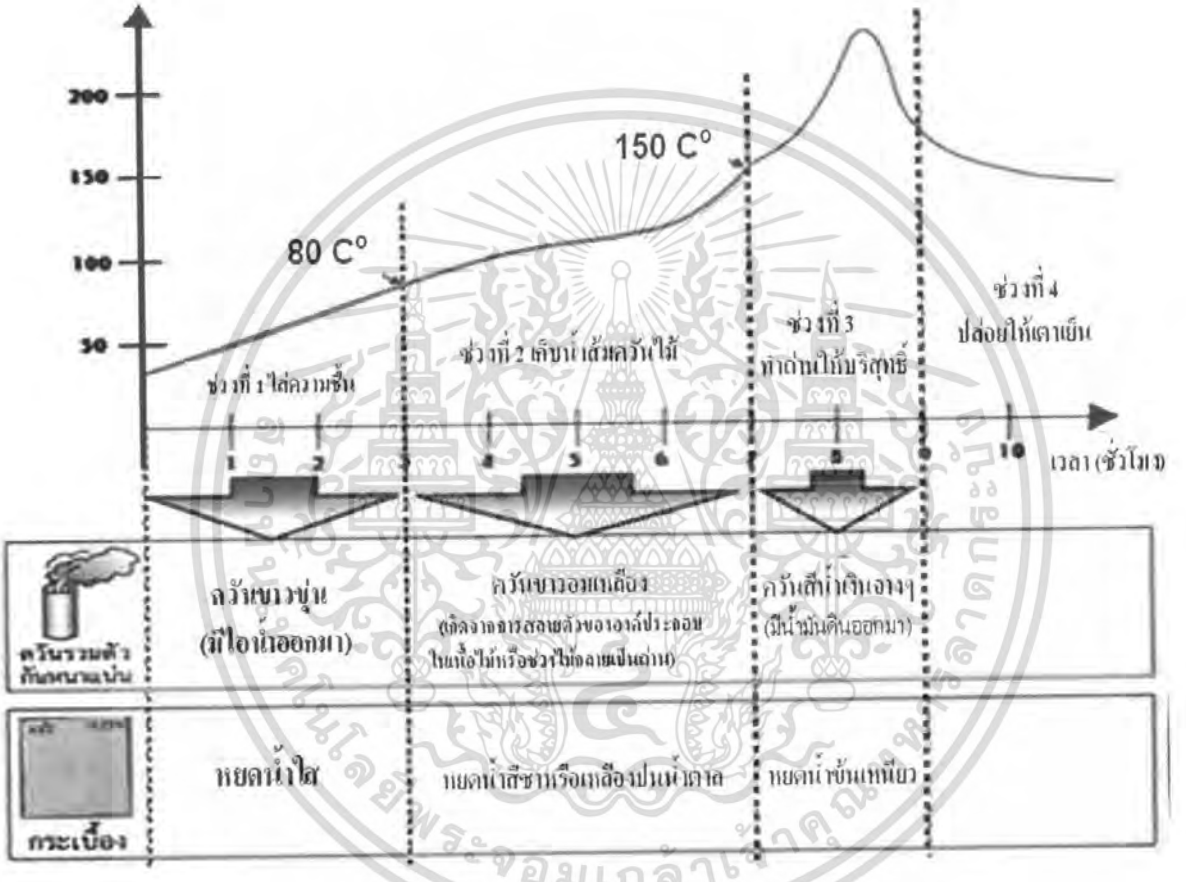
เป็นช่วงที่ทำให้ถ่านบริสุทธิ์ โดยเปิดหน้าเตาให้อากาศไหลเข้าเตาเพิ่มขึ้น เพื่อเพิ่มความร้อนให้สูงขึ้นสำหรับเผาไล่น้ำมันดินให้ออกไปจากถ่าน ซึ่งน้ำมันดินที่อยู่ในถ่านนี้ หากไม่ถูกกำจัดออกไป ถ่านที่ได้จะมีคุณภาพต่ำ และเมื่อนำไปประกอบอาหารปิ้งย่าง น้ำมันดินที่ค้างอยู่ในถ่านเมื่อถูกเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 425 องศาเซลเซียส จะเกิดสารประกอบใหม่ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง (Carcinogens) ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค อุณหภูมิที่ปากปล่องในช่วงนี้จะสูงขึ้นมากกว่า 150 องศาเซลเซียส จึงไม่ควรเก็บน้ำส้มควันไม้ในช่วงนี้ เนื่องจากมีสารประกอบที่เป็นโทษต่อการนำไปใช้ เมื่อสังเกตควันจะเปลี่ยนจากควันสีน้ำเงินเป็นควันใส ให้ทำการปิดหน้าเตารวมทั้งปากปล่องควัน

4) ช่วงทำการให้ถ่านในเตาเย็นลง

เป็นช่วงที่ปล่อยให้เตาเย็นลง ก่อนที่จะนำถ่านไม้ออกจากเตามาใช้งาน โดยก่อนเปิดเตาต้องให้อุณหภูมิในเตาต่ำกว่า 50 องศาเซลเซียส เพราะหากอุณหภูมิสูงกว่า 50 องศาเซลเซียส จะทำให้ถ่านลุกติดไฟได้ อาจทดสอบโดยใช้มือแตะที่ปล่องควัน ถ้าปล่องควันเย็นตัวจนมือสัมผัสได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงว่าสามารถเปิดเตาได้ และการเปิดเตาต้องเปิดที่ปล่องก่อนเพื่อระบายความร้อนและก๊าซที่ยังคงค้างอยู่ในเตาให้หมด หลังจากนั้นจึงเปิดหน้าเตาเกลี่ยดินบนเตาออกให้เห็นหลังเตา เพื่อระบายความร้อนในเตา จากนั้นทิ้งไว้ประมาณ 1 คืน หรืออย่างน้อย 8 ชั่วโมง เพื่อให้ถ่านดับสนิทแล้วจึงเริ่มเปิดเตาเพื่อนำถ่านออกจากเตาและนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป ขั้นตอนการเผาถ่าน และการเก็บน้ำส้มควันไม้ แสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการเผาถ่านและการเก็บน้ำส้มควันไม้

(www.ata.or.th/projects/ashram/ashram-vinegar.htm)

น้ำส้มควันไม้ควรเก็บในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม เพราะจะทำให้ได้น้ำส้มควันไม้ที่มีองค์ประกอบที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆได้อย่างหลากหลาย

ตารางที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบของน้ำส้มควันไม้ของขี้เลื่อยไม้ยางพาราที่เก็บอุณหภูมิต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำส้มควันไม้ของขี้เลื่อยไม้ยางพาราที่อุณหภูมิต่างๆ (จุไรวัลย์และคณะ, 2550.ก)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	กรดอะซิติก (กรัมต่อลิตร)	เมทานอล (กรัมต่อลิตร)	อะซิโตน (กรัมต่อลิตร)	ฟีนอล (กรัมต่อลิตร)
300	46.544	0.187	*	0.078
350	126.471	0.412	*	0.097
400	93.847	1.769	0.024	0.1
500	113.76	0.544	0.013	0.193

2.1.3 การทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์

(http://www.doae.go.th/foodsafety/Sboard/view.asp?ID=5844)

น้ำส้มควันไม้ดิบที่เก็บจากการกลั่นตัวที่ปล่องควันยังไม่สามารถนำมาใช้งานได้ทันที เนื่องจากยังมีส่วนประกอบบางอย่างที่อาจเป็นอันตรายต่อพืชหรือสิ่งมีชีวิต เช่น น้ำมันดิน อาจไปปิดปากใบและเกาะติดรากในพืช หรือน้ำมันดินอาจจับกับใบไม้ ทำให้ต้นไม้ไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ดี ทำให้พืชเติบโตช้า หรือตายได้

ดังนั้น เมื่อเก็บน้ำส้มควันไม้ แล้วต้องทิ้งช่วง และมีการทำให้น้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์ก่อนนำไปใช้ประโยชน์ โดยต้องเก็บในที่เย็นและร่ม หรือเก็บไว้ในภาชนะทึบแสงและไม่มีสิ่งรบกวน หากเก็บไว้ที่โล่งแจ้ง น้ำส้มควันไม้ จะทำปฏิกิริยากับอากาศและรังสีอัลตราไวโอเลตในแสงอาทิตย์กลายเป็นน้ำมันดิน ซึ่งในน้ำมันดินจะมีสารก่อมะเร็ง (Carcinogen) ได้แก่ 3,4 Benzopyrene และ 1,2,5,6 Dibenzanthracenenentylcholinsrene (rayong.doae.go.th/banchang/bio8.htm) และเนื่องจากคุณสมบัติที่เป็นกรดของน้ำส้มควันไม้ที่ได้ (ค่า pH ประมาณ 1.5–3.7) ภาชนะที่ใช้ จึงควรใช้ถังพลาสติกเป็นภาชนะรองรับน้ำส้มควันไม้ดิบที่เก็บสะสมได้จากปล่องควัน

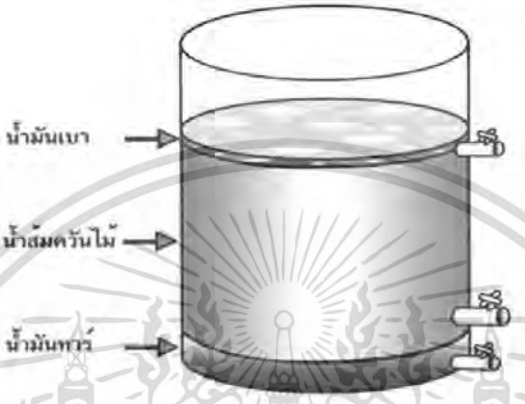
การทำให้น้ำส้มบริสุทธิ์ สามารถแบ่งออกเป็น 3 วิธี

1) ปล่อยให้ตกตะกอน

โดยนำน้ำส้มควันไม้มาเก็บในถังทรงสูง ซึ่งมีความสูงมากกว่าความกว้าง ประมาณ 3 เท่า โดยทิ้งให้ตกตะกอนนานประมาณ 90 วัน น้ำส้มควันไม้จะตกตะกอนแบ่งเป็น 3 ชั้น ชั้นบนสุดเป็นน้ำมันใส ชั้นกลางเป็นของเหลวใสสีชา คือ น้ำส้มควันไม้ และชั้นล่างสุดจะเป็นของเหลวข้นสีดำคือน้ำมันดิน (Tar) ดังรูปที่ 2.2 หากนำผงถ่านมาผสม ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ผงถ่านจะดูดซับทั้งน้ำมันใสและน้ำมันดินให้ตกตะกอนลงสู่ชั้นล่างสุดในเวลาที่เร็วขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยใช้เวลาประมาณ 45 วัน ระหว่างการปล่อยให้ตกตะกอน สารประกอบในน้ำส้มควันไม้จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจน และทำปฏิกิริยาซึ่งกันและกัน เปลี่ยนเป็นสารประกอบใหม่ที่มีโมเลกุลยาวขึ้น เช่น ฟอร์มาลดีไฮด์ ทำปฏิกิริยากับฟีนอล เปลี่ยนเป็นน้ำมันดิน แล้วตกตะกอนหรือจับตัวติดแน่นกับผนังของถังเก็บ ดังนั้น หากนำน้ำส้มควันไม้มากรองโดยไม่ให้ตกตะกอนเสียก่อนก็จะเกิดน้ำมันดินใหม่ได้ทั้ง ๆ ที่ผ่านการกรองแล้ว



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของน้ำส้มควันไม้ดิบ

(www.ata.or.th/projects/ashram/ashram-vinegar.htm)

ถังเก็บควรมีวาล์ว 3 ระดับคือ ระดับบนมีไว้สำหรับแยกน้ำมันใส ระดับกลางมีไว้สำหรับเก็บน้ำส้มควันไม้และก้นถังสำหรับถ่ายน้ำมันดิน แต่ถ้าใช้ถ่านช่วยตกตะกอนมีเพียงระดับกลางก็เพียงพอ เมื่อแยกน้ำส้มควันไม้แล้วต้องยกถังเพื่อเทผงถ่านผสมน้ำมันดินออก เพราะผงถ่านผสมน้ำมันดินไม่สามารถไหลผ่านวาล์วได้ หลังจากตกตะกอนจนครบกำหนดแล้ว นำน้ำส้มควันไม้มากรองซ้ำอีกครั้งด้วยผ้ากรอง แล้วจึงนำไปใช้ประโยชน์ได้ น้ำส้มควันไม้ที่บริสุทธิ์ต้องมีน้ำมันดินไม่เกิน 1เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ง่าย โดยการดูความใส หากมีน้ำมันดินเกิน 1 เปอร์เซนต์ น้ำส้มควันไม้จะขุ่นและมีสีดำ หากมีลักษณะขุ่นดำ แสดงถึงความหนาแน่นของน้ำมันดิน น้ำส้มควันไม้ที่ดีจะมีลักษณะใสสีชาหรือน้ำตาลแดงแตกต่างกันไปตามชนิดของไม้

2) การกรอง

โดยใช้ผ้ากรองหรือถังกรองที่ใช้ผงถ่านกัมมันต์ จะได้น้ำส้มควันไม้ที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันไปเพราะถ่านกัมมันต์ จะลดความเป็นกรดของน้ำส้มควันไม้ วิธีการทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์ วิธีนี้จะใช้เพื่อนำน้ำส้มควันไม้เพื่อเป็นวัตถุดิบหรือสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมด้านต่างๆ

3) การกลั่น

กลั่นได้ทั้งในความดันบรรยากาศและกลั่นแบบลดความดัน รวมทั้งกลั่นแบบลำดับส่วนเพื่อแยกเฉพาะสารหนึ่งสารใดในน้ำส้มควันไม้ มาใช้ประโยชน์ มักใช้ในอุตสาหกรรมผลิตยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตาม ทั้งการกรองและการกลั่น ต้องทำหลังจากตกตะกอนก่อนเท่านั้น เนื่องจากต้องให้ปฏิกิริยาในน้ำส้มควันไม้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์เสียก่อน

2.1.4 องค์ประกอบของน้ำส้มควันไม้

น้ำส้มควันไม้แตกต่างจากน้ำส้มสายชูหรือน้ำส้มอื่น ๆ ที่ได้จากการหมักหรือสังเคราะห์ เพราะมีสารประกอบหลากหลายกว่า โดยเฉพาะสารฟีนอล ที่ได้จากการสลายตัวของลิกนิน กรดอินทรีย์และแอลกอฮอล์ชนิดต่าง ๆ ที่ได้จากการสลายตัวของเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลส (จิระพงษ์, 2550) น้ำส้มควันไม้มีสารประกอบต่าง ๆ มากกว่า 200 ชนิด สารประกอบที่สำคัญ ได้แก่ น้ำประมาณ 85% กรดอินทรีย์ประมาณ 3% และสารอินทรีย์อื่น ๆ อีกประมาณ 12% ซึ่งกรดอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำส้มควันไม้มีหลายชนิด กรดอินทรีย์ที่สำคัญได้แก่ กรดน้ำส้ม กรดฟอร์มิก (กรดมด) เมทานอล ฟอร์มาดีไฮด์ อะซีโตนและฟีนอล ดังแสดงในตารางที่ 2.2

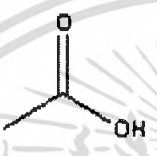
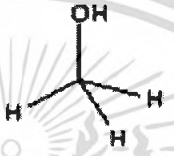
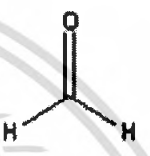
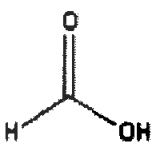
ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบของน้ำส้มควันไม้
(www.smethai.com/shop/template/template9/DetailProduct.asp?UserId=SRY&SImgLogo=logo_2006031615034644)

สาร	ส่วนประกอบในน้ำส้มควันไม้
กรดอินทรีย์ (Organic acids)	ฟอร์มิกแอซิด (Formic acid), อะซิติกแอซิด (Acetic acid), โพรพิโนอิก แอซิด (Propinoic acid)
ฟีนอล (Phenols)	ไกลคอล (Glycol)
คาร์บอนิล (Carbonyl)	ฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde), อะซิตอลดีไฮด์ (Acetaldehyde), คีโตน (Ketone), อะซิโตน (Acetone)
แอลกอฮอล์ (Alcohols)	เมทานอล (Methanol), เอทานอล (Ethanol), โพรพานอล (Propanol), ไอโซโพรพานอล (Isopropanol)
องค์ประกอบที่เป็นกลาง (Neutral component)	ลิวโวกลูโคแซน (Levoglucosane)
ด่าง (Base)	แอมโมเนีย (Ammonia), เมททิลามีน (methylamine), ไดเมททิลามีน (Dimethylamine)
แร่ธาตุต่าง ๆ (Element)	ไนโตรเจน (Nitrogen), ฟอสฟอรัส (Phosphorus)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่แตกต่างกันขององค์ประกอบหลักในน้ำส้มควันไม้

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติขององค์ประกอบหลักในน้ำส้มควันไม้ (http://www.msds.pcd.go.th/)

คุณสมบัติ	Acetic acid	Methyl alcohol	Formaldehyde	Formic acid
ชื่อเคมีทั่วไป	Acetic acid (aqeous)	Methyl alcohol	Formaldehyde	Formic acid
สูตรโมเลกุล	$C_2H_2O_2$	CH_4O	CH_2O	CH_2O_2
สูตรโครงสร้าง				
สถานะ	ของเหลว	ของเหลว	ของเหลว	ของเหลว
สี	ใส	ใส	ไม่มีสี	ไม่มีสี
กลิ่น	กรด	กลิ่นเฉพาะตัว	กลิ่นฉุน	กลิ่นฉุน
จุดเดือด (°C)	224	64.6	96	100-101
จุดหลอมเหลว (°C)	62	97.8	-15	4
ความถ่วงจำเพาะ (น้ำ=1)	1.05	1.79	1.1	1.22
ความหนาแน่นไอ (อากาศ=1)	2	1.1	1.04	1.6

2.1.5 คุณสมบัติน้ำส้มควันไม้

น้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการเผาไม้ต่างชนิดและสภาวะการเผาไหม้ต่างกัน จะมีคุณสมบัติแตกต่างกัน คุณลักษณะที่ดีของน้ำส้มควันไม้ แสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 คุณลักษณะของน้ำส้มควันไม้คุณภาพดี

(www.budmgt.com/agri02/wood-vinegar-qestion.html)

ปัจจัย	ลักษณะของน้ำส้มควันไม้
ค่า pH	1.5 – 3.7
ค่าความถ่วงจำเพาะ	> 1.005
ค่าความเป็นกรด	1 – 18 %
ลักษณะสี	สีเหลือง สีชาอ่อน
การส่องผ่านของแสง	แสงส่องผ่านได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 ประโยชน์ของน้ำส้มควันไม้ (www.gotoknow.org/blog/xpradit/138067)

ในน้ำส้มควันไม้ประกอบด้วยสารประกอบต่าง ๆ มากมาย ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลาย ดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ประโยชน์ขององค์ประกอบหลักในน้ำส้มควันไม้
(www.budmgt.com/agri02/wood-vinegar-qestion.html)

องค์ประกอบหลักในน้ำส้มควันไม้	ประโยชน์
กรดอะซิติก (Acetic acid)	เป็นสารกลุ่มออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรค เชื้อรา เชื้อแบคทีเรีย และเชื้อไวรัส
สารประกอบฟีนอล (Phenol)	เป็นสารในกลุ่มควบคุมการเจริญเติบโตของพืช
ฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde)	เป็นสารในกลุ่มออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรค และแมลงศัตรูพืช
เอธิลเอ็นวาเลอเรด (Ethyl-n-valerate)	เป็นสารในกลุ่มเร่งการเจริญเติบโตของพืช
เมทานอล (Methanol)	เป็นสารในกลุ่มออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรค และแมลงศัตรูพืช
น้ำมันทาร์ (Tar)	เป็นสารจับใบช่วยลดการใช้สารเคมี

การใช้ประโยชน์ของน้ำส้มควันไม้

1) ใช้ในอุตสาหกรรม

- ใช้ผลิตสารดับกลิ่นตัว ในญี่ปุ่นมีการนำน้ำส้มควันไม้มาผลิตสารดับกลิ่นตัวมากกว่าปีละ 1 ล้านลิตร
- ใช้ผลิตสารปรับผิวนุ่ม ใช้ทั้งแบบโดยตรงทางผิวหนังหรือผสมน้ำอาบ
- ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารรมควัน
- ใช้ในอุตสาหกรรมย้อมผ้า
- ใช้ผลิตสารป้องกันเนื้อไม้จากเชื้อราและแมลง
- ใช้ผลิตยารักษาโรคผิวหนัง ยาฆ่าเชื้อไทฟอยด์ อาหารเสริมเพิ่มภูมิต้านทาน อาหารเสริมการทำงานของตับ
- ใช้ผลิตสารช่วยย่อย

2) ใช้ในครัวเรือน

น้ำส้มควันไม้สามารถทดแทนการใช้สารเคมีได้ ดังนี้

- ความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ใช้รักษาแผลสด แผลถูกน้ำร้อนลวกและไฟลวก รักษาโรคน้ำกัดเท้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเชื้อราที่ผิวหนัง

- ผสมน้ำ 20 เท่า ราดทำลายปลวกและมด
- ผสมน้ำ 50 เท่า ป้องกันปลวก มดและสัตว์ต่าง ๆ เช่น ตะขาบ ตะเข็บ แมงป่อง กิ้งกือ
- ผสมน้ำ 100 เท่า ราดโคนต้นไม้รักษาโรครา และโรคเน่า รวมทั้งป้องกันแมลงไม่ให้วางไข่ ฉีดพ่นถังขยะเพื่อป้องกันกลิ่นและแมลงวัน ใช้ดับกลิ่นในห้องน้ำ ห้องครัว และบริเวณชื้นแฉะ ใช้ดับกลิ่นกรงสัตว์เลี้ยง ใช้หมักขยะสดและเศษอาหาร เป็นปุ๋ยสำหรับไม้ประดับรอบบ้าน โดยต้องผสมน้ำอีก 5 เท่าหลังจากหมักแล้ว 1 เดือน
- ผสมน้ำ 200 เท่า ฉีดพ่นใบไม้เพื่อขับไล่แมลงและป้องกันเชื้อราและรดโคนต้นเพื่อเร่งการเจริญเติบโต

3) ใช้ในการเกษตร

น้ำส้มควันไม้ที่มีความเข้มข้นสูง มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อที่รุนแรง เนื่องจากมีความเป็นกรดสูง และมีสารประกอบซึ่งสามารถฆ่าเชื้อได้ดี ได้แก่ เมทานอล และ ฟีนอล เมื่อเจือจาง 200 เท่า จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์และต่อต้านเชื้อแบคทีเรียจะเพิ่มปริมาณมากขึ้น เนื่องจากได้รับสารอาหารจากกรดน้ำส้ม น้ำส้มควันไม้จึงสามารถนำมาใช้ในด้านการเกษตรได้ดี เช่น

- ใช้ผสมน้ำ 20 เท่า พ่นลงดินเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และแมลงในดิน เช่น โรคเน่าและจากเชื้อแบคทีเรีย โรคโคนเน่าจากเชื้อรา ไส้เดือนฝอย ฯลฯ ประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ที่มีความเข้มข้นจะเทียบเท่ากับการอบฆ่าเชื้อด้วยการรมควัน แต่ควรทำก่อนการเพาะปลูก 10 วัน เพราะน้ำส้มควันไม้ที่รดลงดิน จะไปทำปฏิกิริยากับสารที่มีฤทธิ์เป็นด่าง เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งเป็นพิษต่อพืช แต่เมื่อก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน จะเปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จึงสามารถปลูกพืชได้ และพืชจะได้รับประโยชน์จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วย
- ใช้ผสมน้ำ 50 เท่า พ่นลงดิน เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่เข้าทำลายพืช แต่หากใช้ความเข้มข้นมากกว่านี้รากพืชอาจได้รับอันตรายได้
- ใช้ผสมน้ำ 200 เท่า ความเข้มข้นระดับนี้ สามารถใช้ประโยชน์ได้มากมาย เช่น ใช้ฉีดพ่นที่ใบ หรือพื้นดินรอบต้นพืช ทุก 7 - 15 วัน เพื่อขับไล่แมลง ป้องกันกำจัดเชื้อรา กระตุ้นความต้านทานของพืช และเร่งการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากความเข้มข้นระดับนี้สามารถทำลายไข่ แมลง และฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นโทษต่อพืช และเพิ่มเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์เหล่านี้จะทำลายโดยการเป็นตัวเบียนของจุลินทรีย์ที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช แต่ในพื้นที่ที่มีการใช้สารเคมีในปริมาณมากและต่อเนื่องเป็นเวลายาวนาน อาจจะไม่เหลือเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์อยู่ ต้องใช้ปุ๋ยหมักเข้าช่วย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้ดีขึ้น ในขณะเดียวกันพืชและจุลินทรีย์ที่ได้รับสารอาหารจากกรดน้ำส้ม ก็จะเปลี่ยนเป็นสารประกอบต่าง ๆ มากมาย กระตุ้นให้พืชเจริญอย่างเติบโตอย่างรวดเร็ว เมื่อใบพืชถูกกระตุ้นด้วยกรดอินทรีย์อ่อน ๆ ก็จะกระตุ้นให้เกิดความต้านทานต่อโรค รวมทั้งทำให้ใบมีความหนา แข็ง และเขียวเป็นมันมากขึ้น เพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ ทำให้สังเคราะห์แสงได้ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พืชจะแข็งแรงและเติบโตเร็ว แต่ห้ามใช้อัตราส่วนเข้มข้นกว่านี้ฉีดพ่นใบพืช เพราะจะทำให้ใบพืชไหม้ เนื่องจากความเป็นกรดสูงมากเกินไป

- ใช้ผสมน้ำ 500 เท่า ฉีดพ่นผลอ่อนของพืชเพื่อช่วยขยายให้ผลมีขนาดใหญ่ขึ้น หลังจากติดผลแล้ว 15 วัน และฉีดพ่นอีกครั้งก่อนเก็บเกี่ยว 20 วัน เพื่อเพิ่มน้ำตาลในผลไม้
- ใช้ผสมน้ำ 1,000 เท่า เป็นสารจับใบช่วยลดการใช้สารเคมี เนื่องจากสารเคมีสามารถออกฤทธิ์ได้ดีในสารละลายที่เป็นกรดอ่อน ๆ และสามารถลดการใช้สารเคมีมากกว่าครึ่งหนึ่ง
- ใช้ทำปุ๋ยคุณภาพสูง โดยใช้น้ำส้มควันไม้เข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ หมักกับหอยเชอรี่บด เศษปลา เศษเนื้อหรือกากถั่วเหลือง
- ใช้หมักกับสมุนไพร เช่น เมล็ด ใบสะเดา ข่าแก่ และตะไคร้หอม ฯลฯ เพื่อเพิ่มฤทธิ์ของน้ำส้มควันไม้ในการไล่แมลงและป้องกันโรค และสามารถเก็บสารละลายนี้ไว้ได้นานโดยไม่บูดเน่า

4) ใช้ในปศุสัตว์

- ใช้ลดกลิ่นและแมลงในฟาร์มปศุสัตว์ โดยการใช้ครั้งแรกควรผสมน้ำ 100 เท่า หลังจากนั้นเพิ่มเป็นผสมน้ำ 200 เท่า จะกำจัดกลิ่นและลดจำนวนแมลงอย่างมีประสิทธิภาพ
- ใช้ผสมอาหารสัตว์ เพื่อช่วยในการย่อยอาหารและป้องกันโรคท้องเสีย การให้ควรนำไปผสมผงถ่านก่อน โดยนำน้ำส้มควันไม้ 2 ลิตร ผสมกับผงถ่าน 8 กิโลกรัม แล้วนำผงถ่านที่ชุ่มด้วยน้ำส้มควันไม้ผสมอาหารสัตว์ 990 กิโลกรัม จะได้อาหารสัตว์ 1 ตัน ถ่านผสมอาหารสัตว์ มีคุณสมบัติและประโยชน์ดังนี้

1. ช่วยทำให้การย่อยและการใช้ประโยชน์จากอาหารดีขึ้น ทำให้สัตว์โตเร็วกว่าปกติ โดยใช้อาหารเท่าเดิม หรือใช้อาหารน้อยลง 5 เปอร์เซ็นต์ ในเวลาเท่าเดิม
2. ช่วยยับยั้งการเกิดก๊าซ และดูดซึมโลหะหนักในกระเพาะอาหาร ทำให้สัตว์มีสุขภาพดี
3. ช่วยป้องกันและรักษาอาการท้องเสีย
4. ช่วยปรับปรุงคุณภาพ และลดปริมาณน้ำในเนื้อสัตว์ ทำให้คุณภาพของเนื้อสัตว์ดีขึ้นทั้งรสชาติ สี และกลิ่น
5. ช่วยปรับปรุงคุณภาพของไข่ ทำให้ไข่แดงใหญ่และเหนียวขึ้น ทั้งยังเพิ่มปริมาณวิตามิน และลดคลอเลสเตอรอล
6. ช่วยเพิ่มปริมาณน้ำนม
7. ช่วยยับยั้งการเกิดก๊าซแอมโมเนีย และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ทำให้ลดกลิ่นของมูลสัตว์ ซึ่งช่วยให้สัตว์ไม่เครียด ทั้งยังเพิ่มคุณภาพของปุ๋ยคอกที่ได้จากมูลสัตว์ให้ดีขึ้นด้วย
8. ช่วยยับยั้งการฟักไข่ของแมลงในมูลสัตว์ เป็นการลดปริมาณของแมลงในบริเวณฟาร์ม โดยเฉพาะแมลงวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อควรระวังในการ ใช้น้ำส้มควันไม้ (www.fisheries.go.th/cf-kung_krabaen/agricul1.htm)

1. ก่อนนำน้ำส้มควันไม้ไปใช้ ต้องตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 3 เดือน เพื่อกำจัดทาร์
2. ควรระวังอย่าให้เข้าตาอาจทำให้ตาบอดได้ เนื่องจากน้ำส้มควันไม้มีความเป็นกรดสูง
3. น้ำส้มควันไม้ไม่ใช่ปุ๋ยแต่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนั้น การนำไปใช้ทางการเกษตรจะเป็นตัวเสริมประสิทธิภาพให้กับพืช แต่ไม่สามารถใช้แทนปุ๋ยได้
4. การใช้เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และแมลงในดิน ควรทำก่อนเพาะปลูกอย่างน้อย 10 วัน
5. การนำน้ำส้มควันไม้ไปใช้ ต้องผสมน้ำให้เจือจางตามความเหมาะสมในการนำไปใช้
6. การฉีดพ่นน้ำส้มควันไม้ เพื่อให้ดอกติดผล ควรพ่นก่อนที่ดอกจะบาน หากฉีดพ่นหลังจากดอกบานแมลงจะไม่เข้ามาผสมเกสร เพราะกลิ่นฉุนของน้ำส้มควันไม้และดอกจะร่วงง่าย

2.2 ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการผลิตน้ำส้มควันไม้

2.2.1 ชนิดของเตาที่ใช้ในการเผาถ่าน

สภาวะในการเผาถ่าน เป็นอีกปัจจัยหนึ่งในการกำหนดคุณภาพของน้ำส้มควันไม้ เตาเผาถ่านที่ออกแบบอย่างเหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญ

เตาเผาถ่านที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่

1) เตาดินเหนียว การลงทุนก่อสร้างต่ำมากหรือไม่มีค่าวัสดุอุปกรณ์ (รูปที่ 2.3) การก่อสร้างใช้ดินเหนียวก่อ ซึ่งสามารถหาดินเหนียวได้ตามพื้นที่ต่างๆ คุณภาพถ่านที่ได้ถือว่ามีคุณภาพดี แต่มีการสูญเสียถ่านมากกว่าเตาแบบอื่น

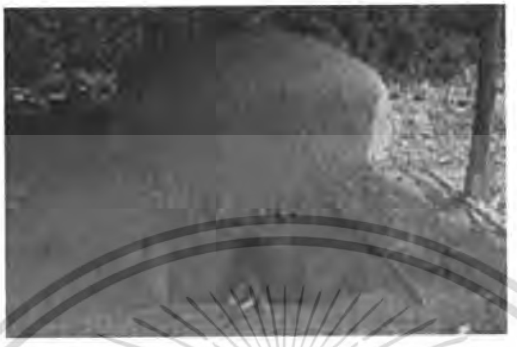
รูปที่ 2.3 เตาดินเหนียวก่อ

(www.charcoal.snmcenter.com/brickkiln5.php)

2) เตาอิฐก่อ การก่อสร้างเตาลักษณะนี้เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเป็นส่วนมาก เนื่องจากสามารถผลิตถ่านต่อการเปิดเตา 1 ครั้งได้จำนวนถ่านมากกว่าเตาดินธรรมดา การลงทุนก่อสร้างจะสูงกว่าเตาดินเหนียว เนื่องจากต้องใช้อิฐก่อเป็นรูปเตา หลังจากนั้นต้องใช้ดินเหนียวเป็นตัวประสาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก้อนอิฐให้ติดกันเป็นรูปทรงของเตา (รูปที่ 2.4) การก่อสร้างเตาอิฐก่อไม่ใช้ปูนซีเมนต์ เนื่องจากสัมประสิทธิ์การขยายตัวของอิฐกับปูนไม่เท่ากัน เมื่อเตาร้อน จะทำให้เตาเผาถ่านแตกหรือร้าวได้ ถ้าหากใช้ดินเหนียวแทนปูนการขยายตัวน้อย รอยร้าว รอยแตกของเตาจะน้อยกว่า ทำให้มีอายุการใช้งานของเตานาน

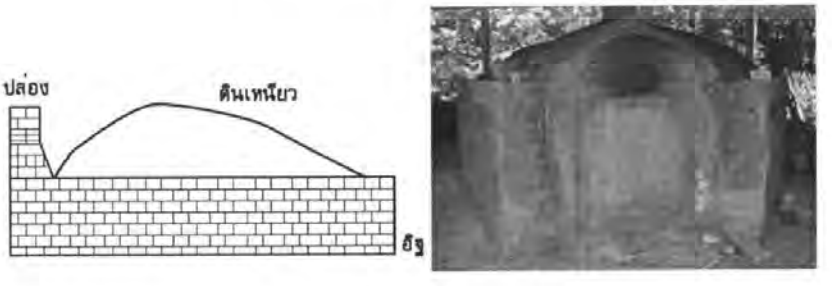


รูปที่ 2.4 เตาอิฐก่อ

(www.charcoal.snmcenter.com/brickkiln5.php)

3) เตาอิวาเตะ เป็นเตาที่มีต้นแบบมาจากประเทศญี่ปุ่น (รูปที่ 2.5) เป็นเตาที่พัฒนาจากเตาดิน และเตาอิฐ ให้ผลผลิตถ่านที่มีคุณภาพดี และมีปริมาณมาก รวมทั้งได้ปริมาณน้ำส้มควันไม้สูง แต่การลงทุนก่อสร้างสูงกว่าเตาดินและเตาอิฐก่อ เนื่องจากต้องใช้อิฐปริมาณมากกว่า และการก่อสร้างยุ่งยาก ซึ่งต้องใช้ผู้มีความรู้หรือความเชี่ยวชาญในการก่อสร้างเตา

เตาอิวาเตะมีโครงสร้างถาวร สร้างโดยใช้ดินเหนียวเผา สามารถผลิตถ่านคุณภาพสูงได้ดี และมีข้อได้เปรียบในการควบคุมอากาศ และควบคุมกระบวนการที่ทำให้ไม้กลายเป็นถ่านได้ดีกว่าเตาถ่านประเภทอื่นๆ ทำให้เกิดความคุ้มทุน เนื่องจากได้ถ่านไม้ที่มีคุณภาพดี ปริมาณมาก นอกจากนี้มีผลพลอยได้จากกระบวนการเผาถ่าน คือ น้ำส้มควันไม้ ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในในด้านต่าง ๆ ได้มากมาย

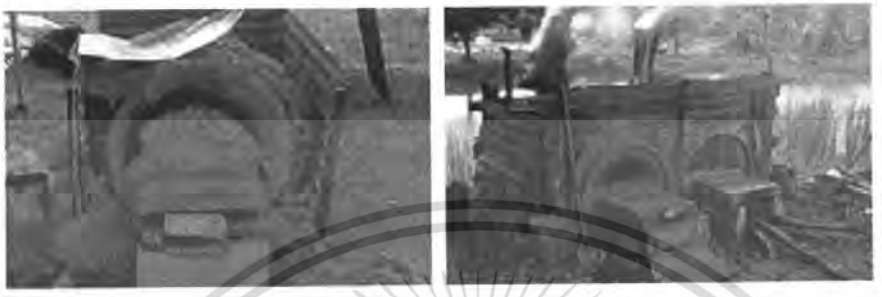


รูปที่ 2.5 เตาอิวาเตะ

(www.charcoal.snmcenter.com/property2.php)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) เตาเผาถ่าน 200 ลิตร ใช้ถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร เป็นตัวเตา (รูปที่ 2.6) เตาประเภทนี้อาศัยความร้อนไล่ความชื้นในไม้ที่อยู่ในเตา ทำให้ไม้กลายเป็นถ่าน เตามีโครงสร้างที่มีลักษณะปิด ทำให้สามารถควบคุมอากาศได้ จึงไม่มีการลุกติดไฟของไม้ ผลผลิตที่ได้เป็นถ่านที่มีคุณภาพดี มีสารก่อมะเร็งต่ำ ขี้เถ้าน้อย และได้น้ำส้มควันไม้เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการเผาถ่าน



รูปที่ 2.6 เตาเผา 200 ลิตร

(www.energyfantasia.com/ef3/viewboard_test.php)

2.2.2 ชนิดของวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่นิยมนำมาเผาถ่านเพื่อเก็บน้ำส้มควันไม้ ได้แก่ ไม้ไผ่ ไม้ยูคาลิปตัส โดยวัตถุดิบแต่ละชนิดมีคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพที่แตกต่างกัน จึงทำให้น้ำส้มควันไม้ที่ได้มีคุณสมบัติและองค์ประกอบที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของต้นยางพาราสดและต้นยูคาลิปตัส (วิขัฑณ์, 2550)

คุณสมบัติทางเคมี	ไม้ยางพาราสด	ไม้ยูคาลิปตัส
1. ความชื้น (%)	3.29	-
2. ปริมาณสารแทรก (%)	13.28	7.36
3. ปริมาณเพนโตแซน (%)	17.17	14.36
4. ปริมาณโฮโลเซลลูโลส (%)	78.72	67.68
5. ปริมาณลิกนิน (%)	18.06	24.97
6 .ปริมาณเถ้า (%)	0.86	0.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ส่วนประกอบและโครงสร้างของไม้

(1) ความชื้น (moisture content)

หมายถึง น้ำที่มีอยู่ในไม้ ซึ่งมีความสัมพันธ์ต่อคุณสมบัติของไม้ในด้านต่างๆ อย่างมาก ปริมาณความชื้นในไม้ นิยมแสดงเป็นค่าส่วนร้อยของน้ำหนักเนื้อไม้แท้

(2) สารแทรก (Extractives)

สารแทรกเป็นองค์ประกอบส่วนน้อยในเนื้อไม้ แต่มีบทบาทสำคัญคือ ทำให้ไม้มีสีคล้ำหรือมีสีแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังทำให้มีความทนทานต่อการทำลายของแมลงและเห็ดราแตกต่างกัน การมีปริมาณสารแทรกอยู่มากมีส่วนสำคัญที่ทำให้ไม้มีการคงรูปดี และมีความทนทานมากขึ้น

(3) ลิกนิน (Lignin)

เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มักพบอยู่รวมกับเซลลูโลส ลิกนินเป็นสารที่ประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนรวมกันเป็นหน่วยย่อยหลายชนิดซึ่งเป็นสารอะโรมาติก ลิกนินไม่ละลายน้ำ ไม่มีสมบัติทางการยืดหยุ่น ดังนั้นพืชที่มีลิกนินมากจะมีความแข็งแรงทนทาน เมื่อพืชตายลิกนินจะถูกย่อยด้วยเอนไซม์ลิกเนส (Lignase) หรือลิกนินเนส (Ligninase) ซึ่งเป็นเอมไซม์ที่สำคัญในรา

(4) โฮโลเซลลูโลส (Holocellulos)

โฮโลเซลลูโลสที่มีอยู่ในเนื้อไม้จะอยู่ในรูปของ เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสรวมตัวกัน ในไม้ทั่วๆไปจะมีปริมาณ โฮโลเซลลูโลสประมาณ 60-70% (วิทยา, 2550)

นอกจากไม้แล้ว เพื่อเป็นการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ปัจจุบันจึงนิยมใช้วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร เช่น แกลบ ชานอ้อย ฟางข้าว และสบู่ดำ มาใช้เป็นวัตถุดิบในการเผาถ่านอีกด้วย

2.3 สบู่ดำ (ภัทชาณาภร และจุฑาทิพย์, 2548)

สบู่ดำมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Jatropha curcas* Linn. อยู่ในวงศ์ไม้ยางพารา ซึ่งเป็นพืชพื้นเมืองของทวีปอเมริกาใต้ ชาวโปรตุเกสนำเข้ามาปลูกในประเทศไทย ในช่วงปลายสมัยกรุงศรีอยุธยา เพื่อนำมาบีบน้ำมันสำหรับทำสบู่ ปัจจุบันสบู่ดำมีปลูกอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย มีชื่อเรียกแตกต่างกันไป เช่น ภาคเหนือเรียกว่ามะหุ่งฮั้ว ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเรียกว่ามะเยา หรือสีหลอด ภาคใต้เรียกว่ามาเคาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

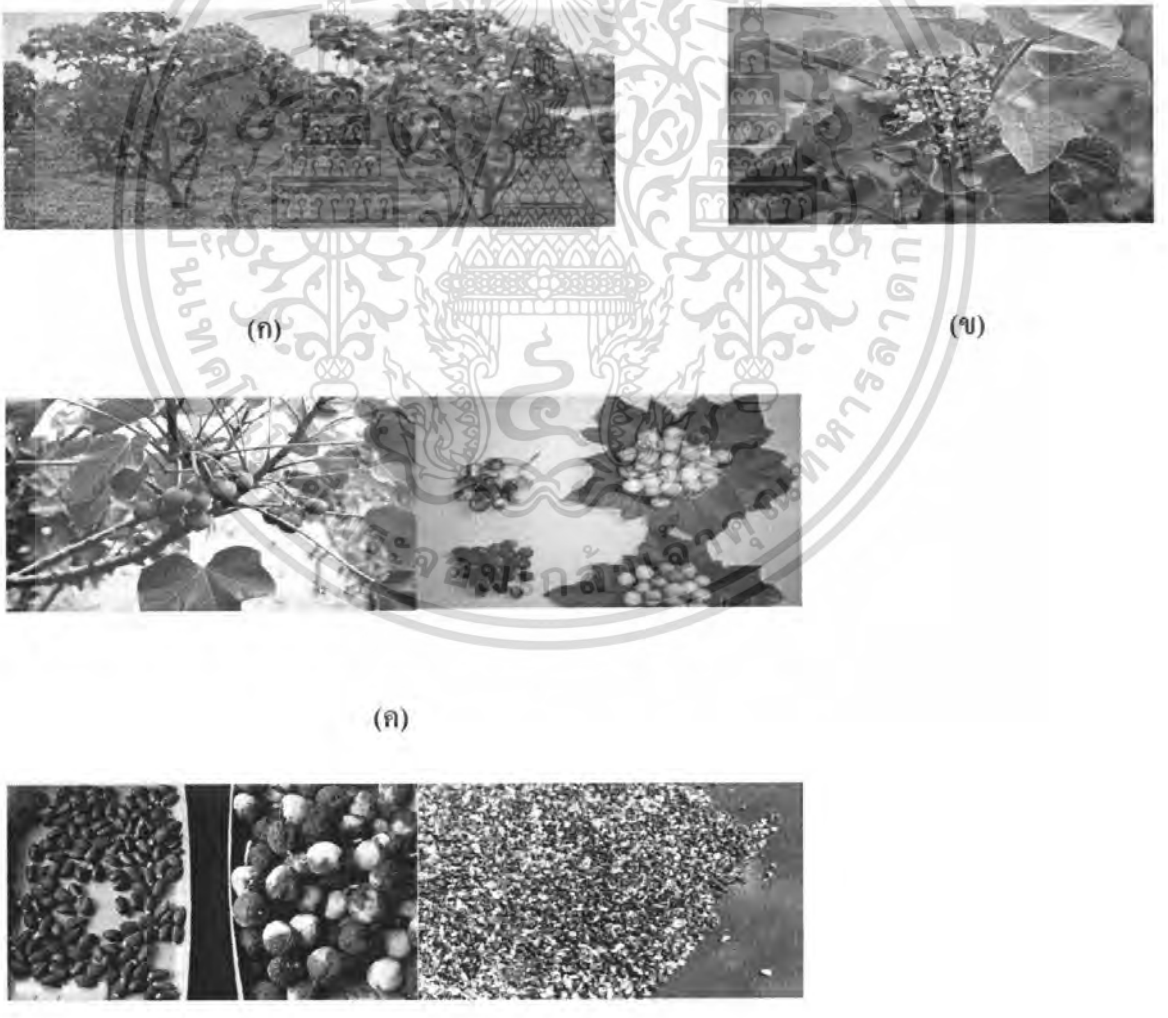
2.3.1 ลักษณะของต้นสบู่ดำ

ต้นสบู่ดำ เป็นไม้พุ่มยืนต้นขนาดกลาง ความสูง 2-7 เมตร อายุยืนไม่น้อยกว่า 20 ปี ลำต้นและยอดคล้ายละหุ่ง แต่ไม่มีขน ลำต้นเกลี้ยงเกลาใช้มือหักได้ง่ายเพราะเนื้อไม้ไม่มีแก่น ใบหยักคล้ายใบละหุ่งแต่หยักตื้นกว่า มี 4 หยัก (รูปที่ 2.7)

ดอกสบู่ดำเป็นช่อกระจุกที่ข้อส่วนปลายยอด ขนาดเล็กสีเหลือง มีกลิ่นหอมอ่อน ๆ มีดอกตัวผู้มากกว่าดอกตัวเมียในช่อเดียวกัน

ผลสบู่ดำมีลักษณะเป็นพู โดยส่วนมากจะมี 3 พู สีเขียวอ่อน เวลาสุกแก่จัดจะมีสีเหลือง อายุของผลสบู่ดำตั้งแต่ออกดอกถึงผลแก่ ประมาณ 60 – 90 วัน

เมล็ดสบู่ดำ เป็นเมล็ดมีสีดำ ขนาดเล็กกว่าเมล็ดละหุ่งพันธุ์ลายขาวดำเล็กน้อย สีตรงปลายเมล็ดมีจุดสีขาวเล็ก ๆ ติดอยู่ ความยาวประมาณ 1.7 – 1.9 เซนติเมตร หนาประมาณ 0.8 – 0.9 เซนติเมตร น้ำหนัก 100 เมล็ด ประมาณ 69.8 กรัม



(ก) (ข) (ค) (ง)

รูปที่ 2.7 ลักษณะของสบู่ดำ(ก) ต้น (ข) ดอก (ค) ผล (ง) เมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
107875

องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดสบู่ดำ แสดงในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดสบู่ดำ

เมล็ด 100 กรัม	**ปริมาณ (กรัม)**
น้ำ	6.6
โปรตีน	18.2
ไขมัน	38.0
คาร์โบไฮเดรต	33.5
เส้นใย	15.5
เถ้า	4.5

(http://www.m-industry.go.th/min/intro/province/Nongbualamphu/plan/biodesel_01.htm)

2.3.2 การขยายพันธุ์สบู่ดำ (http://www.dede.go.th/dede/index.php?id=43)

1. การเพาะเมล็ด

เมล็ดสบู่ดำไม่มีระยะพักตัว สามารถเพาะในถุงเพาะหรือกระบะทราย จนได้อายุประมาณ 2 เดือน จึงนำไปปลูก สำหรับต้นที่ได้จากการเพาะเมล็ด จะให้ผลผลิตได้ประมาณ 8 – 10 เดือนหลังปลูก

2. การปักชำ

ต้องคัดท่อนพันธุ์ที่มีสีเขียวปนน้ำตาลเล็กน้อย หรือกิ่งที่ไม่อ่อนและแก่เกินไป ความยาว 50 เซนติเมตร โดยปักลงในถุงเพาะหรือกระบะทรายก็ได้ ใช้เวลาปักชำประมาณ 2 เดือน จึงนำไปปลูก โดยจะให้ผลผลิตหลังปลูก ประมาณ 6 – 8 เดือน

3. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

ปัจจุบันกรมวิชาการเกษตรได้ทำการขยายพันธุ์โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้ ซึ่งได้ผลเหมือนกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชชนิดอื่นทั่วไป

2.3.3 ประโยชน์จากสบู่ดำ (http://www.doa.go.th/fieldcrops/phinut/util/index.htm)

1. น้ำยางจากก้านใบ

- น้ำยางจากก้านใบใช้รักษาโรคปากนกกระจอก ห้ามเลือด แก้ปวดฟัน
- ผสมน้ำนมมารดากวาดป้ายลิ้น เด็กที่เป็นฝ้าขาว หรือคอเป็นตุ่ม

2. ลำต้น

- ปลูกเป็นแนวรั้วป้องกันสัตว์เลี้ยง เช่น โค กระบือ ม้า แพะ เข้าทำลายผลผลิต
- ทำไม้อัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทำกระดาษ
- ตัดเป็นท่อนต้มให้เด็กกินแก้โรคซางหรือตาลขโมย หรือแช่น้ำอาบแก้โรคพุพอง
- เปลือกต้นใช้ทำสีย้อมผ้า สกัดเอาสารแทนนินมาใช้ในอุตสาหกรรมฟอกหนัง

3. เมล็ด

- ใช้หีบเป็นน้ำมัน ใช้ทดแทนน้ำมันดีเซล
- สกัดน้ำมันจากเมล็ดโดยตรง ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล
- น้ำมันจากเมล็ดผลิตเป็นไบโอดีเซล ใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลทั่วไปได้โดยตรงหรือผสมกับน้ำมันดีเซลตามอัตราที่ต้องการ
- กลีเซอรอล ผลพลอยได้จากการผลิตไบโอดีเซล ใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมยาและเครื่องสำอาง
- เมล็ดใช้เป็นยาถ่าย ยาระบาย
- น้ำมันจากเมล็ดใช้ทาแก้โรคผิวหนังหรือผิวหนังอักเสบ บรรเทาอาการปวดข้ออันเนื่องมาจากรูมาตอยด์
- น้ำมันและสารสกัดจากน้ำมัน สามารถนำมาใช้กำจัดศัตรูพืช เช่น หนอนเจาะสมอฝ้าย ศัตรูผัก สารสกัดเมทานอลจากสบู่ดำ ซึ่งประกอบด้วยสารพิษบางชนิด มีการทดลองนำมาใช้ควบคุมพยาธิในหอยที่นำมาบริโภค
- มีสารพิษ Curcin มีฤทธิ์เหมือนสลอด เมื่อกินเข้าไปแล้วจะทำให้ท้องเดิน

4. เปลือก

- วัสดุเพาะชำ
- ทำปุ๋ยหมัก
- ทำน้ำหมักชีวภาพ
- ทำเชื้อเพลิง

5. ใบ

- ใช้เลี้ยงไหมอีรี่
- ใช้ทำปุ๋ยอินทรีย์

6. กากจากการบีบน้ำมัน

- ใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ โดยใช้กากที่เหลือจากการหีบน้ำมัน ซึ่งมีธาตุอาหารหลักมากกว่าปุ๋ยหมักและมูลสัตว์หลายชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Sirisoomboon *et al.* (2007) ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของส่วนต่าง ๆ ของสบู่ดำ ได้แก่ ผล เมล็ด และ เปลือกของสบู่ดำ เพื่อประโยชน์ในการออกแบบอุปกรณ์ในการสกัดน้ำมันออกจากเมล็ดสบู่ดำ โดยคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น เปอร์เซนต์ความชื้น, อัตราส่วนน้ำหนัก ขนาดและรูปร่าง พื้นที่ผิว (mm^2) พื้นที่ผิวจำเพาะ (mm^2/cm^3) และคุณสมบัติทางเคมี เช่น จุดแตกหัก (mm) แรงที่ทำให้เกิดการแตกหัก (N) และพลังงานที่ใช้ (N) ของผล เมล็ด และเปลือกของสบู่ดำ จากผลการทดลองพบว่า เมล็ดของสบู่ดำประกอบด้วยน้ำมันที่สามารถนำมาสกัดทำน้ำมันดีเซลได้

จุไรวัลย์ และคณะ (2550 ก) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตน้ำส้มควันไม้จากขี้เลื่อยยางพารา โดยขี้เลื่อยไม้ยางพาราจากโรงงานเฟอร์นิเจอร์จะถูกนำไปผ่านการร่อนด้วยตะแกรงเพื่อคัดขนาดและถูกนำไปทดสอบหาความชื้นและองค์ประกอบโดยวิธี proximate analysis จากนั้นนำ ขี้เลื่อยเข้าสู่ ถังปฏิกรณ์ (reactor) เพื่อทำการกลั่นสลายไม้ที่อุณหภูมิ 300 – 500 องศาเซลเซียส ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน เป็นสารหล่อเย็น น้ำส้มควันไม้ดิบที่เก็บได้จะถูกนำไปหาผลผลิตที่ได้ พีเอช และค่าความถ่วงจำเพาะ รวมทั้งการหาองค์ประกอบที่สำคัญในน้ำส้มควันไม้ จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิมีผลต่อผลผลิตที่ได้ แต่หากอุณหภูมิสูงเกินไปแล้ว คุณภาพของน้ำส้มควันไม้จะลดลงเพราะมีการปนเปื้อนของทาร์ในน้ำส้มควันไม้สูงมาก นอกจากนี้ค่าพีเอชมีแนวโน้มเป็นกรดมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ในขณะที่ความถ่วงจำเพาะ ของน้ำส้มควันไม้ที่เก็บจากเตาเผาโดยตรงมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น สำหรับน้ำส้มควันไม้ดิบที่ผ่านการแยกเบื้องต้นจะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อหาช่วงอุณหภูมิเดือด โดยใช้ ASTM D-86 พบว่าช่วงอุณหภูมิเดือดเป็น 98 – 118 องศาเซลเซียส สำหรับการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีเพื่อหาชนิดและองค์ประกอบทางเคมีจะใช้เครื่อง GC-MS โดยผลจากการทดลองเบื้องต้นพบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการเก็บน้ำส้มควันไม้จากขี้เลื่อยไม้ยางพารา ควรมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 350-400 องศาเซลเซียส โดยมีปริมาณเฉลี่ยของกรดอะซิติก 93.847 – 126.471 กรัมต่อลิตร เมทานอล 0.412 – 1.769 กรัมต่อลิตร อะซิโตน 0.013-0.024 กรัมต่อลิตร และฟีนอล 0.097 – 0.100 กรัมต่อลิตร

จุไรวัลย์ และคณะ (2550 ข) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตน้ำส้มควันไม้จากขี้เลื่อยยางพารา โดยขี้เลื่อยไม้ยางพาราจากโรงงานเฟอร์นิเจอร์จะถูกนำไปผ่านการร่อนด้วยตะแกรงเพื่อคัดขนาดและถูกนำไปทดสอบหาความชื้นจากนั้นนำเข้าสู่ ถังปฏิกรณ์ (reactor) เพื่อทำการกลั่นสลายไม้ที่อุณหภูมิ 300 – 500 องศาเซลเซียส ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน สำหรับทาร์และก๊าซที่ได้จากการกลั่นสลายไม้จะนำเข้าเครื่องควบแน่นที่ใช้น้ำเป็นสารหล่อเย็น น้ำส้มควันไม้ที่เก็บได้จะถูกนำไปหาผลผลิต ค่าความถ่วงจำเพาะ และพีเอช รวมทั้งการหาองค์ประกอบเคมีที่สำคัญในน้ำส้มควันไม้ จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิมีผลต่อผลผลิตที่ได้ แต่หากอุณหภูมิสูงเกินไปแล้ว คุณภาพของน้ำส้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควันไม้จะลดลงเพราะมีการปนเปื้อนของทาร์ในน้ำส้มควันไม้สูงมาก ค่าพีเอชมีความเป็นกรดมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ในขณะที่ความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้ที่เก็บจากเตาเผามีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น สำหรับการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสารเคมีจะใช้เครื่อง GC-MS และ GC โดยผลจากการทดลองเบื้องต้นพบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการเก็บน้ำส้มควันไม้จากขี้เลื่อยไม้ยางพาราควรมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 350-400 องศาเซลเซียส โดยมีปริมาณเฉลี่ยของสารเคมีที่วิเคราะห์ มีดังนี้ กรดอะซิติก 93.847 – 126.471 กรัมต่อลิตร เมทานอล 0.412 – 1.769 กรัมต่อลิตร อะซิโตน 0.013-0.024 กรัมต่อลิตร และฟีนอล 0.097 – 0.100 กรัมต่อลิตร เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC/MS จะพบได้ว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ชนิดสารเคมีอื่นๆในน้ำส้มควันไม้จะเพิ่มมากขึ้น โดยมีกรดอะซิติกเป็นองค์ประกอบหลักในน้ำส้มควันไม้ทุกช่วงอุณหภูมิ

Yoshihiko *et al.* (2006) น้ำส้มควันไม้ที่ทำการวิเคราะห์มีค่า pH อยู่ระหว่าง 2.5 ถึง 2.8 และมีสารประกอบอินทรีย์ประมาณ 2.3 ถึง 4.6 % (w/w) ทำการวิเคราะห์หาสารระเหยอินทรีย์โดยใช้เครื่อง GC/MS ผลการวิเคราะห์พบ Acetic acid, 3-methyl-1,2-cyclohexadione, Guaiacol, P-cresol, และพบ Syringol เป็นสารที่ทำให้เกิดกลิ่นในน้ำส้มควันไม้

Akio *et al.* (1987) สารระเหยใน Pyroligneous liquids จาก Karamatsu และ Chishima-sasa ถูกวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค GC/MS พบสารระเหย 118 ชนิดเมื่อสกัดโดยใช้ด่าง Cyclic and Acyclic ketones, อนุพันธ์ของ Pyridine, Pyrazine และอนุพันธ์ของ Furan เป็นสารที่ให้กลิ่นในน้ำส้มควันไม้ และพบสารระเหย 69 ชนิดเมื่อสกัดโดยใช้กรด โดยองค์ประกอบหลักที่พบในน้ำส้มควันไม้ได้แก่ กลุ่มของ Carboxylic acids และ สารประกอบ Phenol

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 อุปกรณ์เครื่องมือและสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบและสารเคมี

1. เปลือกสบู่ดำที่เหลือทิ้งจากกระบวนการสกัดน้ำมันไบโอดีเซล ได้รับความอนุเคราะห์จากกลุ่มผู้ปลูกสบู่ดำ จ.ชัยนาท
2. กรดอะซิติก (Acetic acid) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagent ประเทศอิตาลี
3. กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagent ประเทศอิตาลี
4. กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagent ประเทศอิตาลี
5. เอทานอล (Ethanol) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagent ประเทศอิตาลี
6. เบนซีน (Benzene) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagent ประเทศอิตาลี
7. โซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagent ประเทศอิตาลี
8. ออซินอล รีเอเจนต์ (Orcinol reagent) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagent ประเทศอิตาลี

3.1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร
2. ตู้อบ (Dry Oven)) รุ่น A007307 Fisher Scientific ประเทศเยอรมันนี
3. ตู้ดูดความชื้นอัตโนมัติ (Desiccator) รุ่น CM-3 Sanplatec Corporation ประเทศเยอรมันนี
4. เตาเผา (Muffle Furnace) รุ่น P320 Nabertherm ประเทศ เยอรมันนี
5. เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ-แมสสเปคโตโฟโตมิเตอร์ (Gas Chromatograph -Mass Spectrophotometer, GC-MS) รุ่น GC – G1530N, MS – G2573A Agilent ประเทศสหรัฐอเมริกา
6. เครื่องชั่ง (Balance) ชนิดละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง รุ่น TC-254 Denver Instrument Company ประเทศเยอรมันนี
7. เครื่อง UV visible spectrophotometer รุ่น UVA 121915 Helivs Alpha ประเทศเยอรมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. Soxhlet บริษัท Lab system ประเทศไทย
9. เครื่องวัดพีเอช รุ่น 215 ยี่ห้อ Denver บริษัท Instrument Company ประเทศเยอรมันนี
10. เครื่องวัดอุณหภูมิ Thermocouple Type K รุ่น SMPW-K-M บริษัท ว.ทวีพัฒนา จำกัด ประเทศไทย
11. นาฬิกาจับเวลา
12. ครูซิเบิล (Crucible) พร้อมฝาปิด
13. Sinter glass crucible เบอร์ 3
14. อุปกรณ์เครื่องแก้วต่างๆ

3.2 การดำเนินการวิจัย

3.2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

รูปที่ 3.1 เปลือกสบู่ดำ

เปลือกสบู่ดำ (รูปที่ 3.1) ที่ใช้ในการศึกษาเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการสกัดน้ำมันไบโอดีเซล ได้รับความอนุเคราะห์จากกลุ่มผู้ปลูกสบู่ดำ จังหวัด ชัยนาท เก็บตัวอย่างโดยใส่ในถุงพลาสติกสีดำ ทำการมัดปากถุงให้แน่น แล้วขนส่งกลับมายังห้องทดลอง นำมาผึ่งให้แห้งประมาณ 2-3 วัน วัดปริมาณความชื้นให้อยู่ประมาณ 25 $\pm$ 5% แล้วเก็บใส่ถุงเหมือนเดิม และมัดปากถุงให้แน่น เพื่อนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การศึกษาคุณลักษณะทางด้านกายภาพและเคมีของเปลือกสบู่ดำ

เปลือกสบู่ดำที่ได้จากข้อ 3.2.1 นำมาบดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 12 เมช แล้วนำไปศึกษาคุณลักษณะทางด้านกายภาพและเคมีของเปลือกสบู่ดำ ดังแสดงในตารางที่ 3.1 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก)

ตารางที่ 3.1 ศึกษาคุณลักษณะทางด้านกายภาพและเคมีของเปลือกสบู่ดำ

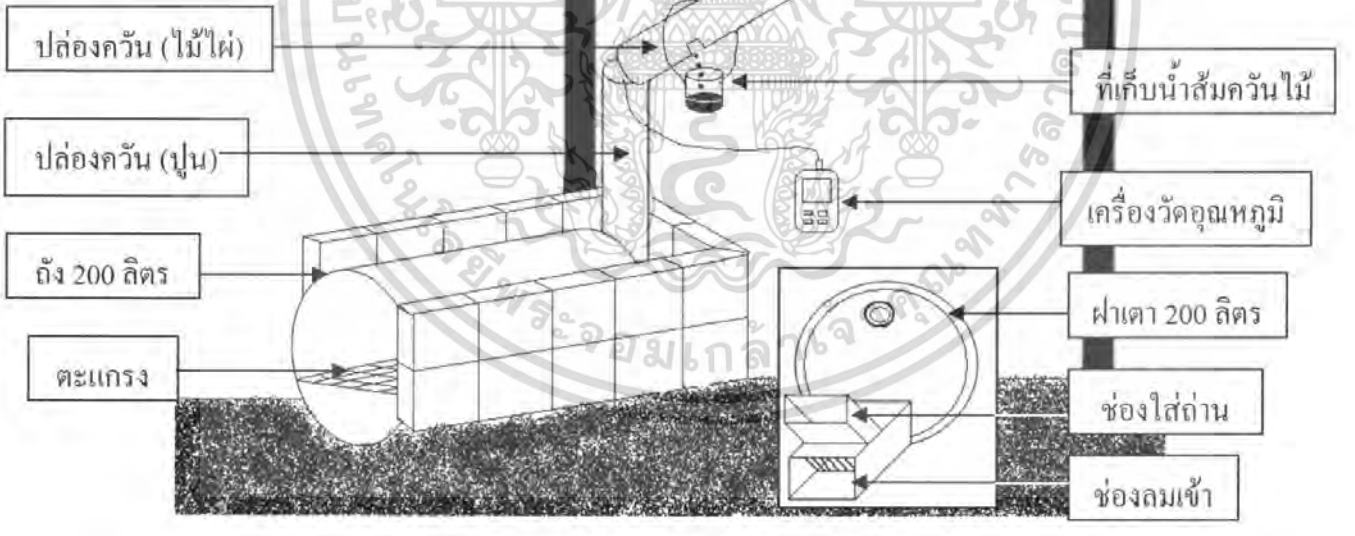
พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
ศึกษาคุณลักษณะทางด้านกายภาพ	
- ความชื้น (Moisture content)	ASTM D3173
- เถ้า (Ash content)	TAPPI T211 om-88
ศึกษาคุณลักษณะทางด้านเคมี	
- สารระเหย (Volatile matter)	ASTM D3175
- เตรียมตัวอย่างไม้ที่ปราศจากสารแทรก	TAPPI T264 Om-97
- สารแทรก	TAPPI T204 Om-88
- เพนโตแซน	TAPPI T223 cm-84
- โฮโลเซลลูโลส	วิธี Acid chlorite ของ Browingใน Method of Wood Chemistry
- ลิกนิน	TAPPI T222 om-98

3.2.3 การทำน้ำส้มควันไม้

1) นำเปลือกสบู่ดำที่ตากแห้งแล้ว มาชั่งน้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนัก
2) นำเปลือกสบู่ดำที่ชั่งน้ำหนักแล้วมาใส่ลงในเตาเผาถ่านแบบแนวนอน ขนาด 200 ลิตร (รูปที่ 3.2)
3) นำเครื่องวัดอุณหภูมิ Thermocouple ไปใส่ไว้ตรงปากปล่อง เพื่อวัดอุณหภูมิที่ปากปล่อง
4) ปิดฝาเตา นำถ่านและเชื้อไฟใส่ลงในช่องใส่ถ่าน และทำการจุดไฟ ใส่ถ่านลงไปเรื่อยๆ และดันถ่านที่ติดไฟแล้วเข้าไปด้านใน (ช่วงนี้ยังไม่ต้องเอาปล่องไม้ไผ่มาวางบนปล่องปูนรอจนให้สบู่ดำติดไฟก่อน)
5) เมื่อเปลือกสบู่ดำภายในเตาติดไฟ ซึ่งสังเกตได้จากอุณหภูมิที่ปากปล่องเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ให้หยุดใส่ถ่าน และนำปล่องไม้ไผ่มาวาง เพื่อให้ควันที่ออกมาถูกควบแน่น และเริ่มทำการเก็บน้ำส้มควันไม้จากช่องที่เจาะไว้ที่ปล่องไม่ไผ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) เก็บน้ำส้มควันไม้ โดยนำขวดพลาสติก(PET)ไปรองที่ช่องของปล่องไม้ไผ่ที่เจาะไว้ โดยแบ่งช่วงเวลาการเก็บออกเป็น 4 ช่วง (www.ata.or.th/projects/ashram/ashram-vinegar.htm) คือ ช่วงที่ 1 ตั้งแต่เริ่มกลั่นน้ำส้มควันไม้ จนกระทั่งอุณหภูมิปากปล่องเท่ากับ 80°C ช่วงที่ 2 ระหว่างอุณหภูมิปากปล่อง 80 °C ถึง 90 °C ช่วงที่ 3 ระหว่างอุณหภูมิปากปล่อง 90 °C ถึง 120 °C และช่วงที่ 4 ตั้งแต่อุณหภูมิ 120 °C จนกระทั่งไม่มีน้ำส้มควันไม้
7) เก็บน้ำส้มควันไม้ไปศึกษาคุณบัติทางกายภาพ และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่อง GC-MS โดยใช้เทคนิค SPME
8) รอให้เตาเย็น ประมาณ 24 ชั่วโมง
9) เปิดเตา แล้วนำถ่านที่ได้มาชั่งน้ำหนัก



รูปที่ 3.2 เตาเผาแบบแนวนอน ขนาด 200 ลิตร

3.2.4 ศึกษาคุณลักษณะทางด้านกายภาพของน้ำส้มควันไม้

น้ำส้มควันไม้ที่ได้จากข้อ 3.2.3 นำไปวัดปริมาตรที่ได้และศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้ ดังแสดงในตารางที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

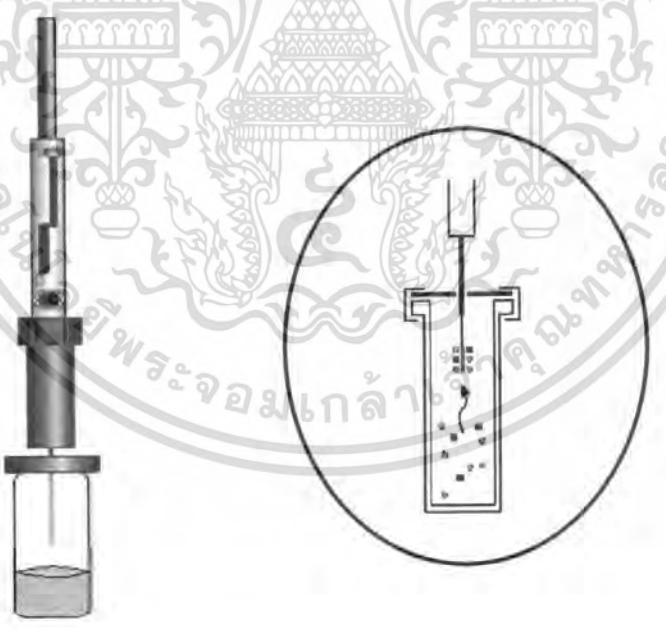
ตารางที่ 3.2 วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพของน้ำส้มควันไม้

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
กลิ่น	ดม
pH	pH meter
ความขุ่น	UV Visible Spectrophotometer

3.2.5 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้

ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ โดยใช้เทคนิค SPME-GC-MS ตามวิธีของ Dias และ Freeman (1997) ดังนี้

1) นำน้ำส้มควันไม้ 1 มิลลิลิตร ใส่ในขวด Vial (ที่มีฝาแบบ Septum) จากนั้น ปิดฝาขวด แล้วตั้งบนเครื่องให้ความร้อน ที่อุณหภูมิประมาณ 40 °C
2) นำ SPME fiber ชนิด 65 µm/DVB carbowax เสียบผ่าน septum ให้ปลาย fiber อยู่ห่างตัวอย่าง ประมาณ 2 เซนติเมตร นาน 20 นาที (รูปที่ 3.3)
3) นำ fiber ไปฉีดเข้าเครื่อง GC-MS โดยใช้สภาวะที่แสดงในตารางที่ 3.3



รูปที่ 3.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำส้มควันไม้โดยใช้เทคนิค SPME

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 สภาวะในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ-แมสสเปคโตโฟรโตมิเตอร์ (GC-MS)

พารามิเตอร์	สภาวะในการเดินระบบ
SPME	65 μm Stableflex PDMS/DVB, 25 mins stirring (USA) (Dias และ Freeman, 1997)
Gas Chromatograph	Agilent Technologies รุ่น 6890N
Column	DB-FFAP coating Nitroterephthalic acid-modified polyethylene glycol, 30 m x 0.25 mm i.d. x 0.5 μm (film thickness) column (fused-silica capillary column) (J&W Scientific , USA)
Temperature Program	Injector temperature : 230 °C Oven temperature : 50 °C (initial temperature), holding at 50 °C for 8 mins, to 160 °C at 4 °C/min, holding at 160 °C for 1 min
He carrier gas	Flow rate 1 ml/min (99.999 % purity) (Praxair Co., Ltd.)
Mass Spectrometer Detector (MSD)	Agilent Technologies รุ่น 5973N
Mode	EI Mode
Mass Range / Scan Speed	30 – 500 amu / 3.12 sec.
Transfer Line Temperature	180 °C
Filament/ Multiplier Delay	-
Detector Temperature	160 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 ผลการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของวัตถุดิบ

ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของเปลือกสบู่ดำซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำส้มควันไม้ แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของเปลือกสบู่ดำ

คุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของเปลือกสบู่ดำ	ร้อยละ
คุณลักษณะทางกายภาพ	
1. ความชื้น	27.08 ±0.035
2. เถ้า	62.57 ±0.106
คุณลักษณะทางเคมี	
1. สารแทรก	8.18 ±1.047
2. เพนโตแซน	0.635 ±0.436
3. โฮโลเซลลูโลส	13.70 ±.0.764
4. ลิกนิน	5.58 ±1.633
5. สารระเหย	87.26 ±0.191

จากผลการทดลอง พบว่าเปลือกสบู่ดำมีความชื้น ร้อยละ 27.08 สารแทรก ร้อยละ 8.18 เพนโตแซน ร้อยละ 0.635 โฮโลเซลลูโลส ร้อยละ 13.70 ลิกนิน ร้อยละ 5.58 เถ้า ร้อยละ 62.57 และสารระเหย ร้อยละ 87.26 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข) จากการที่เปลือกสบู่ดำ มีเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินเป็นองค์ประกอบ ซึ่งสามารถถูกไพโรไลส์กลายเป็นกรดอินทรีย์ แอลกอฮอล์ และฟีนอลที่เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำส้มควันไม้ (http://www.charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/brickkiln5.php) ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้ที่จะใช้เปลือกสบู่ดำเป็นสารตั้งต้นในการผลิตน้ำส้มควันไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้

ตารางที่ 4.2 ปริมาณถ่านและน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากกระบวนการเผาเปลือกสบู่ดำ เปรียบเทียบกับไม้สด

พารามิเตอร์	เปลือกสบู่ดำ		ไม้สด (จิระพงษ์, 2550)	
	น้ำหนักแห้ง	ต่อกิโลกรัมวัตถุดิบ	น้ำหนักแห้ง	ต่อกิโลกรัมวัตถุดิบ
น้ำหนักเริ่มต้น	5.833 กก.	1 กก.	80 กก.	1 กก.
ถ่าน	3 กก.	0.514 กก.	15 กก.	0.188 กก.
น้ำส้มควันไม้	12.1 มล.	1.51 มล.	2,000 มล.	25 มล.

จากผลการทดลองพบว่า เปลือกสบู่ดำ 5.833 กิโลกรัม เมื่อผ่านกระบวนการเผาถ่านโดยใช้เตาเผาแนวนอนขนาด 200 ลิตร จะได้ถ่าน 3 กิโลกรัม และปริมาณน้ำส้มควันไม้ 12.1 มิลลิลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตน้ำส้มควันไม้จากไม้สด พบว่าไม้สด 80 กิโลกรัม จะได้น้ำส้มควันไม้ 2,000 มิลลิลิตร และถ่าน 15 กิโลกรัม (จิระพงษ์, 2550) เมื่อคิดเป็นสัดส่วนต่อกิโลกรัมวัตถุดิบ พบว่าปริมาณถ่านที่ได้จากการเผาเปลือกสบู่ดำมีปริมาณมากกว่าการเผาถ่านจากไม้สด ดังแสดงในตารางที่ 4.2 ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวไม่สอดคล้องกับปริมาณเซลลูโลสและลิกนินในองค์ประกอบสบู่ดำที่พบในปริมาณที่น้อยกว่าในไม้สด (จิระพงษ์, 2550) อย่างไรก็ตาม ปริมาณถ่านที่ได้จากการเผาไม้ นอกจากจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของเนื้อไม้แล้ว ยังขึ้นกับชนิดของเตาเผาถ่านด้วย

ปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการเผาเปลือกสบู่ดำได้ปริมาณที่น้อยกว่าปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากไม้สด เนื่องจากปริมาณของเฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส และลิกนิน มีปริมาณที่น้อยกว่าไม้สด (วิขัณฑ์, 2006) นอกจากนี้ วิธีการเก็บน้ำส้มควันไม้โดยใช้เตาเผาแบบแนวนอนในการทดลองนี้ พบว่าควันที่เกิดขึ้นอาจหลุดลอดออกทางข้อต่อของท่อควบแน่นน้ำส้มควันไม้ ทำให้สารระเหยบางตัวไม่ถูกควบแน่นกลายเป็นน้ำส้มควันไม้ จึงได้ปริมาณน้ำส้มควันไม้น้อยกว่าความเป็นจริง ดังนั้น ควรเปลี่ยนท่อควบแน่นน้ำส้มคันไม้ใหม่ นอกจากนี้ เปลือกสบู่ดำยังมีความหนาแน่นต่ำ ทำให้เปลือกสบู่ดำถูกเผาในปริมาณเพียงเล็กน้อยต่อการเผาหนึ่งเตา จึงควรเพิ่มปริมาณเปลือกสบู่ดำโดยนำไปทำเชื้อเพลิงอัดแท่งก่อนการเผา เพื่อเพิ่มปริมาณวัสดุเริ่มต้น ทำให้ได้น้ำส้มควันไม้เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากเปลือกสบู่ดำ

สารระเหยที่ควบแน่นเป็นของเหลวจะถูกเก็บตามช่วงอุณหภูมิ 4 ช่วง ได้แก่ ช่วงอุณหภูมิ 58-80 องศาเซลเซียส, 80-90 องศาเซลเซียส, 90-120 องศาเซลเซียส และ120-295 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณของเหลวที่ได้ในแต่ละช่วง มีปริมาณแตกต่างกัน คือ ในช่วงอุณหภูมิ 58-80 องศาเซลเซียส สามารถเก็บของเหลวได้ปริมาณ 102.5 มิลลิลิตร และในช่วงอุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส เก็บของเหลวได้ปริมาณ 25 มิลลิลิตร ของเหลวที่ได้จากทั้ง 2 ช่วงนี้ไม่นับว่าเป็นน้ำส้มควันไม้ เนื่องจากองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นน้ำที่เกิดจากการระเหยความชื้นในเนื้อไม้ออกมา สังเกตได้จากสีของควันที่ยังเป็นสีขาวขุ่น สีของของเหลวที่ได้เป็นสีน้ำตาลดำ และกลิ่นไม่ฉุน (ตารางที่ 4.3)

ส่วนของเหลวที่ถูกเก็บในช่วงอุณหภูมิ 90-120 องศาเซลเซียส และ120-295 องศาเซลเซียส จะได้ 10 มิลลิลิตร และ 2.1 มิลลิลิตร ตามลำดับ ของเหลวที่ได้ในช่วงอุณหภูมินี้ จัดเป็นน้ำส้มควันไม้ เนื่องจากเกิดการสลายตัวขององค์ประกอบในเนื้อไม้ ทำให้สีควันมีลักษณะเป็นสีขาวอมเหลือง และของเหลวที่ได้เป็นสีน้ำตาลใส มีกลิ่นควันไม้ (ตารางที่ 4.3) ซึ่งสอดคล้องกับการผลิตน้ำส้มควันไม้โดยทั่วไป (http://www.ata.or.th/projects/ashram/ashram-vinegar.htm) pH ของน้ำส้มควันไม้ที่ได้ในช่วงอุณหภูมิ 90-120 องศาเซลเซียส และ120-295 องศาเซลเซียส เท่ากับ 5.85 และ 5.79 ตามลำดับ ซึ่งน้ำส้มควันไม้โดยทั่วไป มีค่า pH 1.5-3.7 (http://www.trf.or.th/file/Wood_vinegar.ppt) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในการควบแน่นของน้ำส้มควันไม้มีการหลุดลอดของสารระเหย และองค์ประกอบส่วนใหญ่ในน้ำส้มควันไม้ที่ได้เป็นน้ำ

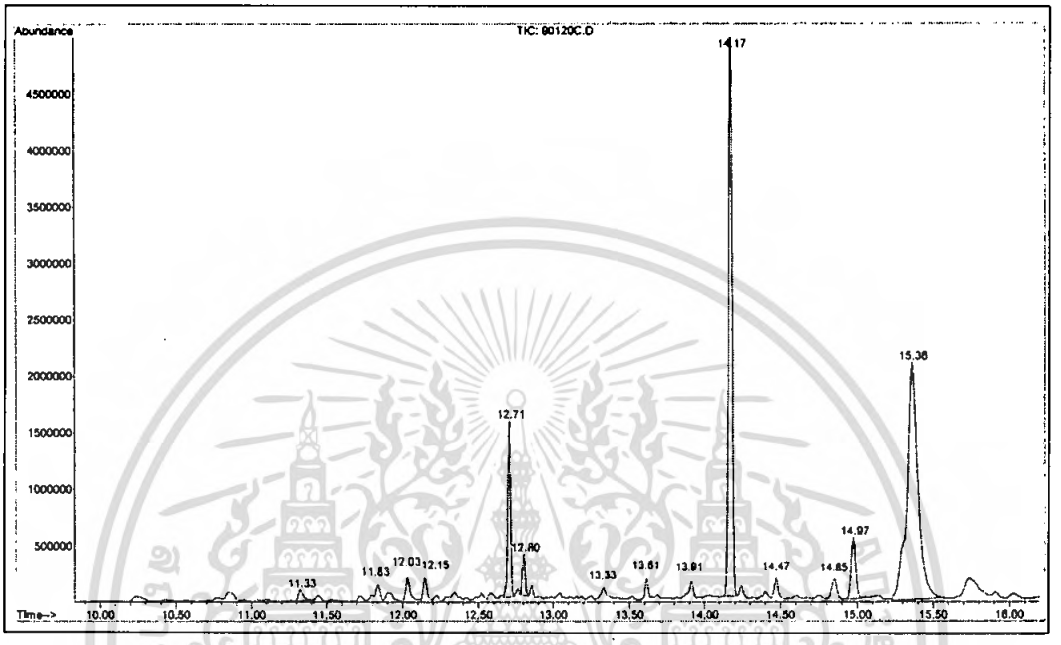
ตารางที่ 4.3 ปริมาณและลักษณะทางกายภาพของเหลวที่ได้จากการเผาจากเปลือกสบู่ดำ

พารามิเตอร์	ช่วงอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			
	58-80	80-90	90-120	120-295
1. สีควัน	สีขาวขุ่น	สีขาวขุ่น	สีขาวอมเหลือง	สีขาวอมเหลือง
2. ปริมาณ (มิลลิลิตร)	102.5	25.0	10.0	2.1
3. pH	6.15	5.20	5.85	5.79
4. สีของน้ำส้มควันไม้	สีน้ำตาลดำ	สีน้ำตาลดำ	น้ำตาลใส	น้ำตาลใส
5. กลิ่นของน้ำส้มควันไม้	กลิ่นไม่ฉุน และเหม็นไหม้เล็กน้อย	กลิ่นไม่ฉุน และเหม็นไหม้เล็กน้อย	กลิ่นฉุน และเหม็นไหม้	กลิ่นฉุน และเหม็นไหม้
6. ความขุ่น	ขุ่น	ขุ่น	ใส	ใส

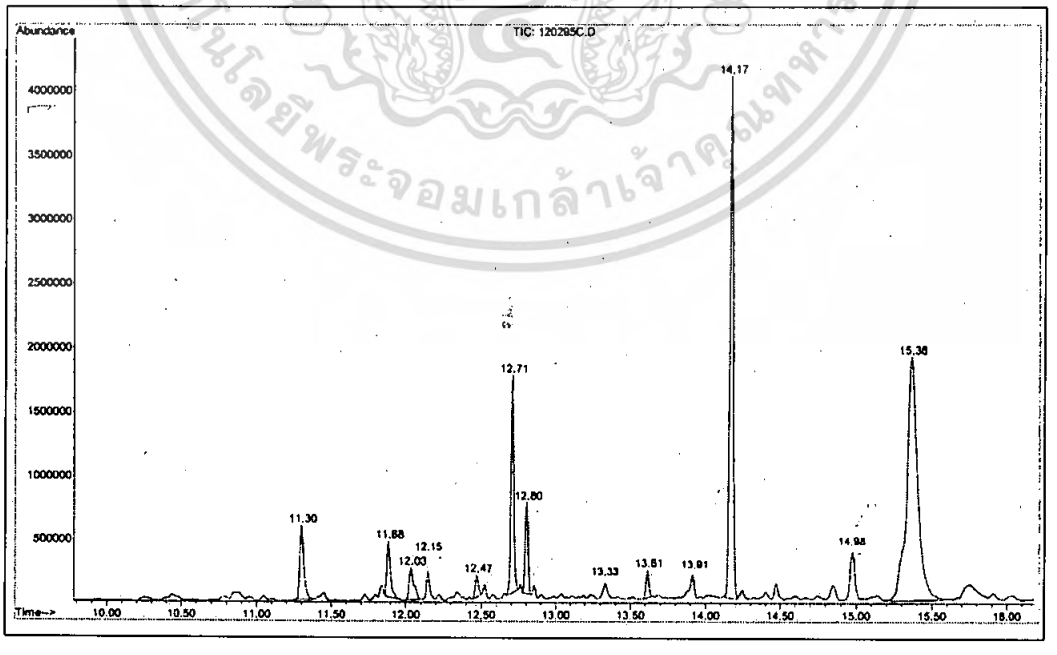
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ จากเปลือกสบู่ดำ

รูปที่ 4.1 และ4.2 แสดงตัวอย่างโครมาโตแกรมของน้ำส้มควันไม้จากเปลือกสบู่ดำ ที่เก็บในช่วงอุณหภูมิ 90-120 และ 120-295 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งการทดลองนี้ วิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำส้มควันไม้โดยใช้เทคนิค SPME-GC-MS



รูปที่ 4.1 โครมาโตแกรมของน้ำส้มควันไม้จากเปลือกสบู่ดำ ที่เก็บในช่วงอุณหภูมิ 90-120 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.2 โครมาโตแกรมของน้ำส้มควันไม้จากเปลือกสบู่ดำ ที่เก็บในช่วงอุณหภูมิ 120-295 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 และ4.5 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้จากเปลือกสบู่ดำ ที่เก็บในช่วงอุณหภูมิ 90-120 และ 120-295 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งการทดลองนี้ วิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำส้มควันไม้โดยใช้เทคนิค SPME-GC-MS

ตารางที่ 4.4 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้จากเปลือกสบู่ดำ ที่เก็บในช่วงอุณหภูมิ 90-120 องศาเซลเซียส

Peak	Retention time (min)	Name	Peak Area	% of total
1	11.325	Acetic acid	167425	0.681
2	11.832	Ethanone,1-(2-Furanyl)-	207268	0.843
3	12.032	2-Cyclopenten-1-one,3-methyl-	349488	1.422
4	12.706	2-Furanmethanol	2060016	8.380
5	12.804	2(3H)-Furanone,dihydro-	490090	1.994
6	13.332	1-(1-Cyclopentenyl)-1-propanol	282826	1.151
7	13.613	3,5-Dimethyl cyclopentenolone	255864	1.041
8	13.915	2-Cyclopenten-1-one,2-hydroxy	335728	1.366
9	14.169	Phenol,2-methoxy-	7987672	32.495
10	14.471	Phenol,2,5-dimethyl	294940	1.200
11	14.848	Benzyl nitrile	422299	1.718
12	14.973	2-Methoxy-4-methylphenol	1163599	4.734
13	15.356	Phenol	10203707	41.510

จากตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้จากเปลือกสบู่ดำ ที่เก็บในช่วงอุณหภูมิ 90-120 องศาเซลเซียส โดยใช้เทคนิค SPME-GC-MS พบว่ามีปริมาณของ Phenol ร้อยละ 41.510, Phenol,2-methoxy- ร้อยละ 32.495, 2-Furanmethanol ร้อยละ 8.380, 2-Methoxy-4-methylphenol ร้อยละ 4.734, 2(3H)-Furanone, dihydro- ร้อยละ 1.994 , Benzyl nitrile ร้อยละ 1.718, 2-Cyclopenten-1-one,3-methyl- ร้อยละ 1.465, -Cyclopenten-1-one,3-methyl-ร้อยละ 1.422, 2-Cyclopenten-1-one,2-hydroxy ร้อยละ 1.366, Phenol,2,5-dimethyl ร้อยละ 1.200, 1-(1-Cyclopentenyl)-1-propanol ร้อยละ 1.151, Ethanone,1-(2-Furanyl)-ร้อยละ 0.843 และ Acetic acid ร้อยละ 0.681 , 3,5-Dimethyl cyclopentenolone ร้อยละ 1.041

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.5 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้จากเปลือกสบู่ดำ ที่เก็บในช่วงอุณหภูมิ 120-295 องศาเซลเซียส

Peak	Retention time (min)	Name	Peak Area	% of total
1	11.298	Acetic acid	1128871	4.876
2	11.881	Propanoic acid,2-methyl-	756126	3.266
3	12.145	2,3 Dimethyl-2-cyclopenten-1-one	334606	1.445
4	12.469	Butanoic acid	269836	1.165
5	12.706	2-Furanmethanol	2299345	9.931
6	12.804	2(3H)-Furanone,dihydro-	958969	4.142
7	13.332	2-Furancarboxaldehyde,5-	257869	1.114
8	13.613	3,5-Dimethylcyclopentenolone	296234	1.280
9	13.915	2-Cyclopenten-1-one,2-hydroxy-3-methyl-	385354	1.664
10	14.169	Phenol,2-methoxy-	6174510	26.669
11	14.978	2-Methoxy-4-methylphenol	820572	3.544
12	15.361	Phenol	9330239	40.300

จากตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้จากเปลือกสบู่ดำ ที่เก็บในช่วงอุณหภูมิ 120-295 องศาเซลเซียส โดยใช้เทคนิค SPME-GC-MS พบปริมาณของ Phenol ร้อยละ 40.300, Phenol, 2-methoxy- ร้อยละ 26.669, 2-Furanmethanol ร้อยละ 9.931, 2(3H)-Furanone,dihydro- ร้อยละ 4.142, Acetic acid ร้อยละ 4.876, 2-Methoxy-4-methylphenol ร้อยละ 3.544, Propanoic acid, 2-methyl- ร้อยละ3.266, 2-Cyclopenten-1-one,2-hydroxy-3-methyl-ร้อยละ 1.664, 2,3 Dimethyl-2-cyclopenten-1-one ร้อยละ 1.445,3,5-Dimethylcyclopentenolone ร้อยละ 1.280 ,Butanoic acid ร้อยละ 1.165, 2-Furancarboxaldehyde,5- ร้อยละ 1.114 และ Propanoic acid,2-methyl- ร้อยละ 0.603

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.1 และ 4.2 พบว่าโครมาโตแกรมมีชนิดขององค์ประกอบทางเคมีคล้ายคลึงกัน แต่เมื่อเผาเปลือกสบู่ดำที่อุณหภูมิสูงขึ้น จะทำให้ปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้เพิ่มขึ้น เนื่องจากสารในเนื้อไม้มีการสลายตัวมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tasuku et al.(2007) ซึ่งลิกนินในเนื้อไม้จะถูกเปลี่ยนเป็นฟีนอล ส่วนเฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลสจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดอินทรีย์ และแอลกอฮอล์ชนิดต่างๆ (จิระพงษ์, 2550) อย่างไรก็ตาม ในการทำน้ำส้มควันไม้จากไม้ของ Tasuku et al.(2007) จะพบชนิดองค์ประกอบทางเคมีมากกว่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปริมาณลิกนิน เฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลสในเปลือกสบู่ดำมีปริมาณน้อยกว่าในเนื้อไม้สดมาก (วิขัณฑ์, 2550)

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำส้มควันในช่วงอุณหภูมิ 90-120 และ 120-295 องศาเซลเซียส พบว่าทั้ง 2 ช่วง มีปริมาณ Phenol มากที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการวิเคราะห์น้ำส้มควันไม้โดยใช้เทคนิค SPME-GC-MS ทำให้พบปริมาณฟีนอลสูง เนื่องจากฟีนอลสามารถระเหยได้ง่ายกว่ากรดอะซิติก ในงานวิจัยนี้ ใช้เทคนิค SPME-GC-MS ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ เนื่องจากข้อจำกัดของปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 เปลือกสบู่ดำมีความชื้นร้อยละ 27.08, สารแทรกร้อยละ 8.18, เพนโตแซนร้อยละ 0.635, โฮโลเซลลูโลสร้อยละ 13.70, ลิกนินร้อยละ 5.58, เถ้าร้อยละ 62.57 และสารระเหยร้อยละ 87.26 ซึ่งมีคุณสมบัติที่จะนำมาผลิตน้ำส้มควันไม้ได้

5.1.2 เปลือกสบู่ดำเริ่มต้นที่ใช้ 5.833 กิโลกรัมโดยน้ำหนักแห้ง จะได้ปริมาณถ่าน 3 กิโลกรัม และปริมาณของน้ำส้มควันไม้ 12.10 มิลลิลิตร และเมื่อคิดเป็นสัดส่วนต่อกิโลกรัมวัตถุดิบ พบว่าเปลือกสบู่ดำ 1 กิโลกรัม จะได้ถ่าน 0.514 กิโลกรัม และได้น้ำส้มควันไม้ 1.51 มิลลิลิตร ซึ่งปริมาณถ่านที่ได้อยู่ในเกณฑ์ดี ส่วนปริมาณของน้ำส้มควันไม้ที่ได้ยังถือว่าน้อยมาก

5.1.3 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากเปลือกสบู่ดำ พบว่าในช่วงอุณหภูมิ 58-80 องศาเซลเซียส และช่วงอุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส สีของควันที่ยังเป็นสีขาวขุ่น สีของของเหลวที่ได้เป็นสีน้ำตาลดำ และกลิ่นไม่ฉุน จึงไม่นำส่วนนี้มาวิเคราะห์เนื่องจากของเหลวที่ได้มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นน้ำที่เกิดจากการระเหยความชื้นในเนื้อไม้ออกมา ส่วนในช่วงอุณหภูมิ 90-120 องศาเซลเซียส และช่วงอุณหภูมิ 120-295 องศาเซลเซียส สีควันมีลักษณะเป็นสีขาวอมเหลือง น้ำส้มควันไม้มีกลิ่นเหม็นไหม้ที่รุนแรง และของเหลวที่ได้เป็นสีน้ำตาลใส น้ำส้มควันไม้จะถูกเก็บในช่วงนี้ โดยปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่เก็บในช่วงอุณหภูมิ 90-120 องศาเซลเซียส และช่วงอุณหภูมิ 120-295 มีปริมาณน้ำส้มควันไม้ 10 มิลลิลิตร และ 2.1 มิลลิลิตร ตามลำดับ

5.1.4 จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้จากเปลือกสบู่ดำ โดยใช้เทคนิค SPME – GC – MS ที่ช่วงอุณหภูมิ 90-120 และ 120-295 องศาเซลเซียส พบว่าทั้ง 2 ช่วงชนิดขององค์ประกอบคล้ายคลึงกันแต่มีปริมาณขององค์ประกอบต่างกัน พบปริมาณ Phenol มากที่สุด คือ 47.254% และ 43.865% ตามลำดับ ซึ่งต่างกับน้ำส้มควันไม้ตามท้องตลาดที่พบปริมาณของกรดอะซิติกมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรเพิ่มปริมาณของเปลือกสบู่ดำให้มากขึ้น โดยการอัดเปลือกสบู่ดำให้เป็นแท่งก่อนนำไปเผา เพื่อจะได้ปริมาณของน้ำส้มควันไม้มากขึ้น

5.2.2 ควรเปลี่ยนท่อควบแน่นใหม่ เพื่อให้ควันทั้งหมดถูกควบแน่น ทำให้ได้ปริมาณของน้ำส้มควันไม้มากขึ้น

5.2.3 นำน้ำส้มควันไม้จากเปลือกสบู่ดำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอื่น เก็บน้ำส้มควันไม้ที่อุณหภูมิปากปล่อง 4 ช่วง คือ ที่อุณหภูมิ 58-80, 80-90, 90-120 และ120-295 องศาเซลเซียส เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้ กับผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SPME – GC –MS

5.2.4 นำถ่านที่ได้ไปอัดแท่ง แล้วนำไปศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี และเปรียบเทียบกับถ่านอัดแท่งที่ขายตามท้องตลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

จิระพงษ์ คูหากาญจน์. 2550. **คู่มือการผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้** :จังหวัดกรุงเทพ

จุไรวัลย์ รัตนะพิสิฐ, วรสร โพธิ์ทอง และกวินธิดา อธิกิจไพบูลย์. 2550. ก. **การศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้น เพื่อประเมินคุณลักษณะน้ำส้มควันไม้จากขี้เลื่อยไม้ยางพารา.** จังหวัดสงขลา: คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

จุไรวัลย์ รัตนะพิสิฐ, วรสร โพธิ์ทอง และกวินธิดา อธิกิจไพบูลย์. 2550. ข. **คุณลักษณะของน้ำส้มควันไม้จากขี้เลื่อยไม้ยางพารา.** จังหวัดสงขลา: คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ภัทชาณาภร รัตนไชยดำรง และจุฑาทิพย์ เสนีย์วงศ์ ณ อยุธยา. 2548. **สบู่ดำ : พืชพลังงานทดแทน.** จังหวัด ชัยนาท: สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม (ส.ป.ก.).

วิขัณฑ์ อรรณพานุรักษ์. 2550. **การผลิตเยื่อจากไม้ยูคาลิปตัสโดยใช้กรดซัลฟูริกกับกรดอะซิติกที่ความดันบรรยากาศ**. จังหวัดกรุงเทพ: สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิทยา ปั้นสุวรรณ. 2550. **การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ไม่ใช่ไม้สำหรับอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ.** จังหวัดกรุงเทพ: คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาเคมี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Akio Y. and Ginji S. 1987. **Volatile Compounds in Pyroligneous Liquids from Karamatsu and Chishima-sasa**, pp 3049-3060. Japan.

ASTM. 1998. **Annual Book of ASTM Standards Section 5.** Standard Test Method for Moisture in the Analysis Sample of Coal and Coke. America.

ASTM. 1998. **Annual Book of ASTM Standards Section 5.** Standard Test Method for Volatile Matter in the Analysis Sample of Coal and Coke. America.

Browing, B.L. 1963. **Method in Wood Chemistry**, pp. 389-407. Interscience Publishers, New York, London.

Dias, R. and Freeman, K. 1997. **Carbon Isotrope Analysis of Semivolatile Organic Compounds in Aqueous Mediausing SPME and Isotope Ratio Monitoring GC/MS.** Anal. Chem., 69, 944-950.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sirisomboon P., Kitchaiya P., Pholpho T. and Mahuttanyavanitch W. 2007. **Physical and Mechanical Properties of *Jatropha curcas* L. Fruits, Nuts and Kernels,** pp. 201-207. Thailand.

Nakai T., Kartal S., Hata T. and Imamurac Y. 2007. **Chemical characterization of pyrolysis liquids of wood-based composites and evaluation of their bio-efficiency,** pp. 1236-1241. Japan.

TAPPI T222 om-98. 1988. Acid-insoluble lignin in wood and pulp.

TAPPI T211 om-85. 1985. Ash in wood and pulp.

TAPPI T223 cm-84. 1988. Pentosans in wood and pulp.

TAPPI T264 om-97. 1988. Preparation of wood for chemical analysis.

TAPPI T204 om-88. 1988. Solvent extractives of wood and pulp.

Yoshihiko A., Yuka T., Soota I., Miho T. and Takeshi N. 2006. **Volatile Organic Compounds with Characteristic Odor in Bamboo Vinegar**, pp. 2797-2799. Japan.

www.ata.or.th/projects/ashram/ashram-vinegar.htm

http://www.charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/brickkiln5.php

http://www.chuansin.com/woodvinegar/woodvinegar-2.html

http://www.dede.go.th/dede/index.php?id=43

http://www.doa.go.th/fieldcrops/phinut/util/index.htm

http://www.doae.go.th/foodsafety/Sboard/view.asp?ID=5844

www.eng.mut.ac.th/upload_file/article/148.doc

www.fisheries.go.th/cf-kung_krabaen/agricul1.htm

www.gotoknow.org/blog/xpradit/138067

http://www.msds.pcd.go.th/

http://www.m-industry.go.th/min/intro/province/Nongbualamphu/plan/biodesel_01.htm

rayong.doae.go.th/banchang/bio8.htm

www.smethai.com/shop/template/template9/DetailProduct.asp?UserId=SRY&SImgLogo=logo_2006031615034644

www.songkhlahealth.org/index.php?file=forum&obj=forum(648)

http://www.trf.or.th/file/Wood_vinegar.ppt

www.vcharkarn.com/include/vcafe/showkratoo.php?Pid=59248

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพและเคมีของเปลือกสบู่ดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพ

1.1 การหาปริมาณความชื้น (Moisture content)

วิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3173

เครื่องมือ : ตู้อบ (Drying Oven) เครื่องดูดความชื้น (Desiccators) ถ้วยทนไฟ (Crucible) พร้อมฝา

วิธีการ :

1. อบถ้วยทนไฟพร้อมฝา ที่อุณหภูมิในช่วง 104 - 110 °C ประมาณ 30 นาที นำออกจากตู้อบทิ้งให้เย็นในเครื่องดูดความชื้นแล้วนำออกมาชั่งน้ำหนัก
2. ชั่งตัวอย่างทดลอง ประมาณ 1 กรัม ใส่ลงในถ้วยทนไฟ แล้วนำเข้าไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 104 - 110 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
3. นำถ้วยทนไฟออกจากตู้อบ และปิดฝา แล้วปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นในเครื่องดูดความชื้น แล้วนำออกมาชั่งน้ำหนัก

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ :

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = (A-B) / A \times 100$$

เมื่อ A = น้ำหนักตัวอย่างทดลองก่อนอบ (กรัม)

B = น้ำหนักตัวอย่างทดลองหลังอบ (กรัม)

1.2 การหาปริมาณเถ้า (Ash content)

วิเคราะห์ตาม TAPPI T222 om-88

เครื่องมือ : เตาเผา (Furnace) เครื่องดูดความชื้น (Desiccator) ถ้วยทนไฟ (Crucible) พร้อมฝา

วิธีการ :

1. เผาถ้วยทนไฟพร้อมฝาที่อุณหภูมิ 700 - 750 °C ประมาณ 30 นาที ในเตาเผาแล้วนำออมาทิ้ง ให้เย็นในเครื่องดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักถ้วยทนไฟพร้อมฝา
2. ชั่งตัวอย่างทดลองประมาณ 1 กรัม ใส่ลงในถ้วยทนไฟที่ทราบน้ำหนักจากข้อ 1
3. นำเข้าเตาพร้อมฝา เผาที่อุณหภูมิ 200 °C นานประมาณ 30 นาที แล้วค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิเป็น 700 - 750 °C เผาประมาณ 2 - 3 ชั่วโมง นำถ้วยทนไฟออกจากเตาเผาทิ้งไว้ให้เย็นในเครื่องดูดความชื้น แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ :

$$\text{ปริมาณเถ้า (\%)} = [(A-B) / C] \times 100$$

เมื่อ A = น้ำหนัก Crucible ตัวอย่าง และเถ้าที่เหลือจากการเผา (กรัม)

B = น้ำหนัก Crucible เปล่า (กรัม)

C = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเคมี

เป็นการวิเคราะห์โดยประมาณ (Proximate analysis)

2.1 การหาปริมาณสารระเหย (Volatile Matter)

วิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3175

เครื่องมือ : เตาเผา (Furnace) เครื่องดูดความชื้น (Dessicator) ถ้วยทนไฟ (Crucible) พร้อมฝา

วิธีการ :

1. ชั่งตัวอย่างทดลองประมาณ 1 กรัม ลงในถ้วยทนไฟที่ทราบน้ำหนัก
2. นำถ้วยทนไฟพร้อมตัวอย่างเข้าเตาเผาโดยปิดฝา และนำไปเผาที่อุณหภูมิ 950 ± 20 °C เป็นเวลา 7 นาที แล้วนำออกจากเตาเผา ทิ้งไว้ให้เย็นในเครื่องดูดความชื้น
3. ชั่งน้ำหนักของถ้วยทนไฟ และตัวอย่างที่เหลือพร้อมฝา

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ :

1. คำนวณน้ำหนักที่หายไป

Weight Loss (%) = (A-B) / A×100

A = น้ำหนักตัวอย่างทดลอง (กรัม)

B = น้ำหนักตัวอย่างทดลองหลังเผา (กรัม)

2. คำนวณหาปริมาณสารระเหย

Volatile Matter (%) = C-D

C = Weight Loss (%)

D = ความชื้น (%)

2.2 การเตรียมตัวอย่างไม้ที่ปราศจากสารแทรก

วิเคราะห์ตาม TAPPI T264 Om-97

วิธีการ :

1. ตั้งเครื่องมือสกัดสารแทรกโดยใช้เครื่อง Soxhlet extraction
2. สกัดไม้น้ำหนักประมาณ 10 กรัม ซึ่งมีขนาด 40 เมช ด้วยสารละลายผสมของเอทนอล + เบนซิน (1:2 โดยปริมาตร) ปริมาตร 200 มิลลิลิตร เป็นเวลา 6-8 ชั่วโมง
3. นำไม้ไปสกัดใหม่โดยสกัดด้วยเอทานอล 95% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
4. กรองตัวอย่างไม้ผ่าน Buchner funnel และกำจัดตัวทำละลายที่มากเกินไปด้วยน้ำกลั่น เพื่อกำจัดเอทานอล เทตัวอย่างไม้ลงในบีกเกอร์ ขนาด 1,000 ml และเติม 500 ml ของน้ำกลั่นต้มให้เดือดเป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง เพื่อให้ไม้แห้งแล้วกรองไม้ผ่าน Buchner funnel และล้างด้วยน้ำกลั่นที่ต้มเดือด ปล่อยไม้ทิ้งไว้ในอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ผสมและเก็บตัวอย่างไม้ไว้ในภาชนะที่มิดชิด หาค่าปริมาณความชื้น (moisture content) ในไม้และนำตัวอย่างที่เตรียมได้นี้ไปใช้ในการวิเคราะห์หาองค์ประกอบต่างๆ ทางเคมี

2.3 การหาปริมาณสารแทรกที่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์เอทานอล-เบนซีน

วิเคราะห์ตาม TAPPI T204 Om-88

วิธีการ :

1. ชั่งไม้ตัวอย่าง น้ำหนักประมาณ 3 กรัม แล้วใส่ลงไปใน Extraction thimble
2. ตวงสารละลายผสมของเอทานอลกับเบนซีน (อัตราส่วน 1:2 โดยปริมาตร) จำนวน 200 ml ใส่ลงในขวดก้นกลมขนาด 250 ml
3. ประกอบชุดสกัด soxhlet apparatus ควบคุมอุณหภูมิและจุดเดือดของตัวทำละลาย และใช้เวลาสกัดประมาณ 4-5 ชั่วโมง
4. นำสารละลายที่ได้จากการสกัดไประเหย ให้เหลือปริมาตรประมาณ 20-25 มิลลิลิตร โดยเครื่อง Rotary evaporator แล้วเทใส่บีกเกอร์ ที่ทราบน้ำหนักแล้วนำเข้าไประเหยใน oven ซึ่งตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 100±5 °C จนกระทั่งแห้ง แล้วนำออกมาทำให้เย็นลงใน Dessicator แล้วชั่งน้ำหนักของสารที่เหลือรวมกับน้ำหนักของบีกเกอร์
5. ทำ blank โดยการนำตัวทำละลายเอทานอล-เบนซีน 200 มิลลิลิตร ไประเหยให้แห้ง โดยทำการทดลองต่างๆ เหมือนกับการทดลองข้อ 2-4
6. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์สารแทรกที่ละลายในตัวทำละลายจากสูตร

$$\text{สารแทรก} = [(W_e - W_b) / W_p] \times 100$$

เมื่อ W_e คือ น้ำหนักแห้งของสารที่ถูกสกัด (กรัม)

W_b คือ น้ำหนักแห้งของ blank (กรัม)

W_p คือ น้ำหนักแห้งของตัวอย่างไม้ที่ใช้ทดลอง (กรัม)

2.4 การวิเคราะห์หาปริมาณเพนโตแซน (Pantosan)

วิเคราะห์ตาม TAPPI T223 cm-84

วิธีการ :

1. ใส่ตัวอย่างไม้ที่แห้งที่ปราศจากสารแทรกหนัก ประมาณ 0.5 กรัม ลงใน boiling flask ขนาด 500 มิลลิลิตร และเติม 20 กรัมของ NaCl, 100 มิลลิลิตร ของ 3.85 N HCl และ boiling stones ต่อ flask เข้ากับเครื่องมือกลั่นและทำขีดเครื่องหมายของระดับของกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใน flask เติม 2.50 มิลลิลิตร ของ 3.85 N HCl ลงไปใน Separatory funnel ที่ต่ออยู่เหนือ flask

2. ให้ความร้อนและทำให้กรดกลั่นตัวในอัตราประมาณ 2.5 มิลลิลิตร ต่อนาที เก็บส่วนที่กลั่นได้ใน Volumertric flask ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่วางอยู่ใน ice bath
3. ในระหว่างการกลั่น รักษาระดับปริมาตรที่ขีดไว้ที่ flask ของ 100 มิลลิลิตร ของกรดโดยการค่อยๆ เติมกรด HCl ทีละน้อยๆ จาก separatory funnel หรือเพิ่ม 25 มิลลิลิตร ทุกๆ 10 นาที กลั่น ต่อไปเรื่อยๆ เป็นเวลา 90±5 นาที ในช่วงเวลาที่ปริมาตรของของเหลวที่กลั่นได้มีปริมาตร รวม 225±10 มิลลิลิตร
4. ทำอุณหภูมิของของเหลวที่กลั่นได้ให้มีอุณหภูมิ 20 °C แล้วเติม 3.85 N HCl ลงไปใน volumetric flask จนถึงระดับ 250 มิลลิลิตร และผสมโดยเขย่า flask แล้วจึงปิเปต 5 มิลลิลิตร ของของเหลวที่กลั่นได้ใส่ลงไป Volumetric flask ขนาด 50 มิลลิลิตร เติม orcinol reagent 25 มิลลิลิตร เขย่าและวาง flask ลงใน water bath ที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 25±1 °C
5. หลังจากเวลา 60±5 นาที เติม เอทานอลบริสุทธิ์ จนถึงระดับขีดที่ 50 มิลลิลิตร เขย่าและนำกลับไปไว้ใน water bath ที่อุณหภูมิ 25±1 °C ใหม่ และหลังจากเวลา 60±5 นาที ให้นำไปวัดค่า absorbance ของสารละลายด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 630 nm
6. อ่านจำนวนมิลลิกรัมของ xylose ในตัวอย่างจาก calibration graph ที่เตรียมไว้แล้ว คำนวณหาปริมาณเพนโตแซนในตัวอย่างไม้จากสูตร

$$\text{Pentosan, \%} = A / 10W$$

เมื่อ A = น้ำหนัก xylose ในตัวอย่าง (มิลลิกรัม)

W = น้ำหนักแห้งของตัวอย่าง (กรัม)

2.5 การปริมาณโฮโลเซลลูโลส (Holocellulose)

วิเคราะห์ปริมาณโฮโลเซลลูโลสโดยวิธี acid chlorite ด้วยวิธีของ Browing ใน Method of Wood Chemistry

วิธีการ :

1. ชั่งน้ำหนักแห้งของตัวอย่างไม้ที่ปราศจากสารแทรกประมาณ 3 กรัม ใส่ลงในขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เติมน้ำกลั่น 160 มิลลิลิตร และ กรดอะซิติก 0.5 มิลลิลิตรและ โซเดียมคลอไรต์ 1.5±0.1 กรัม ตามลำดับ ลงในขวดก้นกลมและทำการทดลองในตู้ควัน
3. นำขวดก้นกลมไปตั้งใน water bath ที่มีอุณหภูมิประมาณ 70-80 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยเขย่าขวดอย่างสม่ำเสมอ
4. หลังจากครบ 1 ชั่วโมง เติมกรดอะซิติก 0.5 มิลลิลิดร ตามด้วย โซเดียมคลอไรต์ 1.5 กรัม ลงในสารละลายที่ยังร้อนอยู่แล้วเขย่าขวด
5. หลังจากครบ 2 ชั่วโมงและ 3 ชั่วโมง ให้ปฏิบัติตามข้อ 4 เมื่อครบชั่วโมง
6. นำขวดก้นกลมมาวางในอ่างน้ำแข็งจนกระทั่งสารละลายในขวดมีอุณหภูมิต่ำกว่า 10 °C แล้วนำสารละลายมากรองผ่าน sinter glass crucible เบอร์ 3 ล้างด้วยน้ำเย็นและอะซีโตน หลังจากนั้นนำไปอบให้แห้งในเตาอบที่อุณหภูมิ 100±5 °C หลังจากอบแล้วนำมาชั่งน้ำหนัก
7. คำนวณหาปริมาณโฮโลเซลลูโลสจาก

$$\%Holocellulose = \frac{A \times 100}{W}$$

เมื่อ A = น้ำหนักแห้งของโฮโลเซลลูโลสหลังการอบ (กรัม)
W = น้ำหนักแห้งของตัวอย่างไม้ (กรัม)

2.6 การหาปริมาณลิกนิน (Lignin)

วิเคราะห์หาปริมาณลิกนินโดยวิธี TAPPI T222 om-88

วิธีการ :

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างแห้งที่ปราศจากสารแทรกของไม้หนัก 1±0.1 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร
2. วางบีกเกอร์ลงในอ่างน้ำแข็งแล้วค่อยๆ เติม 72 % H_2SO_4 ที่แช่เย็นไว้ในตู้เย็นลงไป 15 มิลลิลิตร พร้อมคนอย่างสม่ำเสมอ ทุกๆ 15 นาที เพื่อให้ผสมกันดีขึ้น
3. ปิดบีกเกอร์ด้วยกระจกนาฬิกา แล้วนำออกจากอ่างน้ำแข็งมาตั้งทิ้งไว้ในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 20±1 °C เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง พร้อมคนสารละลายอย่างสม่ำเสมอ ทุกๆ 15 นาที
4. เติมน้ำกลั่น 400 มิลลิลิตร ลงในขวดก้นกลมขนาด 1000 มิลลิลิตร แล้วเทสารละลายในบีกเกอร์ลงไปในขวดก้นกลม พร้อมทั้งเติมน้ำกลั่นลงไปอีกจนถึงระดับ 575 มิลลิลิตร ที่ขีดไว้ข้างขวดก้นกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ทำการ Reflux สารละลายนาน 4 ชั่วโมง จากนั้นเทสารละลายทั้งหมดใส่ในบีกเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิลิตร แล้วตั้งบีกเกอร์ทิ้งไว้ 1 คืน
6. กรองผ่าน Sinter glass crucible เบอร์ 3 ที่ทราบน้ำหนักแล้ว ล้างตะกอนด้วยน้ำร้อน แล้วนำไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วนำออกมาทำให้เย็นลงใน Dessicator หลังจากนั้นจึงชั่งน้ำหนักรวมของ glass crucible และลิกนิน
7. คำนวณหา % ลิกนินจากสูตร

$$\%Lignin = \frac{Ax100}{W}$$

เมื่อ A = น้ำหนักของลิกนินเป็น (กรัม)

W = น้ำหนักแห้งเป็นกรัมของไม้ตัวอย่าง (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของเปลือกสบู่ดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของเปลือกสบู่ดำ

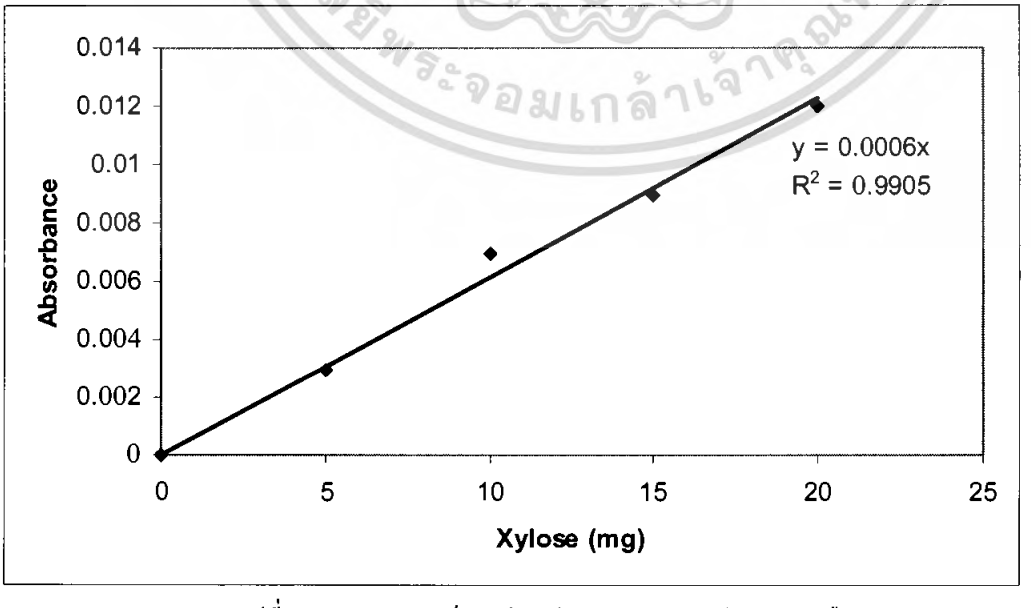
1.1) การวิเคราะห์โดยประมาณ (Proximate analysis)

ตารางที่ ข.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของเปลือกสบู่ดำ

คุณสมบัติทางด้านกายภาพและเคมีของเปลือกสบู่ดำ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	S.D.
1. ความชื้น (%)	27.05	27.10	27.08	0.035
2. สารแทรก (%)	8.92	7.44	8.18	1.047
3. เพนโตแซน (%)	0.327	0.943	0.635	0.436
4. โฮโลเซลลูโลส (%)	13.16	14.24	13.70	0.764
5. ลิกนิน (%)	4.42	6.73	5.58	1.633
6. เถ้า (%)	62.20	62.05	62.57	0.106
7. สารระเหย (%)	87.39	87.12	87.26	0.191

1.2) การคำนวณปริมาณเพนโตแซน

ค่าการดูดกลืนแสงของ xylose (y) เท่ากับ 0.001 และ 0.003 แทนค่า y ในสมการเส้นตรง y = 0.0006x จะได้ค่าน้ำหนัก xylose ในเปลือกสบู่ดำ ครั้งที่ 1 เท่ากับ 0.327 mg และ ครั้งที่ 2 เท่ากับ 0.943 mg จากนั้นนำไปคำนวณ ค่าปริมาณเพนโตแซน โดยใช้สมการ Pentosan (%) = A/10W ดังแสดงในภาคผนวก ก จะได้เพนโตแซน เท่ากับ 0.327% และ 0.943% ตามลำดับ ดังแสดงในสมการ ข.1



รูปที่ข.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Xylose กับค่าการดูดกลืนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้