การผลิตน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก

วิทยานิพนธ์

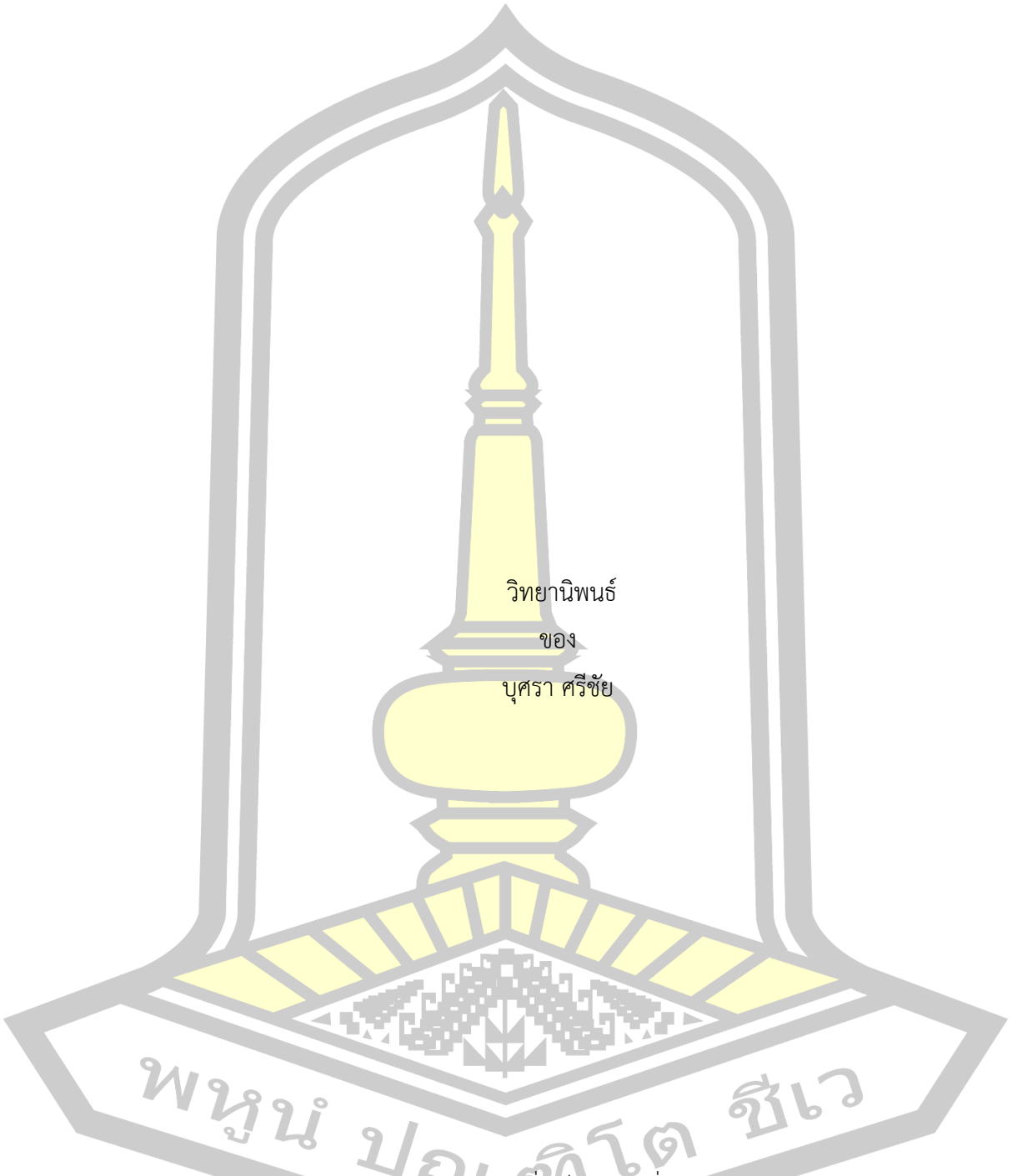
ของ

บุศรา ศรีชัย

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต (อนามัยสิ่งแวดล้อม)
ปีการศึกษา 2561

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การผลิตน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก



วิทยานิพนธ์

ของ

บุศรา ศรีชัย

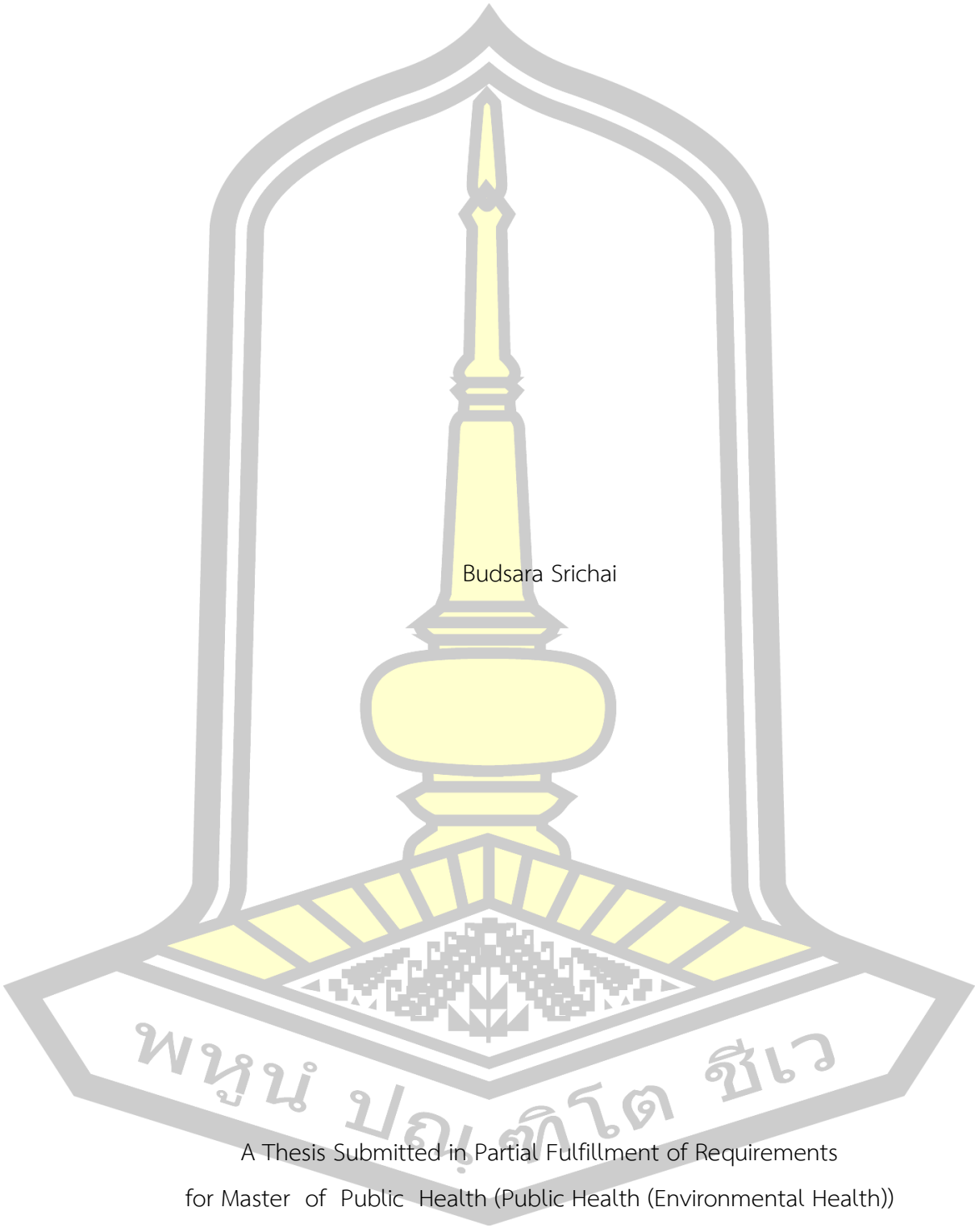
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต (อนามัยสิ่งแวดล้อม)

ปีการศึกษา 2561

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Wood Vinegar Production from Areca nut (*Areca catechu L.)*



Budsara Srichai

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for Master of Public Health (Public Health (Environmental Health))

Academic Year 2018

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางบุศรา ศรีชัย แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต (อนามัยสิ่งแวดล้อม) ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผศ. ดร. ประชุมพร เลาห์ประเสริฐ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อ. ดร. ภิญญาพัชญ์ ดุงโคกกรวด)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผศ. ดร. ศิริรัตน์ ดีศีลธรรม)

.....กรรมการ
(ผศ. ดร. จินดาวัลย์ วิบูลย์อุทัย)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(รศ. ดร. วรางคณา สังสิทธิสวัสดิ์)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต (อนามัยสิ่งแวดล้อม) ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. วิทยา อยู่สุข)
คณบดีคณะสาธารณสุขศาสตร์

.....
(ผศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วัน.....เดือน.....ปี.....

ชื่อเรื่อง การผลิตน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก
ผู้วิจัย บุศรา ศรีชัย
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. ภิญญาพัชญ์ ดุงโคกกรวด
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริรัตน์ ดีศีลธรรม
ปริญญา สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต **สาขาวิชา** สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต (อนามัยสิ่งแวดล้อม)
มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีการศึกษา** 2561

บทคัดย่อ

ปัญหาเศษเปลือกหมากเหลือทิ้งจากการทำหมากแห้ง ที่สะสมหมักหมมไว้รอบบริเวณบ้านหรือพื้นที่ทางการเกษตร กลายเป็นของเสียที่ ส่งผลต่อสภาพแวดล้อม และ สุขภาพอนามัยของประชาชน การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อนำเปลือกหมากมาใช้ประโยชน์ในการผลิตน้ำส้มควันไม้ โดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงหภูมิ (1) 301-320 °C ,(2) 321-340°C และ (3) 341-360 °C เก็บน้ำส้มควันไม้โดยอุณหภูมิหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง และ น้ำเย็น นำไปผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ 3 วิธี ได้แก่ (1) กรองด้วยกรวดและทรายร่วมกับการดูดซับด้วยธูปฤษี, (2) การเติมอากาศ-ถ่านกัมมันต์ ร่วมกับกรองด้วยกรวดและทราย เปรียบเทียบกับ (3) การทิ้งให้ตกตะกอน 90 วัน ตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป โดบใช้สถิติเชิงพรรณนาเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน และสถิติเชิงอนุมาน คือ nonparametric Kruskal Wallis Test และ The Mann-Whitney U Test เปรียบเทียบ อัตราการผลิต คุณภาพของน้ำส้มควันไม้

จากผลการศึกษา ปริมาณการผลิต พบว่า การเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1) และหล่อเย็นด้วยน้ำเย็นได้ปริมาณน้ำส้มควันไม้มากที่สุด อัตราการผลิตอยู่ที่ 4.92 % w/v โดย ช่วงอุณหภูมิการผลิต และ อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น แตกต่างกัน จะทำให้ได้ปริมาณน้ำส้มควันไม้แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.027และ0.046) คุณสมบัติของน้ำส้มควันไม้ พบว่า คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้ก่อนการทำให้บริสุทธิ์ไม่ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มควันไม้ การนำไปผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ทุกวิธี ส่งผลให้ค่าความถ่วงจำเพาะ และ ค่าความส่งส่งผ่านของแสง (%T) มากขึ้น ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน การผลิตน้ำส้มควันไม้ดีที่สุดคือ การเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (2) และหล่อเย็นด้วยน้ำเย็น จากนั้นทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (3) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าความถ่วงจำเพาะ ค่าความส่งผ่านของแสง (%T) (ความใส) และ อัตราการผลิต เท่ากับ 3.96 ,1.0115, 59.8 และ 4.10 % w/v ตามลำดับ และพบว่า คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุธิ์ด้วยวิธีที่ (1) และวิธีที่ (3) ไม่แตกต่างกัน ด้านคุณลักษณะทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ พบสารประกอบ 22 ชนิด โดยพบ สารกลุ่ม

Organic acid มากที่สุด 46.85 % จากการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1) และ หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น จากนั้นทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1) ปริมาณ Acetic acid และ11.72 mg/ml และ พบสารกลุ่ม Phenol compound มากที่สุด 63.87 % จากการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมีที่(3) และหล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง จากนั้นทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (2) ปริมาณ Phenol และ 11.49 mg/ml

โดยสรุป การผลิตน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมากโดยวิธีการดังกล่าว เป็นวิธีที่สามารถทำได้ง่าย ใช้วัสดุอุปกรณ์ที่สามารถหาได้ในท้องถิ่น สามารถนำไปใช้แทนสารเคมีในการกำจัดเชื้อโรคในพืช เช่น เชื้อรา แบคทีเรีย และไวรัส อย่างไรก็ตามก่อนที่จะนำไปใช้ควรนำน้ำส้มควันไม้มาเจือจางให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน

คำสำคัญ : น้ำส้มควันไม้, เปลือกหมาก, การทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

TITLE Wood Vinegar Production from Areca nut (*Areca catechu L.)*

AUTHOR Budsara Srichai

ADVISORS Pinyapach Dungkokkruad , Ph.D.

Assistant Professor Sirirat Deeseenthum , Ph.D.

DEGREE Master of Public Health **MAJOR** Public Health (Environmental Health)

UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2018

ABSTRACT

The problem of Peel Left over from the dried pieces of Areca nut. that accumulated around the house or agricultural area. Become on the environment and health of the people. This study aimed to produce wood vinegar using the Areca nut; Carbonization the peel at various temperatures, Temperature range (1 301-320°C, (2) 321-340°C, (3) 341-360°C and vinegar was condensed at room temperature water (27°C) compared with cool water (20°), then purified the vinegar by method (1) Filter together with adsorbent by amphetamines, (2) Aerated-activated carbon together with filter compare with method (3) Silt for 90 days. Vinegar characteristic was investigate both physical and chemical properties. Data were analyzed by descriptive statistics comparing with community product standards, and using Nonparametric Kruskal Wallis Test and The Mann-Whitney U Test compare the quality of wood vinegar.

The results of the study showed that the quantity of carbonization production at range (1) temperature, cooling with cool water gave highest quantity of wood vinegar at 4.92 % w/v. The carbonization temperature range and cooling temperature gave statistically different quantity (P = 0.027 and 0.046). Properties analysis of wood vinegar found that the physical properties of raw wood vinegar in all production processes are not met by the community standard. However all purification processes increase the specific gravity and the transmittance (clearance). To product highest quantity of wood vinegar is carbonized at range (2) temperature, cooling with cool water then purified by method (3) showed pH, specific gravity, transmittance and production quantity were 3.96, 1.0115, 59.8 and 4.10 % v/w respectively. The chemical properties of the wood vinegar is composed of 22 different types of compounds. Organic compounds found highest production at 46.85% the production

range (1) temperature, cooling with cool water then purified by method (1) with acetic acid content was 11.72 mg / ml. In addition, Phenol compounds found highest production at 63.87% the production range (3) temperature, cooling with cool water then purified by method (2) with phenol content was 11.49 mg / ml.

In conclusion, Production of wood vinegar from Areca nut peel by those method is equipment materials can be obtained locally. The wood vinegar can be obtained locally. The vinegar use in agriculture, to removal of plant pathogens such as, fungi, bacteria and viruses. However all the vinegar should be diluted to the appropriate conditions before using of those objectives.

Keyword : Wood Vinegar, Areca nut, Removal of tar

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากอาจารย์ ดร.ภิญญาภัชญ์ ดุงโคกกรวด อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริรัตน์ ดีศิลธรรม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาที่ให้คำแนะนำข้อคิดเห็นตรวจสอบ และแก้ไขร่างวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด ประธานและกรรมการสอบทุกท่าน รวมทั้งอาจารย์คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคามทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและตรวจสอบรายละเอียด ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณพ่ออัมพร ทองเลี่ยม ปราชญ์ชาวบ้าน ให้คำแนะนำเทคนิค และฝึกสอนวิธีการเก็บน้ำส้มควันไม้จนเกิดความชำนาญสามารถผลิตน้ำส้มควันไม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดการวิจัย ประชาชนในพื้นที่อำเภอคอนสาร ที่สนับสนุนเปลือกหมาก วัสดุอุปกรณ์ในท้องถิ่นที่ใช้ในการวิจัยจนบรรลุผลสามารถนำมาขยายผลใช้ในชุมชน

ขอขอบคุณสมาชิกครอบครัวทุกท่านที่อำนวยความสะดวกและสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยในครั้งนี้จนสำเร็จตามเป้าหมายและขอขอบคุณเพื่อนสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์ทุกท่านที่ให้การช่วยเหลือและให้กำลังใจ ตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์ที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาคุณแด่ บิดา มารดา ครู อาจารย์บุคคลอันเป็นที่รักและผู้มีพระคุณทุกๆ ท่าน

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณท่านที่ให้ความช่วยเหลือทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามไว้ ณ ที่นี้

บุศรา ศรีชัย

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ
กิตติกรรมประกาศ ..... ซ
สารบัญ ..... ฌ
สารบัญตาราง ..... ฏ
สารบัญภาพประกอบ ..... ณ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ภูมิหลัง 1
1.2 คำถามการวิจัย 4
1.3 ความมุ่งหมายของการวิจัย 4
1.4 สมมติฐานงานวิจัย 4
1.5 ขอบเขตของการวิจัย 5
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ 6
1.7 ประโยชน์ที่ได้รับ 7
บทที่ 2 ปริทัศน์เอกสารข้อมูล 8
2.1 หมาก 8
2.2 การจัดการมูลฝอยอินทรีย์ 15
2.3 การเผาถ่าน 18
2.4 การผลิตน้ำส้มควันไม้และองค์ประกอบในน้ำส้มควันไม้ 29
2.5 การวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำส้มควันไม้ 53
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 56

2.6.1 งานวิจัยในประเทศไทย 56
2.6.2 งานวิจัยต่างประเทศ 60
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 64
3.1 รูปแบบการวิจัย 64
3.2 การเตรียมตัวอย่าง 64
3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย 70
3.4 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย 71
3.5 การจัดกระทำ และการวิเคราะห์ข้อมูล 74
3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 75
3.7 แผนผังการทดลอง 76
บทที่ 4 ผลการวิจัย 77
4.1 การทดสอบอุณหภูมิเตาเผา 77
4.2 ประสิทธิภาพการผลิตน้ำส้มควันไม้ 79
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 128
5.1 สรุปผลการวิจัย 128
5.2 อภิปรายผล 130
5.3 ข้อเสนอแนะ 136
บรรณานุกรม 137
ภาคผนวก 141
..... 142
ภาคผนวก ก ผลการทดสอบอุณหภูมิเตาผลิตน้ำส้มควันไม้ 142
ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์ 146
ภาคผนวก ค ผลการทดสอบทางสถิติ 161
ภาคผนวก ง ภาพประกอบการวิจัย 196

ประวัติผู้เขียน.....204

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 อุณหภูมิและขั้นตอนการเปลี่ยนเป็นถ่าน 27
ตารางที่ 2 แสดงสารประกอบต่างๆ ในน้ำส้มควันไม้ 33
ตารางที่ 3 พารามิเตอร์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ 73
ตารางที่ 4 สภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำส้มควันไม้ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี แมสสเปกโตเมตรี (GC-MS) 74
ตารางที่ 5 ปริมาณน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก 20 กิโลกรัม 79
ตารางที่ 6 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก 82
ตารางที่ 7 ค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ของน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก 88
ตารางที่ 8 ค่าความส่งผ่านของแสง (transmittance) ในน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก 94
ตารางที่ 9 คุณลักษณะทางกายภาพ และอัตราการผลิตน้ำสัมควันไม้ 100
ตารางที่ 10 องค์ประกอบางเคมีในน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (1) 104
ตารางที่ 11 องค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (2) 109
ตารางที่ 12 องค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (3) 114
ตารางที่ 13 อุณหภูมิเตาและระยะเวลาในเผาถ่านจำแนกตามตามอุณหภูมิหน้าเตา หลังเตา และปากปล่อง ของเตาเผาถ่านเตาที่ (1) 143
ตารางที่ 14 อุณหภูมิเตาและระยะเวลาในเผาถ่านจำแนกตามตามอุณหภูมิหน้าเตา หลังเตา และปากปล่องของเตาเผาถ่านเตาที่ (2) 144
ตารางที่ 15 อุณหภูมิเตาและระยะเวลาในเผาถ่านจำแนกตามตามอุณหภูมิหน้าเตา หลังเตา และปากปล่อง ของเตาเผาถ่านเตาที่ (3) 145
ตารางที่ 16 ปริมาณน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมากที่ได้จากกระบวนการผลิต 147
ตารางที่ 17 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก 148
ตารางที่ 18 ค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ของน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก 150

ตารางที่ 19 ค่าความส่งผ่านของแสง (transmittance) ของน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก 152
ตารางที่ 20 ปริมาณ Acetic acid ในน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทฑ์ด้วยวิธีที่ (1) 155
ตารางที่ 21 ปริมาณ Acetic acid ในน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทฑ์ด้วยวิธีที่ (2) 156
ตารางที่ 22 ปริมาณ Acetic acid ในน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทฑ์ด้วยวิธีที่ (3) 157
ตารางที่ 23 ปริมาณ Phenol ในน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทฑ์ด้วยวิธีที่ (1) 158
ตารางที่ 24 ปริมาณ Phenol ในน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทฑ์ด้วยวิธีที่ (2) 159
ตารางที่ 25 ปริมาณ Phenol ในน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทฑ์ด้วยวิธีที่ (3) 160
ตารางที่ 26 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตที่ช่วงอุณหภูมที่ (1), (2) และ (3) 162
ตารางที่ 27 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตที่ช่วงอุณหภูมที่ (1), (2) และ (3) รายคู่ 163
ตารางที่ 28 เปรียบเทียบปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่การเก็บด้วยอุณหภูมิใน
การหล่อเย็นน้ำส้มควันไม้ 164
ตารางที่ 29 การเปรียบเทียบ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิต
ที่ช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) 165
ตารางที่ (3)0 การเปรียบเทียบ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิต
ที่ช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) รายคู่ 166
ตารางที่ 31 การเปรียบเทียบ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิต
โดยการเก็บด้วยอุณหภูมิหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ด้วย
น้ำอุณหภูมิห้องกับน้ำเย็น 168
ตารางที่ 32 การเปรียบเทียบค่าพีเอช (pH) ของน้ำส้มควันไม้ ก่อนการทำให้บริสุทธิ์
และทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1), (2) และ (3) 169
ตารางที่ 33 การเปรียบเทียบค่าพีเอช (pH) ของน้ำส้มควันไม้ก่อนการทำให้บริสุทธิ์ และ
ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1) และ(2) กับน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (3) 171
ตารางที่ 34 การเปรียบเทียบค่าความความถ่วงจำเพาะ (specific gravity)
ของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตที่ช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) 172
ตารางที่ 35 การเปรียบเทียบค่าความความถ่วงจำเพาะ (specific gravity)
ของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตที่ช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) รายคู่ 173

ตารางที่ 36 การเปรียบเทียบค่าความความถ่วงจำเพาะ *(specific gravity)* ของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเก็บด้วยอุณหภูมิหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ด้วยน้ำอุณหภูมิห้องกับน้ำเย็น 175

ตารางที่ 37 การเปรียบเทียบค่าความความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ของน้ำส้มควันไม้ก่อนการทำให้บริสุทธิ์ และทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1), (2) และ (3) 175

ตารางที่ 38 การเปรียบเทียบค่าความความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ของน้ำส้มควันไม้ ก่อนการทำให้บริสุทธิ์ และ ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1) และ (2) กับน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (3) 177

ตารางที่ 39 การเปรียบเทียบค่าความส่งผ่านของแสง (%T) ในน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) 178

ตารางที่ 40 การเปรียบเทียบ ค่าความส่งผ่านของแสง (%T) ในน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) รายคู่ 179

ตารางที่ 41 การเปรียบเทียบค่าความส่งผ่านของแสง (%T) ในน้ำส้มควันไม้ที่เก็บด้วยอุณหภูมิหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ด้วยน้ำอุณหภูมิห้องและน้ำเย็น 181

ตารางที่ 42 การเปรียบเทียบค่าความส่งผ่านของแสง (%T) ในน้ำส้มควันไม้ก่อนทำให้บริสุทธิ์และทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1), (2) และ (3) 181

ตารางที่ 43 การเปรียบเทียบค่าความส่งผ่านของแสง (%T) ในน้ำส้มควันไม้ก่อนนำไปทำให้บริสุทธิ์และทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1) และ (2) กับน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (3) (ตั้งทิ้งไว้ 90 วัน) 183

ตารางที่ 44 การเปรียบเทียบปริมาณสาร Acetic acid ในน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) 184

ตารางที่ 45 การเปรียบเทียบปริมาณสาร Acetic acid ในน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) รายคู่ 185

ตารางที่ 46 การเปรียบเทียบปริมาณสาร Acetic acid ในน้ำส้มควันไม้ที่เก็บด้วยอุณหภูมิหล่อเย็น ในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง และน้ำเย็น 187

ตารางที่ 47 การเปรียบเทียบปริมาณสาร Acetic acid ในน้ำส้มควันไม้
ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1), (2) และ (3)..... 188

ตารางที่ 48 การเปรียบเทียบปริมาณสาร Acetic acid ในน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์
ด้วยวิธีที่ (1) และ (2) กับน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (3)..... 189

ตารางที่ 49 การเปรียบเทียบปริมาณสาร Phenol ในน้ำส้มควันไม้ที่ผลิต
โดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3)..... 189

ตารางที่ 50 การเปรียบเทียบปริมาณสาร Phenol ในน้ำส้มควันไม้ที่ผลิต
โดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) รายคู่..... 191

ตารางที่ 51 การเปรียบเทียบปริมาณสาร Phenol ในน้ำส้มควันไม้ที่เก็บ
ด้วยอุณหภูมิหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง
และน้ำเย็น..... 193

ตารางที่ 52 การเปรียบเทียบปริมาณสาร Phenol ในน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์
ด้วยวิธีที่ (1), (2) และ (3)..... 194

ตารางที่ 53 การเปรียบเทียบปริมาณสาร Phenol ในน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์
ด้วยวิธีที่ (1) และ (2) กับน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (3)..... 195

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

สารบัญภาพประกอบ

หน้า

ภาพประกอบ 1 ลักษณะของลำต้นของหมาก 9
ภาพประกอบ 2 ลักษณะของใบหมาก 10
ภาพประกอบ 3 ลักษณะของดอกหมาก 10
ภาพประกอบ 4 ส่วนประกอบต่างๆ ของผลหมาก 11
ภาพประกอบ 5 เตาเผาถ่านแบบตะวันออกกลาง 19
ภาพประกอบ 6 ลักษณะเตาเผาถ่านแบบยุโรป 20
ภาพประกอบ 7 ลักษณะของเตาเผาถ่านอิวาเตะ (Iwate kiln) 20
ภาพประกอบ 8 การนำความร้อนให้ไหลวนภายในเตา 22
ภาพประกอบ 9 การแยกชั้นน้ำส้มควันไม้ ทิ้งไว้ให้ตกตะกอน 46
ภาพประกอบ 10 การติดตั้งเตาเผาถ่าน 200 ลิตรแบบแนวนอน 51
ภาพประกอบ 11 สวนประกอบของเตาเผาถ่าน 200 ลิตร 52
ภาพประกอบ 12 กรอบแนวคิดในการวิจัย 63
ภาพประกอบ 13 อุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งเตาเผาถ่าน 200 ลิตร แบบนอน 66
ภาพประกอบ 14 การติดตั้งเตาเผาถ่าน 200 ลิตร แนวนอน 67
ภาพประกอบ 15 การติดตั้งระบบหล่อเย็นแบบน้ำหยด 69
ภาพประกอบ 16 แผนผังการทดลอง 76
ภาพประกอบ 17 อุณหภูมิเตาเผาถ่านที่ใช้ในการทดลอง 77
ภาพประกอบ 18 อุณหภูมิเตาเผาถ่านในการทดสอบเผาเปลือกหมาก 78
ภาพประกอบ 19 ปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมาก
ที่ช่วงอุณหภูมิและ อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ต่างกัน ... 80
ภาพประกอบ 20 การเปรียบเทียบ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำส้มควันไม้ที่ได้ 83

ภาพประกอบ 21 การเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำส้มควันไม้ที่เก็บโดยอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในการควบแน่นต่างกัน 85

ภาพประกอบ 22 เปรียบเทียบ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ต่างกัน..... 86

ภาพประกอบ 23 ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากในช่วงอุณหภูมิที่ต่างกัน.....89

ภาพประกอบ 24 ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้ที่เก็บอุณหภูมิหล่อเย็นในการควบแน่นต่างกัน..... 91

ภาพประกอบ 25 เปรียบเทียบค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ต่างกัน..... 92

ภาพประกอบ 26 ค่าความส่งผ่านของแสง (%T) ในน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมาก ในช่วงอุณหภูมิที่ต่างกัน 95

ภาพประกอบ 27 ค่าความส่งผ่านของแสง (%T) ในน้ำส้มควันไม้ที่เก็บด้วยอุณหภูมิในการหล่อเย็นในการควบแน่นต่างกัน..... 96

ภาพประกอบ 28 ค่าความส่งผ่านของแสงในน้ำส้มควันไม้ที่ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีต่างกัน 98

ภาพประกอบ 29 แสดงโครมาโทแกรมขององค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้ที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS..... 102

ภาพประกอบ 30 ปริมาณ Acetic acid น้ำส้มควันไม้ 118

ภาพประกอบ 31 การเปรียบเทียบปริมาณ Acetic acid ในน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านในช่วงอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ในช่วงอุณหภูมิต่างกัน 119

ภาพประกอบ 32 การเปรียบปริมาณ Acetic acid ที่เก็บด้วยอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ต่างกัน 120

ภาพประกอบ 33 ปริมาณ Acetic acid ในน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ต่างกัน..... 121

ภาพประกอบ 34 ปริมาณPhenol ในน้ำส้มควันไม้..... 123

ภาพประกอบ 35 การเปรียบเทียบปริมาณPhenol ในน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยดารเผาถ่านเปลือกหมากในช่วงอุณหภูมิต่างกัน 124

ภาพประกอบ 36 การเปรียบปริมาณPhenol ในน้ำส้มควันไม้ ที่เก็บด้วยอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น ในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ต่างกัน 125

ภาพประกอบ 37 ปริมาณของ Phenol ในน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ต่างกัน 126

ภาพประกอบ 38 กราฟมาตรฐานสมการเส้นตรง (Linear Equation) และค่า R2 ของ Actic acid 154

ภาพประกอบ 39 กราฟมาตรฐานสมการเส้นตรง (Linear Equation) และ ค่า R2 ของ Phenol 154

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ภูมิหลัง

หมาก (Areca nut) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Areca catechu* L. เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวตระกูลปาล์ม ไม่มีรากแก้วแต่มีรากฝอยกระจายรอบโคนต้น มีลำต้นเดี่ยวไม่แตกกอสูง ประมาณ 20 เมตร ให้ผลเกือบตลอดปีขึ้นอยู่กับอายุของต้นและสภาพแวดล้อมที่ปลูก เช่น ภูมิอากาศ ดิน และน้ำผลหมากมีลักษณะกลมหรือกลมรี ในหนึ่งทะลายมีผลประมาณ 100 - 150 ผล (เมดไทย, 2558) ซึ่งหมากนับเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ และวัฒนธรรมที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะถิ่นของอำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ แม้ในปัจจุบันความนิยมในการบริโภคหมากจะลดลง แต่หมากก็ยังมีบทบาททั้งในทางอุตสาหกรรม ประชาชนในตำบลห้วยยางจึงยังประกอบอาชีพทำสวนหมากผสมผสานกับการเกษตรอื่น ๆ โดยปลูก ผสมผสานกับพืชชนิดอื่น ๆ ได้แก่ พลู มะพร้าว ในพื้นที่รวม 1,200 ไร่ ผลผลิตของหมาก เป็นการแปรรูป หมากสดเป็นหมากซอย หรือหมากแว่น รวบรวมไว้ขายเพื่อการบริโภค และส่งออก ส่วนหมากแก่หรือหมากสงจะทำเป็นหมากผ่าซีกเพื่อขายส่งเข้าโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งมีปริมาณการผลิตรวมทั้งหมากแว่นและหมากผ่าซีกถึง 1,052 ตันต่อปี (สำนักงานเกษตรอำเภอคอนสาร, 2558) เปลือกหมากจึงเป็นมูลฝอยอินทรีย์ที่เหลือทิ้งจากการทำหมากแว่นและหมากผ่าซีกในครัวเรือน

จากการสำรวจข้อมูลปัญหาเบื้องต้น พบว่า ตำบลห้วยยาง มีหมู่บ้านที่แปรรูปหมาก จำนวน 11 หมู่บ้าน จาก 19 หมู่บ้าน ซึ่งจากการประกอบกิจกรรมนี้ทำให้มี เปลือกหมากโดยเฉลี่ย วันละ 2,000 กิโลกรัมต่อวัน ที่ถูกเทกอง สะสมหมักหมม ไว้รอบบริเวณบ้าน หรือพื้นที่ทางการเกษตร รอการย่อยสลายตามธรรมชาติ ส่งผลทั้งต่อสภาพแวดล้อม และสุขภาพอนามัยของประชาชน เนื่องจากส่งกลิ่นเน่าเหม็น และเป็นที่อยู่อาศัยเพาะพันธุ์สัตว์และแมลงนำโรค ได้แก่ แมลงหวี่ ซึ่งเป็นพาหะนำโรคตาแดง ซึ่งเป็น 1 ใน 10 ของโรคที่ต้องเฝ้าระวังทางระบาดวิทยา โดยพบอัตราป่วยของผู้ป่วยด้วยโรคตาแดงของอำเภอคอนสาร ในปี 2555, 2556 และ 2557 จำนวน 703.70 , 788.36 และ 760.97 ต่อแสนประชากร (ศูนย์ระบาดวิทยา สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดชัยภูมิ, 2559)

วิธีการกำจัดมูลฝอยที่เป็นสารอินทรีย์ มีหลากหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับลักษณะ และประเภทของมูลฝอย เช่น การนำไปกองทิ้งบนพื้นดิน (Dumping on Land) ทิ้งลงทะเล (Dumping at Sea) และเผากลางแจ้ง (Open Burning) ซึ่งเป็นการกำจัดที่ทำให้เกิดมลพิษต่อสภาพแวดล้อม และ

มีผลกระทบต่อสุขภาพของบุคคลชุมชนได้ การกำจัดโดยการเผาในเตาเผา (Incineration) และการฝังกลบที่ถูกสุขลักษณะ (Sanitary Landfill) แม้จะเป็นวิธีการกำจัดที่เหมาะสม แต่ก็มีข้อจำกัดในเรื่องงบประมาณ และระบบในการควบคุมมลพิษที่ต้องเป็นไปอย่างเคร่งครัดตามหลักวิชาการ ส่วนการนำไปเลี้ยงสัตว์ (Hog Feeding) และหมักทำปุ๋ย (Composting) แม้จะเป็นการจัดการที่ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่ก็ต้องใช้พื้นที่ในการจัดการค่อนข้างมากและยังทำให้เกิดกลิ่นเหม็นจากกระบวนการหมักด้วย (กรมควบคุมมลพิษ, 2547) ประเทศไทยเองมีนโยบายในการจัดการมูลฝอยโดยให้สร้างรูปแบบในการกำจัดให้เหมาะสมใช้เทคโนโลยีแบบผสมผสานเน้นการแปรรูปเป็นพลังงานหรือทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด การผลิตน้ำส้มควันไม้เป็นวิธีการที่น่าสนใจในการนำมากำจัดเปลือกหมาก เนื่องจาก เป็นการใช้ประโยชน์จากของเหลือทิ้ง (Waste) นำมาผลิตเป็นน้ำส้มควันไม้ (wood vinegar) ซึ่งเป็นของเหลวที่นำมาใช้ประโยชน์แทนสารเคมีได้หลากหลายในวิถีชีวิตประจำวัน (สุพรชัย มั่งมีสิธิ์, 2551) ซึ่งในพื้นที่ตำบลห้วยยางได้มีการดำเนินโครงการเกษตรปลอดโรค ผู้บริโภคปลอดภัย กายจิตผ่องใส มาตั้งแต่ปี 2555 ผลการคัดกรองประเมินความเสี่ยง (แบบ นบก.1) ในเกษตรกรกลุ่มเสี่ยง ปี 2555, 2556, 2557, 2558 และ 2559 พบว่า มีความเสี่ยงค่อนข้างสูงจนถึงเสี่ยงสูงมาก ถึงร้อยละ 29.78, 30.69, 27.57,28.26 และ 28.18 ตามลำดับ ซึ่งได้รับการเจาะเลือดตรวจคัดกรองโดยใช้ชุดทดสอบโคลินเอสเตอเรส พบว่า มีความเสี่ยง และไม่ปลอดภัย ร้อยละ 52.98, 49.25, 55.42,53.63 และ 51.19 ตามลำดับ (สำนักงานสาธารณสุขอำเภอคอนสาร, 2560) แสดงว่าเกษตรกรในตำบลห้วยยาง ยังคงมีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอยู่เป็นจำนวนมาก จึงทำให้มีผลกระทบกับด้านสุขภาพโดยตรง การผลิตน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้ง มาใช้ประโยชน์ทดแทนสารเคมีกำจัดศัตรูพืช จึงเป็นอีกแนวทางในการลดปัญหาสารเคมีตกค้างในเกษตรกร

น้ำส้มควันไม้ (Wood Vinegar) หรือ “Pyroligneous Acid” เป็นของเหลวสีน้ำตาลใส มีกลิ่นควันไฟที่ได้มาจากการควบแน่น (Condensed) ของควันที่เกิดจากการผลิตถ่านไม้ใช้ในช่วงที่ไม้กำลังเปลี่ยนเป็นถ่าน (Carbonization) อุณหภูมิในเตาอยู่ระหว่าง 300-400 °C สารประกอบต่างๆ ในไม้ฟืนจะถูกสลายตัวด้วยความร้อนเกิดเป็น สารประกอบใหม่นับร้อยชนิด ที่สำคัญ ได้แก่ น้ำประมาณ 85 % กรดอินทรีย์ ประมาณ 3 % และสารอนินทรีย์อื่นๆ ประมาณ 12 % คุณสมบัติของน้ำส้มควันไม้มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ประมาณ 3 ค่าความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.012-1.024 ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามชนิดของไม้ที่นำมาเผาถ่าน (กรมพลังงานทดแทนและการอนุรักษ์พลังงาน, 2550) ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพน้ำส้มควันไม้ ได้แก่ 1) ชนิดของไม้ที่ต่างกันจะทำให้น้ำส้มควันไม้มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน 2) อุณหภูมิที่ดักเก็บน้ำส้มควันไม้ ซึ่งควรจะเก็บควันเมื่ออุณหภูมิปากปล่องควันอยู่ระหว่าง 80 – 150 °C ซึ่งอุณหภูมิภายในเตาจะอยู่ระหว่าง 300–400 °C หากต่ำกว่าจะได้สารประกอบที่มีประโยชน์น้อยมาก หากสูงกว่าก็จะมีสารก่อมะเร็ง ซึ่งได้แก่ 3-4 Benzopyrene และ 1-2-5-6 Dibenzanthracenementyl Cholinsrene ปะปนออกมา (ศุภลักษณ์ แป้นเพชร และ

สมพิศ เดชทอง, 2551) เทคนิคการผลิตของน้ำส้มควันไม้ซึ่งต้องใช้ความชำนาญในการเผาถ่าน และการดักเก็บควันไม้ (จิระพงษ์ คูหากาญจ์, 2552) 4) ลักษณะของเตาเผาถ่าน ซึ่งเตาประเภทไม่ถาวรหรือเตาเคลื่อนที่ได้ (permanent kiln) จะสะดวกต่อการเคลื่อนย้ายไปเผาในสถานที่ต่างๆ แต่จะควบคุมอุณหภูมิภายในเตาได้ยาก ส่วนเตาประเภทถาวร หรือเตาเคลื่อนที่ไม่ได้ (non-permanent kiln) จะมีความแข็งแรงทนทานสามารถควบคุมอุณหภูมิในระหว่างการเผาได้ดี (ศุภลักษณ์ แป้นเพชร และสมพิศ เดชทอง, 2551)

น้ำส้มควันไม้แตกต่างจากน้ำส้มสายชู หรือน้ำส้มอื่นๆ ที่ได้จากการหมักหรือการสังเคราะห์อื่นๆ คือมีสารประกอบหลากหลายกว่า จึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ เช่น การเกษตร ปศุสัตว์ สิ่งแวดล้อม ได้ดีเช่นเดียวกันกับสารเคมีสังเคราะห์ แต่ไม่มีสารพิษตกค้างและก่อให้เกิดอันตรายแก่มนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อม เป็นข้อได้เปรียบของน้ำส้มควันไม้ โดยเฉพาะการทำเกษตรอินทรีย์ ซึ่งเป็นระบบการผลิตที่ประณีตและต้องการความปลอดภัยสูงทั้งต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค สารประกอบหลักๆ ในน้ำส้มควันไม้ ที่ให้ช่วยให้การทำเกษตรกรรมประสบความสำเร็จไม่มีโรคพืช และแมลงรบกวน หากแต่น้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการผลิตยังไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทันที เนื่องจากในขั้นตอนการเปลี่ยนจากไม้กลายเป็นถ่านไม่ได้เกิดขึ้นพร้อมกันทั้งเตาแต่เริ่มก่อนที่หน้าเตาด้านบนแล้วแผ่กระจายลงมาที่เตาด้านล่าง ควันที่ออกมาจากปล่องควันจึงเป็นควันที่ผสมกันระหว่างควันอุณหภูมิต่ำและสูง และเมื่อลิกนิน (Lignin) เริ่มสลายตัวมีน้ำมันดิน (Tar) สารระเหย (Volatile) และน้ำมันดินที่ละลายน้ำไม่ได้ (Oil Base) จะปนออกมาด้วย จึงนำไปใช้ในการเกษตรไม่ได้เพราะจะไปปิดปากใบของพืช และเกาะติดรากพืชทำให้พืชเติบโตช้าหรือตายได้ (กรมพลังงานทดแทนและการอนุรักษ์พลังงาน, 2550) ดังนั้นจึงต้องทำให้น้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์ก่อนนำมาใช้ประโยชน์

กระบวนการที่ทำให้น้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์ที่นิยมนำมาใช้โดยทั่วไป สามารถแบ่งออกเป็น 3 วิธี คือ 1) ปล่อยให้ตกตะกอน 2) การกรอง 3) การกลั่น (สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2558) ซึ่งการปล่อยทิ้งไว้ให้ตกตะกอนต้องใช้เวลานานประมาณถึง 90 วัน เพื่อจะต้องรอให้เกิดปฏิกิริยาในน้ำส้มควันไม้อย่างสมบูรณ์ ในขณะที่การกรองและการกลั่นจะต้องทำหลังจากปล่อยให้ตกตะกอนแล้วเท่านั้น วิธีการลดระยะเวลาในการทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์ มีรายงานการวิจัย พบว่า วิธีการเติมอากาศ - ถ่านกัมมันต์ร่วมกับการกรองด้วยเมมเบรนแบบนาโน แล้วตั้งทิ้งไว้ 7 วัน สามารถทำให้น้ำส้มควันไม้มีคุณสมบัติทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีมีค่าใกล้เคียงกับน้ำส้มควันไม้ที่ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 6 เดือน และสามารถลดปริมาณของ Naphthalene ได้ 97.01 % และ ลดปริมาณของ Acenaphthylene ได้ทั้งหมดเมื่อเทียบกับน้ำส้มควันไม้ที่ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 6 เดือน (นิลุบล นุ่มสกุล, 2551) และ ศึกษาจากการทำให้น้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีการกรองร่วมกับการดูดซับด้วยวัสดุจากธรรมชาติ พบว่า ตัวดูดซับที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการกำจัด

น้ำมันดิน ได้แก่ ดอกธูป ซึ่งก่อนที่จะนำมาดูดซับด้วยดอกธูปได้มีการกรองน้ำส้มควันไม้ผ่านกรวดและทราย ในขั้นตอนการกรองอาจจะสามารถกำจัดน้ำมันดินได้บางส่วน และเมื่อนำมาดูดซับด้วยดอกธูป 48 ชั่วโมง จึงทำให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดนำมันดินเพิ่มมากขึ้น ทำให้สามารถกำจัดน้ำมันดินได้ และทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าความถ่วงจำเพาะเปลี่ยนไปเพียงเล็กน้อย และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เร็วขึ้นโดยไม่ต้องรอตั้งทิ้งไว้นานถึง 3 เดือน (วิไลจิตร ศรีจันโท, 2555)

จากคุณลักษณะของเปลือกหมาก และปัญหาการจัดการที่ไม่ถูกวิธี ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและสภาพแวดล้อมในพื้นที่ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะจัดการมูลฝอยเหลือทิ้งจากครัวเรือน โดยเลือกใช้วิธีนำเปลือกหมากมาผลิตเป็นน้ำส้มควันไม้จึงได้ศึกษาการผลิตน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมากโดยศึกษาถึงวิธีการผลิตที่ได้ปริมาณผลิต และประสิทธิภาพการผลิตที่บริสุทธิ์ที่สุดมีคุณสมบัติการเป็นน้ำส้มควันไม้ที่มีความบริสุทธิ์และมีสารที่เป็นอันตรายเหลือน้อยที่สุด เพื่อขยายผลใช้ในชุมชน และได้ผลผลิตน้ำส้มควันไม้มาใช้ประโยชน์ทดแทนสารเคมีที่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต และสภาพแวดล้อม

1.2 คำถามการวิจัย

การผลิตน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมากที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดเป็นอย่างไร

1.3 ความมุ่งหมายของการวิจัย

1.3.1 ความมุ่งหมายทั่วไป

เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการผลิตน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตจากเปลือกหมาก

1.3.2 ความมุ่งหมายเฉพาะ

1.3.2.1 เพื่อศึกษาปริมาณที่ได้จากการเผาถ่านเปลือกหมากในการผลิตน้ำส้มควันไม้

1.3.2.2 เพื่อศึกษาคุณสมบัติของน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก

1.4 สมมติฐานงานวิจัย

1.4.1 อุณหภูมิการเผาถ่านเปลือกหมากที่แตกต่างกันมีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตน้ำส้มควันไม้แตกต่างกัน

1.4.2 อุณหภูมิหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ที่แตกต่างกันมีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตน้ำส้มควันไม้แตกต่างกัน

1.4.3 วิธีการทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์แตกต่างกันมีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตน้ำส้มควันไม้แตกต่างกัน

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 การเผาถ่านเปลือกหมากในเตาเผาที่ถ่าน 200 ลิตรแบบนอน ใช้วิธีการแบบชาวบ้านตามบริบทของพื้นที่ ดังนี้

1.5.1.1 มีการเปิดช่องหน้าเตา สำหรับการจุดไฟเติมเชื้อเพลิงเชื้อให้ความร้อนบริเวณหน้าเตา และปรับช่องหน้าเตาให้อากาศไหลเข้าในระดับที่ต่างกัน ซึ่งได้กำหนดอุณหภูมิช่วงในการผลิตจากการทดสอบเผาเปลือกหมาก ซึ่งพบว่าช่วงที่เกิดกระบวน Carbonization อยู่ในช่วง 300-360 °C

1.5.1.2 ปรับสภาวะอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ โดยใช้น้ำซึ่งเป็นอุณหภูมิห้อง ซึ่งในขณะที่ทำการวิจัยเป็นช่วงฤดูหนาว มีค่ากับ 27 °C และน้ำเย็น โดยใช้น้ำแข็งผสมน้ำในถังน้ำแข็งขนาดบรรจุ 100 ลิตร อุณหภูมิ 20 °C

1.5.1.3 ลดระยะเวลาในการทำให้บริสุทธิ์ ด้วย วิธีที่ (1) กรองด้วยกรวดและทรายร่วมกับการดูดซับด้วยธูปฤาษี, วิธีที่ (2) การเติมอากาศ-ถ่านกัมมันต์ ร่วมกับกรองด้วยกรวดและทราย เปรียบเทียบกับ วิธีที่ (3) คือ การทิ้งให้ตกตะกอน 90 วัน

1.5.2 การศึกษาประสิทธิภาพของการผลิตน้ำส้มควันไม้ โดยการวิเคราะห์จากปริมาณการผลิต คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมี น้ำส้มควันไม้

1.5.3 พื้นที่ที่ทำการวิจัย ตำบลห้วยยาง อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ

1.5.4 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

1.5.4.1 ตัวแปรต้น

1) อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ได้แก่

(1) ช่วงอุณหภูมิที่ (1) 301-320 °C

(2) ช่วงอุณหภูมิที่ (2) 321-340 °C

(3) ช่วงอุณหภูมิที่ (3) 341-360 °C

2) อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้

(1) หล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง (27 °C)

(2) หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น (20 °C)

3) วิธีการทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์ ได้แก่

(1) วิธีที่ (1) กรองด้วยกรวดและทรายร่วมกับการดูดซับด้วยธูปฤษี

(2) วิธีที่ (2) การเติมอากาศ-ถ่านกัมมันต์ ร่วมกับกรองด้วยกรวดและทราย

(3) วิธีที่ (3) คือ การทิ้งให้ตกตะกอน 90 วัน

1.5.4.2 ตัวแปรตาม

1) ประสิทธิภาพการผลิตน้ำส้มควันไม้

(1) ปริมาณน้ำส้มควันไม้ (ml , %)

(2) คุณสมบัติทางกายภาพ

(2.1.) ค่าความส่งผ่านของแสง (ความใส)

(2.2) ค่าความเป็นกรด-ด่าง

(2.3) ค่าถ่วงจำเพาะ (ความหนืด)

(3) คุณสมบัติทางเคมี

สารประกอบหลักที่พบในน้ำส้มควันไม้

1.5.4.3 ตัวแปรควบคุม

1) ชนิดเตาเผาถ่าน เป็นเตาเผาถ่านความจุ 200 ลิตร แบบแนวนอน มีการเปิดช่องหน้าเตา สำหรับจุดเชื้อเพลิงให้ความร้อน และให้อากาศไหลเข้า

2) ปริมาณเปลือกหมากที่ใช้เข้าเตาเผาเท่ากันทุกครั้ง ครั้งละ 20 กิโลกรัม

3) ช่วงเวลาที่ทำการทดลองผลิตน้ำส้มควันไม้เป็นช่วงเวลาเดียวกัน คือ 06.00 – 09.00 น.

4) ความชื้นของเปลือกหมากขณะเข้าเตาเผา 35.5 %

5) ที่ตั้งเตาเผา มุงหลังคาป้องกันฝน อยู่ในที่โล่ง มีการระบายอากาศที่ดี

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.6.1 น้ำส้มควันไม้ (Wood Vinegar) หมายถึง สารอินทรีย์ที่ได้จากการดักเก็บควันไฟจากการเผาถ่านใน สภาวะอับอากาศ มีลักษณะของเหลวใสสีเหลืองปนน้ำตาลหรือน้ำตาลแดงในการศึกษานี้ น้ำส้มควันไม้ หมายถึง สารอินทรีย์ที่ได้จากการดักเก็บควันไฟจากการเผาเปลือกหมากในสภาวะที่อุณหภูมิการผลิต และหล่อเย็นในการควบแน่น ต่าง ๆ

1.6.2 การผลิตน้ำส้มควันไม้ หมายถึง กระบวนการให้ความร้อนกับเนื้อไม้หรือการคาร์-บอไนเซชั่น (Carbonization) จนสารอินทรีย์ในเนื้อไม้สลายตัวกลายเป็นถ่าน แล้วดักเก็บควันไฟขณะเผาถ่านจนได้หยดน้ำใสหรือมีสีเหลืองปนน้ำตาลมีกลิ่นควันไฟ เรียกว่าน้ำส้มควันไม้ ในการศึกษานี้ การผลิตน้ำส้มควันไม้ หมายถึง กระบวนการให้ความร้อนกับเปลือกหมาก โดยการเปิดช่องหน้าเตา

เพื่อจุดไฟเร่งเชื้อเพลิงให้ความร้อนและอากาศไหลเข้าการเพื่อปรับอุณหภูมิต่าง ๆ ในระยะที่สารอินทรีย์ในเนื้อไม้สลายตัวกลายเป็นถ่าน แล้วดักเก็บควันไฟขณะเผาถ่านจนได้หยดน้ำใสหรือมีสีเหลืองปนน้ำตาลมีกลิ่นควันไฟ

1.6.3 เปลือกหมาก คือ เปลือกของผลหมากซึ่งในการวิจัยนี้ เป็นเปลือกหมากสดพันธุ์ต้นสูง

1.6.4 อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมากเพื่อผลิตน้ำส้มควันไม้ คือ อุณหภูมิภายในเตาผลิตน้ำส้มควันไม้ในช่วงที่ไม้กำลังเปลี่ยนเป็นถ่าน (Carbonization) ในการศึกษานี้แบ่งเป็น

1.6.4.1 ช่วงอุณหภูมิที่ (1) 301-320 °C วัดโดยการตรวจอุณหภูมิปากปล่องควัน เท่ากับ 82 -84 °C

1.6.4.2 ช่วงอุณหภูมิที่ (2) 321-340 °C วัดโดยการตรวจอุณหภูมิปากปล่องควัน เท่ากับ 85-89 °C

1.6.4.3 ช่วงอุณหภูมิที่ (3) 341-360 °C วัดโดยการตรวจอุณหภูมิปากปล่องควัน เท่ากับ 90-94 °C

1.6.5 อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้คือ อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อนจากปล่องดักควันที่สู่อากาศรอบปล่องดักควันที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ความชื้นในควันก็จะควบแน่นเป็นหยดน้ำ ที่เรียกว่าน้ำส้มควันไม้

1.6.6 วิธีการทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์ หมายถึง การกำจัดน้ำดินในน้ำส้มควันไม้ ในการศึกษานี้ ได้แก่

1.6.6.1 วิธีที่ (1) กรองด้วยกรวดและทราย ร่วมกับการดูดซับด้วยธูปฤษี

1.6.6.2 วิธีที่ (2) การเติมอากาศ - ถ่านกัมมันต์ ร่วมกับกรองด้วยกรวดและทราย

1.6.6.3 วิธีที่ (3) การทิ้งให้ตกตะกอน 90 วัน

1.6.7 ประสิทธิภาพการผลิตน้ำส้มควันไม้ คือ ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก ได้แก่ ปริมาณน้ำส้มควันไม้ คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากกระบวนการผลิต

1.7 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.7.1 เพื่อให้ได้สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมากที่มีประสิทธิภาพ

1.7.2 เพื่อสร้างรูปแบบในการกำจัดมูลฝอยชุมชนให้เหมาะสมโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีแบบผสมผสานแปรรูปมูลฝอยเหลือทิ้งหมุนเวียนกลับมาใช้ประโยชน์ทดแทนสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต และสภาพแวดล้อม

บทที่ 2

ปริทัศน์เอกสารข้อมูล

ในการวิจัยเรื่อง การศึกษาการผลิตน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก (wood vinegar produced from Areca nut *(Areca catechu* L.)) มีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 หมาก

2.2 การจัดการมูลฝอยอินทรีย์

2.3 การเผาถ่าน

2.4 การผลิตน้ำส้มควันไม้และองค์ประกอบในน้ำส้มควันไม้

2.5การวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำส้มควันไม้

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.7 กรอบแนวคิดการวิจัย

2.1 หมาก

2.1.1 ข้อมูลทั่วไปของหมาก

2.1.1.1 ชื่อสามัญ Areca nut, Areca nut palm, Areca palm, Betel nut palm, Betel Nuts

2.11.2 ชื่อวิทยาศาสตร์ *Areca catechu* L.จัดอยู่ในวงศ์ปาล์ม (ARECACEAE) ซึ่งแต่เดิมใช้ชื่อวงศ์ว่า PALMAE หรือ PALMACEAE

2.1.1.3 ชื่อท้องถิ่นอื่น ๆ ว่า หมากเมีย (ทั่วไป), หมากสง (ภาคใต้), แซ (กะเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน), สีซะ (กะเหรี่ยง-ภาคเหนือ), มะ (ชอง-ตราด), เซียด (ชาวบน-นครราชสีมา), ปีแน (มลายู-ภาคใต้), ปิงน๊อ (จีนแต้จิ๋ว), ปิงหลาง (จีนกลาง) เป็นต้น

2.1.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

หมาก เป็นพืชตระกูลปาล์มชื่อภาษาอังกฤษ Betel nuts หรือ Arecanut หรือ Arceanut plam เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวไม่มีรากแก้ว รากฝอยกระจายรอบโคนต้นมากน้อยขึ้นอยู่กับอายุและความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยมีลักษณะดังนี้

2.1.2.1 ลำต้น

หมากเป็นไม้ยืนต้นมีลำต้นเดี่ยวไม่แตกกอเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5-6 นิ้ว ระยะแรกจะมีการเจริญโตด้านกว้าง และด้านสูงหลังจากหยุดเจริญเติบโตจะเจริญเติบโตด้านความสูง รูปทรงกระบอกตรงหมากมีตายอด ส่วนปลายสุดของลำต้น ถ้ายอดตายหมากจะตาย ยอดจะเป็นที่เกิดของใบหลังจากใบร่วงหล่นจะทิ้งรอยติดของใบเรียกว่าข้อข้อของหมากสามารถคำนวณหาอายุหมากได้ 1 ปี หมากจะมีใบหรือข้อเพิ่มขึ้น 5 ใบ หรือ 5 ข้อ ต้นหมากมีเนื้อเป็นเสี้ยนยาว ๆ จับตัวกันแน่นบริเวณเปลือกนอกลึกเข้าไปประมาณ 2 เซนติเมตรส่วนกลางลำต้นเป็นเสี้ยนไม่อัดแน่นเหมือนด้านนอกและมีเนื้อไม้อ่อนนุ่นคล้ายฟองน้ำทำให้ต้นหมากเหนียวและสามารถโยกโอนเอนได้มาก ดังภาพประกอบ 1 (สำนักงานเกษตรจังหวัดฉะเชิงเทรา, 2555)

ภาพประกอบ 1 ลักษณะของลำต้นของหมาก

2.1.2.2 ใบ

เกิดจากเนื้อเยื่อส่วนปลายยอดปลายลำต้นประกอบด้วยโคนกาบใบเรียกว่ากาบหมากหุ้มติดลำต้นเป็นแผ่นใหญ่ ก้านประกอบด้วยใบย่อยเมื่อหมากออกดอก ดอกหรือภาษาท้องถิ่นเรียกจั่นหมาก ซึ่งถูกห่อหุ้มด้วยกาบหมากเมื่อกาบหมากแก่หลุดร่วงไปจะเห็นดอกหมาก ดังภาพประกอบ 2 (สำนักงานเกษตรจังหวัดฉะเชิงเทรา, 2555)

ภาพประกอบ 2 ลักษณะของใบหมาก

2.1.2.3 ดอก

ดอกหมากหรือจั่นหมากเกิดบริเวณซอกโคนก้านใบหรือกาบหมากดอกออกรวมกันเป็นช่อใหญ่ประกอบด้วยโคนจั่นยึดติดอยู่ที่ข้อของลำต้น ก้านช่อดอกเป็นเส้นยาวแตกออกโดยรอบแกนกลางก้านช่อดอกจะมีทั้งดอกตัวผู้ และดอกตัวเมียโดยตัวผู้อยู่ส่วนปลายตัวเมียอยู่ด้านล่างหรือด้านใน ดอกตัวผู้ใช้เวลานาน 21 วัน หลังจากนั้น 5 วัน ดอกตัวเมียเริ่มบาน ดังภาพประกอบ 3 (สำนักงานเกษตรจังหวัดฉะเชิงเทรา, 2555)

ภาพประกอบ 3 ลักษณะของดอกหมาก

2.1.2.4 ผล

ผลหมากมีลักษณะกลมหรือกลมรีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 – 2.5 โดยเฉลี่ยผลรวมกันเป็นทะลาย ใน 1 ทะลายจะมีผลอยู่ประมาณ 10 – 150 ผล ผลอ่อนสีเขียวเข้ม เรียกหมากดิบผลแก่จะผิวเปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมส้มทั้งผลเรียกหมากสุกหรือหมากสงผลประกอบด้วย 4 ส่วน คือ

1) เปลือกชั้นนอก ส่วนเปลือกเป็นเยื่อบางๆ สีเขียว เนื้อเปลือกมีเส้นใยละเอียด เหนียว

2) เปลือกชั้นกลางเป็นเส้นใยหนามากมองเห็นชัดเมื่อผลอ่อนเส้นใยสีขาวและอ่อนนุ่มเมื่อแก่จะมีเส้นใยสีเหลืองเหนียว และแข็งขึ้น

ภาพประกอบ 4 ส่วนประกอบต่างๆ ของผลหมาก

2.1.3 พันธุ์หมาก

แบ่งตามลักษณะได้ 2 ลักษณะ คือ

2.1.3.1 แบ่งตามลักษณะของผล

1) ผลกลมแป้น หมากชนิดนี้จะมีผลกลมใหญ่ รูปทรงของผลมีลักษณะกลม หรือแป้น ขนาดของเมล็ดจะมีลักษณะเช่นเดียวกับผล เปลือกมีความหนาแน่นค่อนข้างสม่ำเสมอกัน

2) ผลยาว หมากชนิดนี้มีผลเล็กกว่า พันธุ์ผลกลมแป้นรูปทรงผลมีลักษณะยาวรี ขนาดเมล็ดมีลักษณะไม่แน่นอน อาจจะกลม หรือยาวก็ได้ ผลเปลือกมีความหนาแน่นไม่ค่อยสม่ำเสมอกันส่อนใหญ่เปลือกทางด้านขั้วจะหนากว่าส่วนอื่น

2.1.3.2 แบ่งตามลักษณะทรงของลำต้น

1) พันธุ์ต้นสูง ลักษณะลำต้นสูง ค่อนข้างเล็ก ปล้องห่าง ใบยาว จั่นยาว ได้ผลผลิตสูง

2) พันธุ์ต้นเตี้ย ลักษณะลำต้นเตี้ย อวบใหญ่ ปล้องถี่ ข้อเกือบติดกัน ใบสั้น จั่นสั้น ออกผลผลิตน้อย เหมาะที่จะใช้เป็นไม่ประดับ หรือใช้ในการปรับปรุงพันธุ์

3) พันธุ์ต้นกลาง ลักษณะลำต้นสูงปานกลาง ต้นอวบใหญ่ ปล้องห่างปานกลาง ใบสั้นปานกลาง จั่นอวบใหญ่ แต่ค่อนข้างสั้น ให้ผลผลิตค่อนข้างสูง (สำนักงานเกษตรจังหวัดฉะเชิงเทรา, 2555)

2.1.4 ข้อมูลทางเภสัชวิทยาของต้นหมาก

2.1.4.1 สารที่พบมีหลายชนิด ได้แก่ Arecoline, Arecaidine, Arecolidine, Guvacoline, Guvacine, Isoguvacine, Leucocyanidin, Alkaloid 0.3-0.7%, Tanin 15 % และพบน้ำมันระเหย 18 % เป็นต้น

2.1.4.2 เมล็ดมีสาร Procyanidins ที่ช่วยยับยั้งการเจริญของเชื้อที่ทำให้เกิดโรคฝันผุ

2.1.4.3 เมล็ดมีสาร Arecatannin B1 ซึ่งเป็นสารที่สามารถยับยั้งเอนไซม์ที่มีความจำเป็นต่อเชื้อโรคเอดส์ ซึ่งควรทำการวิจัยต่อไป

2.1.4.4 สารที่สกัดได้จากเนื้อผลของผลหมาก เมื่อนำไปให้สัตว์ทดลองกิน พบว่ามีผลกระตุ้นให้กระเพาะและลำไส้ที่หดเกร็งเคลื่อนไหวได้ และยังช่วยทำให้น้ำย่อยของกระเพาะและลำไส้เพิ่มมากขึ้นอีกด้วย

2.1.4.5 สาร Arecoline มีคุณสมบัติกระตุ้นการทำงานของหัวใจ แรงดันโลหิต ปริมาณของน้ำตาลกลูโคสในสมอง

2.1.4.6 เนื้อผลมีฤทธิ์ฆ่าพยาธิตัวกลมและพยาธิตัวแบนได้ดี เพราะมีสาร Arecoline ซึ่งมีฤทธิ์ทำให้พยาธิมึนชาได้ โดยเฉพาะใช้เป็นยาถ่ายพยาธิในหมูจะมีประสิทธิภาพดีมาก (ผล)

2.1.4.7 เมื่อนำเนื้อในผลมาต้มกับน้ำแล้วป้อนให้หนูทดลองกิน พบว่าภายใน 20 นาที สามารถฆ่าพยาธิในหนูทดลองได้

2.1.4.8 สารสกัดด้วยเอทานอลจากเนื้อของผลหมากสง มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของคะน้าได้

2.1.4.9 หมากมีสารอัลคาลอยด์ที่มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อราและฆ่าเชื้อไวรัส

2.1.4.10 มีรายงานความเป็นพิษพบว่าเมล็ดหมากทำให้เกิดการก่อนกลายพันธุ์ เนื้องอกและมะเร็งซึ่งคาดว่าเกิดจากสารแทนนิน โดยพบว่าคนที่กินหมากจะมีความเสี่ยงต่อโรคมะเร็งในช่องปาก

2.1.4.11 มีรายงานว่าการเคี้ยวหมากอาจทำให้เกิดอาการลิ้นและเหงือกเป็นฝ้าขาวเกิดเส้นใยใต้เยื่อเมือกและการเกิดมะเร็งในช่องปาก ซึ่งน่าจะมาจากสาร Cytotoxic และ Teratogenic N- nitrosamines (เมดไทย, 2558)

2.1.5 การใช้ประโยชน์

2.1.5.1 ใช้ในพิธีทางศาสนา เช่น พิธีกรานกฐินเมื่อออกพรรษา

2.1.5.2 ใช้ในการบริโภคเป็นของขบเคี้ยว ปัจจุบันคนนิยมกินหมากน้อย นอกจากประเทศไทยแล้ว มีประเทศพม่า อินเดีย ศรีลังกา อินโดนีเซีย ที่ประชาชนยังนิยมกินหมากเช่นกัน

2.1.5.3 ใช้เป็นยาสมุนไพร เช่น

1) กำจัดหนอนที่แผลของ โค กระบือ

2) ใช้เป็นยาสมานแผล ใช้เมล็ด (เนื้อ) หมากปิดแผล จะทำให้เลือดหยุดไหล และแผลหายเร็ว

3) ใช้เป็นยาถ่ายพยาธิในสัตว์

4) ใช้ขบเคี้ยว เพื่อรักษาเหงือก และฟันให้คงทน

5) ใช้รักษาอาการท้องเดิน ท้องเสีย

6) ในยุโรป ใช้เป็นส่วนผสมของยาสีฟัน เชื่อว่าทำให้ฟันขาว

7) นำรากมาต้มกิน เป็นยาแก้ปากเปื่อย ขับปัสสาวะ และโรคบิด

8) ใบนำมาต้มเป็นยาขับพิษ หรือนำมาทาแก้คัน

2.1.5.4 ใช้ในทางอุตสาหกรรม ผลหมากเมื่อนำมาสกัดจะได้ไขมัน เมือก ยาง และสารอัลคาลอยล์ Arecoline ซึ่งมีแทนนินสูง จึงสามารถใช้ในอุตสาหกรรมได้หลายชนิด เช่น

1) ใช้ทำสีต่าง ๆ

2) ใช้ย้อมแหอวน ทำให้แหอวนนิ่ม อ่อนตัวยืดอายุการใช้งานได้นาน เส้นด้ายไม่เปื่อยเร็ว

3) ใช้ทำยารักษาโรค

2.1.5.5 ใช้ในประโยชน์อื่น ๆ เช่น กาบใช้ทำเช่น ยาสมานแผล ยาถ่ายพยาธิสัตว์ ยาแก้ปากเปื่อยเป็นต้น

4) ใช้สกัดเป็น น้ำยาฟอกหนังทำให้หนังนิ่มมีสีสวย

ปลอกมีด ทำพัด ลำต้นใช้ทำเสา ทำสะพาน และทำเฟอร์นิเจอร์ จั่นหรือดอกหมาก เมื่อยังอ่อนใช้รับประทานอาหาร ยอดอ่อนใช้ปรุงหาร (สัจจะ ประสงค์รัพย์, 2555)

2.1.6 ผลผลิต

การให้ผลผลิตหมากแบ่งออกได้ 2 ช่วงซึ่งหมากจะให้ผลเกือบตลอดปีขึ้นอยู่กับอายุของต้นหมากสภาพแวดล้อม อายุและความอุดมสมบูรณ์ช่วงการเก็บเกี่ยวมีดังนี้

2.1.6.1 หมากปีจะเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม – ตุลาคม ช่วงผลผลิตหมากมาก กรกฎาคม – สิงหาคม

2.1.6.2 หมากทะวายเริ่มเก็บเกี่ยวตั้งแต่กุมภาพันธ์ – พฤษภาคม หมากทะวายจะมีราคาแพงกว่า

2.1.7 การเก็บเกี่ยวหมาก

2.1.7.1 ใช้คนปีนขึ้นไปเก็บบนต้น การปีนต้นหมากเหมือนปีต้นมะพร้าว อาจใช้เท้าเปล่าหรือปลอกสรวมเพื่อผ่อนแรงและพักกลางลำต้น ถึงคอหมากจะรองหน้าหมากโดยเก็บมาผ่าดูว่าแก่พอดีหรือไม่ ถ้าใช้ได้ก็จะตัดทะลาย โดยเฉือนบริเวณขั้วให้เกือบขาดแล้วกระชากโยนลงน้ำในร่องสวนหรือวางบนเข่าแล้วเป็นลงมา

2.1.7.2 ใช้ตะขอสอย โดยใช้ไม้ไผ่ทำเป็นด้ามยาวตามความต้องการ ปลายมีตะขอเหล็กลักษณะคล้ายเคียวติดอยู่ใช้โดยให้ตะขอเกี่ยวที่ขั้วทะลายแล้วกระชากให้ขาดล่วงลงมา โดยโคนต้นหมากจะมีคน 2 คน ถือกระสอบรอรับหมากที่หล่นลงมาไม่ให้กระแทกกับพื้น (สำนักงานเกษตรจังหวัดฉะเชิงเทรา, 2555)

2.1.8 การแปรรูปหมาก

ผลผลิตหมากนอกจากจำหน่ายเป็นหมากสดหรือหมากดิบก็จะหน่ายเป็นหมากแห้ง การทำหมากแห้งทำได้หลายวิธี

2.1.8.1 หมากแห้งที่ทำจากหมากดิบ มี 5 ชนิด

1) หมากซอย

2) หมากกลีบสับ

3) หมากเสี้ยว หรือหมากเจียน

4) หมากจุก

5) หมากป่น

2.1.8.2 หมากแห้งที่ทำจากหมากแก่หรือหมากส่งมี4ชนิด

1) หมากหั่นหรือหมากอีแปะ

2) หมากผ่าสองหรือหมากผ่าซีก

3) หมากผ่าสี่

4) หมากแห้งทั้งเมล็ด

2.1.8.3 อัตราส่วนหมากดิบทำเป็นหมากแห้ง

1) หมากสด 1,000 ผล ทำหมากแห้งได้ 5 กิโลกรัม

2) หมากสง 1,000 ผล ทำหมากแห้งได้ 14 – 15 กิโลกรัม

2.1.8.4 ตลาดและการจำหน่ายมีการจำหน่าย 3 ลักษณะ คือ

1) จำหน่ายในรูปหมากกินหรือหมากสดโดยเกษตรกรจำหน่ายเองที่แปลง

2) การจำหน่ายในรูปของหมากสงราคาจะไม่ดีสู้หมากดิบไม่ได้

3) การจำหน่ายในรูปหมากแห้งเป็นผลผลิตที่มีทั้งการบริโภคภายในประเทศ และการส่งออก (สำนักงานเกษตรจังหวัดฉะเชิงเทรา, 2555)

2.2 การจัดการมูลฝอยอินทรีย์

2.2.1 องค์ประกอบที่สำคัญในการจัดการมูลฝอย

องค์ประกอบสำคัญในการจัดการมูลฝอย มี 5 ประการ คือ

1) ชนิด ปริมาณ และลักษณะของมูลฝอย

(1) ชนิดและปริมาณตามประเภทของกิจกรรมและแหล่งกำเนิด

(2) ปริมาณที่ผลิตออกมาและเก็บขนได

(3) ลักษณะและส่วนประกอบของมูลฝอยในชุมชนนั้น

2) ค่าใช้จ่าย

(1) ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

(2) ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและซ่อมแซมบำรุงรักษา

3) ปัญหาเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม

(1) การทำให้เกิดมลพิษแก่พื้นดินและแหล่งน้ำ

(2) การทำให้เกิดมลพิษแก่อากาศ

(3) ปัจจัยอื่นๆ ที่อาจมีผลกระทบต่อสุขภาพและความเป็นอยู่ของมนุษย์

(4) ทัศนียภาพของพื้นที่และบริเวณใกล้เคียง

4) การนำเอาทรัพยากรบางส่วนจากมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน

(1) ทางด้านพลังงาน (energy)

(2) ทางด้านวัสดุ (materials)

(3) ทางด้านพื้นที่ดิน (land area)

5) กฎหมาย ระเบียบ ข้อบังคับ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการกำจัดมูลฝอย (ปรีดา แย้มเจริญวงศ์, 2532)

2.2.2 การกำจัดมูลฝอยอินทรีย์

2.2.2.1 แนวความคิดเกี่ยวกับการจัดการมูลฝอยอินทรีย์

การจัดการมูลฝอย กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2546) ได้อธิบายวิธีการดำเนินงานในการจัดการมูลฝอยนั้นมีอยู่หลายขั้นตอนที่สำคัญ ได้แก่

1) การเก็บรวบรวม (Storage and Collection) เริ่มตั้งแต่การเก็บมูลฝอยอินทรีย์นั้น ๆ แยกแหล่งกำจัดหรือประโยชน์อื่นๆ แล้วแต่กรณี

2) การขนส่ง (Transportation) เป็นการนำมูลฝอยอินทรีย์ที่เก็บรวบรวมจากชุมชนใส่ยานพาหนะ แล้วนำไปยังที่กำจัดหรือทำประโยชน์อย่างอื่นซึ่งอาจ เป็นการขนส่งโดยตรงจากแหล่งกำเนิดที่เดียว หรืออาจขนไปพักรวมไว้ที่ใดที่หนึ่ง

3) การแปรสภาพ (Processing) เป็นวิธีการที่จะทำให้มูลฝอยอินทรีย์นั้นสะดวกแก่การเก็บขนย้าย หรือนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่น การแปรสภาพนี้อาจ ทำได้โดยการบดอัดเป็นก้อน

4) การกำจัดหรือทำลาย (Disposal) เป็น วิธีการจัดการมูลฝอยอินทรีย์ขั้นสุดท้ายเพื่อให้มูลฝอยอินทรีย์นั้นๆ ไม่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษ ต่อสภาพแวดล้อมอันมีผลกระทบต่อสุขภาพและความเป็นอยู่ของมนุษย์ (กิติชัย รักตะนิษฐ์, 2558)

2.2.2.2 แนวทางปฏิบัติในเรื่องของการกำจัดมูลฝอยอินทรีย์ให้ถูกวิธี

วิธีการกำจัดมูลฝอยอินทรีย์นั้นสามารถทำได้หลายรูปแบบ ได้แก่ การนำไปกองทิ้งบนพื้นดิน (Dumping on Land) ทิ้งลงทะเล (Dumping at Sea) หมักทำปุ๋ย (Composting) นำไปเลี้ยงสัตว์ (Hog Feeding) เผากลางแจ้ง (Open Burning) เผาในเตาเผา (Incineration) และการฝังกลบที่ถูกสุขลักษณะ (Sanitary Landfill) เป็นต้น การกำจัดมูลฝอยที่ กล่าวมานี้บางวิธีไม่เป็นการกำจัดที่ถูกต้องทำให้เกิดมลพิษต่อสภาพแวดล้อม และมีผลกระทบต่อสุขภาพของบคุคลและชุมชนได้ วิธีการกำจัดมูลฝอยอินทรีย์ที่ถือได้ว่าถูกสุขลักษณะนั้นควรจะมีลักษณะดังต่อไปนี้

1) ไม่ทำให้เป็นแหล่งอาหาร และแหล่งเพาะพันธุ์ของสัตว์ และแมลงนำโรคเช่น หนูแมลงวัน ยุง แมลงสาบและสุนัข เป็นต้น

2) ไม่ทำให้เกิดการปนเปื้อนในแหล่งน้ำ ทั้งแหล่งน้ำผิงดิน (Surface Water) และแหล่งน้ำใต้ดิน (Underground Water)

3) ไม่ทำให้เกิดมลพิษต่อสภาพแวดล้อม

4) ไม่ทำให้เป็นเหตุแห่งความรำคาญอันเนื่องมาจากเสียง กลิ่น ควัน ผงและฝุ่นละออง

5) ไม่ทำให้เสื่อมเสียต่อทัศนียภาพ

จะเห็นได้ว่า การกองทิ้งบนพื้นดินการนำมูลฝอยไปทิ้งทะเลรวมทั้งการเผากลางแจ้งยังไม่ถือว่า เป็นกำจัดที่ถูกสุขลักษณะ เพราะทำให้เกิดปัญหา มลพิษต่อสภาพแวดล้อมมากมาย ส่วนวิธีการหมักทำปุ๋ย การนำไปเลี้ยงสัตว์ การคัดแยกก็มิใช่การกำจัดที่แท้จริงเป็นเพียงขั้นตอนหนึ่งในกระบวนการจัดการ วิธีกำจัดขั้นสุดท้ายซึ่งเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่าถูก สุขลักษณะในปัจจุบันได้แก่ เผาในเตาเผา (Incineration) และการฝังกลบที่ถูกสุขลักษณะ (Sanitary Land-fill) (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2542)

2.2.4.3 เทคโนโลยีการกำจัดมูลฝอยอินทรีย์

1) ระบบทำปุ๋ยหมัก

เป็นการย่อยสลายอินทรีย์สารโดยขบวนการทางชีววิทยาของจุลินทรีย์เป็นตัวการย่อยสลายให้แปรสภาพเป็นแร่ธาตุที่มีลักษณะค่อนข้างคงรูปมีสีดำค่อนข้างแห้ง และสามารถใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของดิน กระบวนการหมักทำปุ๋ยสามารถแบ่งเป็น 2 กระบวนการ คือ

(1) กระบวนการหมักแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Decomposition) ซึ่งเป็นการสร้างสภาวะที่จุลินทรีย์ชนิดที่ดำรงชีพโดยใช้ออกซิเจนย่อยสารอาหารแล้วเกิดการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและกลายสภาพเป็นแร่ธาตุเป็นขบวนการที่ไม่เกิดก๊าซกลิ่นเหม็น

(2) กระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Decomposition) เป็นการสร้างสภาวะให้เกิดจุลินทรีย์ชนิดที่ดำรงชีพโดยใช้ออกซิเจนเป็นตัวช่วยย่อยสารอาหาร และแปรสภาพกลายเป็นแร่ธาตุขบวนการนี้มักจะเกิดก๊าซที่มีกลิ่นเหม็นเช่น ก๊าซไข่เน่า (Hydrogen Sulfide: H_2S) แต่ขบวนการนี้จะมีผลดีที่เกิดก๊าซมีเทน (Methane gas) ซึ่งเป็นก๊าซที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงได้

2) ระบบการเผาในเตาเผา

เป็นการทำลายขยะมูลฝอยด้วยวิธีการเผาทำลายในเตาเผาที่ได้รับการออกแบบก่อสร้างที่ถูกต้องและเหมาะสมโดยต้องให้มีอุณหภูมิในการเผาที่ 850 - 1,200 °C เพื่อให้การทำลายที่สมบูรณ์ที่สุดแต่ในการเผามักก่อให้เกิดมลพิษด้านอากาศได้แก่ ฝุ่นขนาดเล็ก ก๊าซพิษต่างๆ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfer dioxide: SO_2) เป็นต้น นอกจากนี้แล้วยังอาจเกิดไดออกซิน (Dioxins) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งและเป็นสารที่กำลังอยู่ในความสนใจของประชาชน ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องมีระบบควบคุมมลพิษทางอากาศและดักมิให้อากาศที่ผ่านปล่องออกสู่บรรยากาศมีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศจากเตาเผาที่กำหนด

3) ระบบฝังกลบอย่างถูกสุขาภิบาล (Sanitary Landfill)

เป็นการกำจัดขยะมูลฝอยโดยการนำไปฝังกลบในพื้นที่ที่ได้จัดเตรียมไว้ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ได้รับการคัดเลือกตามหลักวิชาการทั้งทางด้าน เศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อมวิศวกรรม สถาปัตยกรรม และการยินยอมจากประชาชน จากนั้นจึงทำการออกแบบและก่อสร้าง โดยมีการวางมาตรการป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นเช่น การปนเปื้อนของน้ำเสียจากกองมูลฝอยที่เรียกว่า น้ำชะมูลฝอย (Leachate) ซึ่งถือว่าเป็นน้ำเสียที่มีค่าความสกปรกสูงไหลซึมลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน ทำให้คุณภาพน้ำใต้ดินเสื่อมสภาพลงจนส่งผลกระทบต่อประชาชนที่ใช้น้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภคนอกจากนี้ยังต้องมีมาตรการป้องกันน้ำท่วม กลิ่นเหม็นและผลกระทบต่อสภาพภูมิทัศน์ รูปแบบการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล อาจใช้วิธีขุดให้ลึกลงไปในชั้นดินหรือการถมให้สูงขึ้นจากระดับพื้นดินหรืออาจจะใช้ผสมสองวิธี ซึ่งจะขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ (กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

2.3 การเผาถ่าน

2.3.1 เตาผลิตถ่าน

2.3.1.1 เตาผลิตถ่านมีด้วยกันหลากหลายชนิด แตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์ในการใช้งานแบ่งได้เป็น 2 ประเภท เตาผลิตถ่านระบบอุตสาหกรรม เป็นเตาผลิตถ่านที่มีวัตถุประสงค์ในการนำผลพลอยได้ไปเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเคมี โดยนำควันทีเกิดขึ้นจากการเผาถ่านมาควบแน่นแล้วนำของเหลวที่ได้มากลั่นส่วนเตาประเภทนี้มี จุดเด่นคือ มีกำลังการผลิตสูง และยังสามารถนำวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรและอุตสาหกรรมป่าไม้มาเป็น วัตถุดิบได้อีกทางหนึ่ง

2.3.1.2 เตาผลิตถ่านแบบดั้งเดิม

สามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด

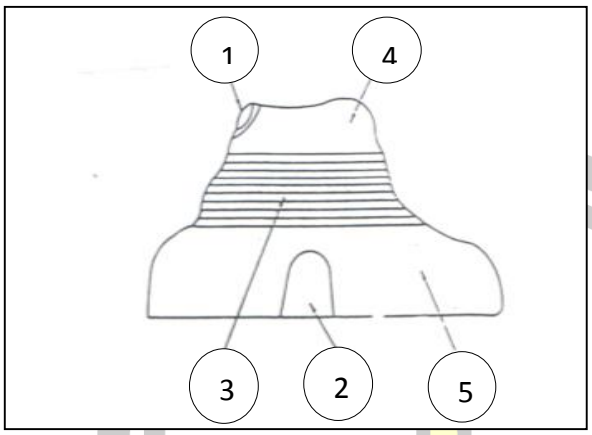
1) เตาหลุมหรือเตากลบ (Ground pit or heap kiln) เป็นเตาชนิดแรกของโลกที่ยังคงใช้อยู่จนถึงปัจจุบัน มีรูปร่าง ขนาด และวัสดุที่ใช้กลบแตกต่างกันไปแต่ละภูมิภาค เช่น เตากลม เตาเหลี่ยม เตาโดม เป็นต้น กลบด้วยดิน แกลบ ขี้เลื่อย เป็นต้น เตาชนิดนี้ก่อสร้างง่าย ราคาถูก แต่ผลผลิต และคุณภาพต่ำเนื่องจากอากาศสามารถไหลผ่านวัสดุที่ใช้กลบได้

2) เตาโลหะ (Metal kiln) เป็นเตาขนาดเล็กสามารถเคลื่อนย้ายได้ ให้ผลผลิตและคุณภาพถ่านดีพอสมควร แต่อายุการใช้งานสั้นเนื่องจากความร้อนและกรดในควันขณะเผาถ่านไม้

3) เตาดินหรืออิฐก่อ (Mud or brick kiln) เตาชนิดนี้ได้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง แบ่งออกเป็น 3 แบบคือ

(1) เตาแบบตะวันออกกลาง มีใช้ในอิรัก อิหร่าน ปากีสถาน เป็นต้น เป็นเตาทรง กลมก่อสร้างด้วยหินโดยมีดินเหนียวเป็นตัวประสาน ดังภาพประกอบ 5

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



1 คือ ช่องอากาศเข้า และช่องใส่ฟืน

2 คือ หน้าเตา

3 คือ ฟืนเล็ก

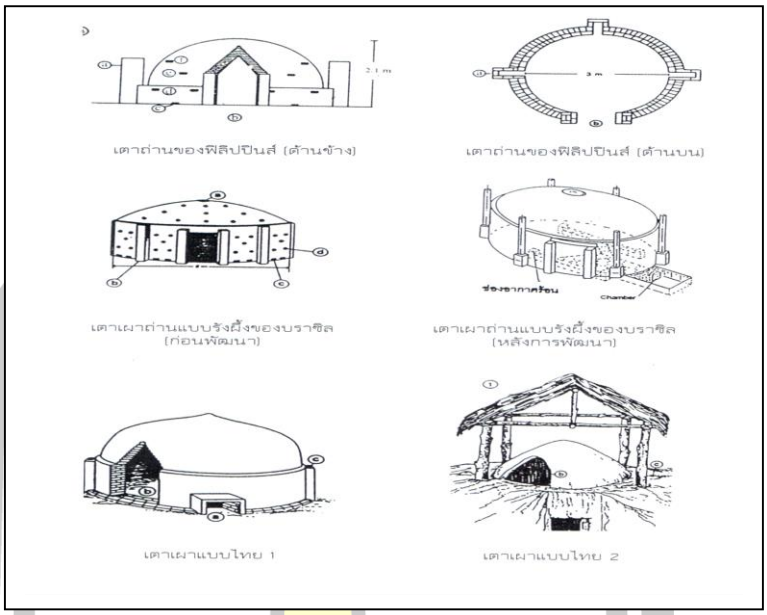
4 คือ เพดานทำด้วยดินเหนียวปั้น

5 คือ ตัวเตาทำด้วยดินเผา

ที่มา: สุพรชัย มั่งมีสิธิ์ (2551)

ภาพประกอบ 5 เตาเผาถ่านแบบตะวันออกกลาง

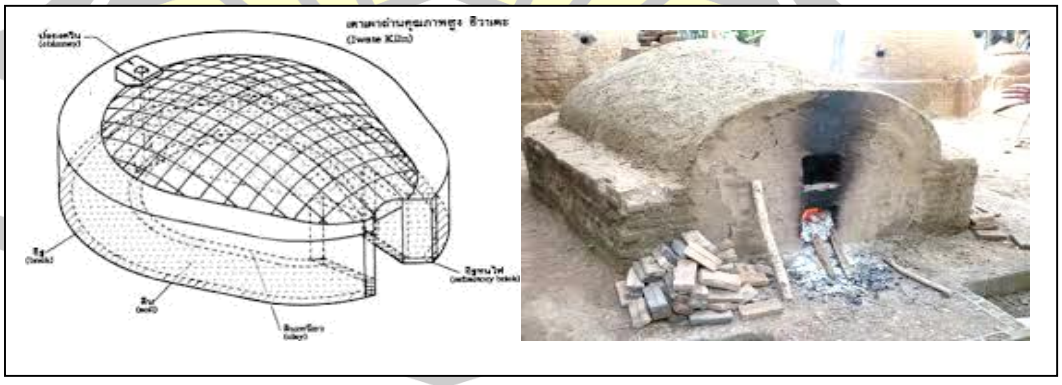
(2) มีใช้ในยุโรปและอาณานิคม เป็นเตาทรงโดมมีช่องลมเข้าโดยรอบจึงเรียกว่าเตารังผึ้ง (Beehive kin) มีจุดเด่นคือค่าก่อสร้างถูก ระยะเวลาในการเผาถ่านสั้น ผลผลิตถ่านอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ถึงดีมาก ข้อเสียของเตาแบบนี้คือมีทรงกลมสูง มีช่องเติมเชื้อเพลิงอยู่ด้านข้าง ทำให้การกระจายความร้อนไม่ดีเท่าที่ควร มีช่องอากาศเข้าและปล่องควันหลายจุดทำให้ยากต่อการควบคุม ไม้พื้นที่เป็นวัตถุดิบควรมีความยาวเท่ากับความสูงของเตาหากใช้เศษไม้สั้นจะเรียงฟืนลำบาก ดังภาพประกอบ 6 ซึ่งปัจจุบันได้มีการพัฒนาเตารังผึ้งในหลายประเทศ เช่น กรมป่าไม้ของไทยได้พัฒนาให้เหลือช่องอากาศเข้าเพียงจุดเดียวที่ด้านข้าง ให้ลมร้อนเข้าที่ศูนย์กลางด้านล่างของพื้นเตา



ที่มา: สุพรชัย มั่งมีสิธิ์ (2551)

ภาพประกอบ 6 ลักษณะเตาเผาถ่านแบบยุโรป

(3) เตาแบบจีน มีใช้ในจีน ญี่ปุ่น และเกาหลี เป็นเตารูปไข่หลังคาโค้งเพื่อให้การกระจายความร้อนจากด้านหน้าไปด้านหลังและจากหลังคาไปยังพื้นเป็นไปอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอ ญี่ปุ่นได้พัฒนาเตาชนิดนี้อย่างต่อเนื่อง จนได้เตาถ่านที่เรียกว่า เตาอิวาเตะ (Iwate kiln) ดังแสดงในภาพประกอบ 7 จุดเด่นคือสามารถผลิตถ่านได้ตามวัตถุประสงค์ทุกชนิด แต่มีจุดด้อยคือค่าก่อสร้างสูง (จิระศักดิ์ ผุยมูลตรี, 2548)



ที่มาของภาพ : จิระพงษ์ คูหากาญจ์ (2552)

ภาพประกอบ 7 ลักษณะของเตาเผาถ่านอิวาเตะ (Iwate kiln)

2.3.1.3 ส่วนประกอบที่สำคัญของเตาเผาถ่านไม้

เตาผลิตถ่านทุกประเภท มีส่วนประกอบที่คล้ายคลึงกันอยู่ในหลาย ๆ ส่วน ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญ หากขาดส่วนเหล่านี้ไปอาจจะส่งผลต่อการผลิตถ่าน เช่นได้ผลผลิตต่ำไม่คุ้มกับเวลาและทุนที่ลงไป ก่อให้เกิดมลภาวะกับสิ่งแวดล้อมเป็นต้น ในภาพรวมสามารถสรุปสาระสำคัญของส่วนประกอบที่เตาผลิตถ่านไม้ทุกชนิดต้องมีดังนี้

1) วัสดุที่สร้างตัวเตา อาจจะสร้างขึ้นจาก ดินเหนียว อิฐมอญ อิฐดิบ อิฐ ทนไฟ หรือจากโลหะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ ชนิดของถ่านไม้ที่ต้องการ ประเภทของการผลิต (แบบอุตสาหกรรมทั่วไป) วัสดุดังกล่าวข้างต้นจะเป็นตัวควบคุมปริมาณของอากาศให้พอเหมาะกับสภาพและขนาดของพื้น เพื่อให้ได้ถ่านไม้ตามวัตถุประสงค์

2) แหล่งความร้อน ต้องมีการจัดเตรียมแหล่งความร้อนในการจุดเตาเพื่อการเผาไหม้ ซึ่งอาจทำให้ได้โดยการจุดไม้เล็กๆ ไม่ผุพังที่ใช้ประโยชน์อย่างอื่นไม่ได้แล้ว

3) ช่องอากาศเข้าเตา เพื่อการควบคุมให้ไหลเข้าสู่เตา สำหรับการเผาไหม้ในเตาถ่าน ซึ่งสามารถลดขนาดให้เล็กหรือใหญ่ได้ตามความจำเป็นเพื่อให้ขั้นตอนการกลายเป็นถ่านเป็นไปอย่างสมบูรณ์ และได้ถ่านในปริมาณสูง ถ้าควบคุมส่วนนี้ไม่ดี หมายถึง ปล่อยให้อากาศเข้าเตามากไปหรือเปิดช่องให้กว้างมาก จะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ในเตาผลิตถ่านจนไม่เหลือถ่านไม้เลย จะได้ขี้เถ้าแทน หรือกลับกัน หากเปิดช่องเล็กเกินไปจนอากาศไหลเข้าเตาได้น้อยไม่เพียงพอก็จะทำให้กระบวนการเผาไหม้ภายในเตาดับได้ ในส่วนนี้ถือว่าเป็นส่วนสำคัญของเตาถ่านอีกส่วนหนึ่ง

4) ปล่องระบายควันในเตา เป็นช่องสำหรับระบายแก๊สที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเผาไหม้ในเตาถ่าน และเป็นช่องทางสำหรับเก็บผลพลอยได้ (By Products) คือน้ำส้มไม้ (Wood vinegar)

2.3.1.4 คุณลักษณะของเตาเผาถ่านไม้ที่ดี

ในการพิจารณาที่จะสร้างเตาผลิตถ่านไม้ว่าจะดำเนินการก่อสร้างอย่างไร ด้วยวัสดุอะไร ถึงจะคุ้มทุนและระยะเวลาในการผลิตแต่ละครั้ง ซึ่งเกณฑ์การพิจารณาหลักๆ ดังนี้

1) ความเหมาะสมกับสภาพสังคมและวัฒนธรรมท้องถิ่น เตาผลิตถ่านที่ดีควรสร้างและพัฒนาโดยคนในท้องถิ่นนั้น ๆ เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของคนในพื้นที่และวัตถุดิบที่หาได้ในย่านนั้น ๆ

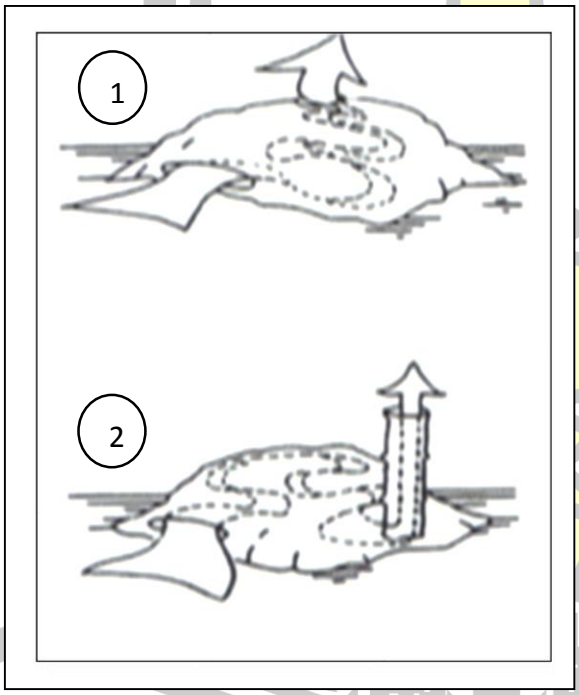
2) ต้นทุนต่ำ เน้นการใช้วัสดุในท้องถิ่นเป็นหลัก โดยทั่วไปผู้ผลิตถ่านไม้มักมีทุนดำเนินการไม่มากนัก ดังนั้นต้องพยายามที่จะสร้างเตาผลิตถ่านที่ลงทุนไม่สูงเกินความสามารถของผู้ประกอบการ

3) ทางเดินก๊าซยาว หมายถึง การพาความร้อนจากหน้าเตาไปยังไม้ฟืนที่อยู่ในเตา ยิ่งทางเดินของควัน (ลมร้อน) มากเท่าใดก็ยิ่งจะเป็นผลดีต่อการผลิตถ่านที่จะได้ (จะได้ถ่านมากและสมบูรณ์) ซึ่งในการสร้างเตาผลิตถ่านแบ่งลักษณะของการนำความร้อนให้ไหลวนภายในเตาเป็น 2 แบบ

(1) การให้ความร้อนแบบตรง คือจากหน้าเตาที่จุดไฟ แล้วทำปล่องควันออกด้านบนและอยู่ตรงกันข้ามกับบริเวณหน้าเตาที่จุดไฟ ลักษณะทางเดินก๊าซแบบนี้จะสั้นความร้อนอาจไม่ทั่วถึงทำให้ถ่านไม่สุกไม่ทั่วถึงกัน

(2) การให้ความร้อนแบบไหลย้อนกลับ คือการให้ความร้อนเข้าบริเวณก้นเตา เช่นเดียวกับแบบแรก แต่ปล่องควันจะถูกติดตั้งที่อยู่ก้นเตาตรงข้ามกันกับประตูหน้าที่จุดไฟ ทำให้ลมร้อนไหลหมุนวนอยู่ภายในเตาไล่ความชื้นออกจากไม้ฟืนได้ดีกว่า ทำให้ถ่านไม้
มีคุณภาพดีกว่าแบบแรก

ดังภาพประกอบ 8



1 คือ การให้ความร้อนแบบตรง
2 คือ การให้ความร้อนแบบไหลย้อนกลับ

ที่มา: สุพรชัย มั่งมีสิธิ์ (2551)

ภาพประกอบ 8 การนำความร้อนให้ไหลวนภายในเตา

(3) การจัดเรียงไม้เข้าเตา ต้องจัดเรียงไม้ฟืนให้เต็มพื้นที่เตาให้มากกว่าที่สุดจะช่วยให้ทางเดินของก๊าซไหลวนในเตามากขึ้น การอัดแน่นของไม้ภายในเตาจะเกิดขึ้นในช่วงแรกเท่านั้น เมื่อไม้ฟืนสะสมความร้อนมากขึ้นจะเกิดการหดตัวลง การถ่ายเทความร้อนจะดีขึ้น

(4) ขนาดที่เหมาะสม โดยปกติเตาผลิตถ่านที่มีขนาดใหญ่จะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า แต่ก็ต้องใช้ทรัพยากรและกำลังคนที่มากตามไปด้วย หากสร้างเตาที่เหมาะสมกับกำลังคนและวัตถุดิบในท้องถิ่นจะทำให้ประหยัดและมีประสิทธิภาพ

(5) การสะสมของไอระเหย ของเหลวที่ได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายตามแนวทางที่นำไปประยุกต์ใช้

(6) ไม่เกิดความร้อนเป็นจุด การไม้หมอนรองไม้ฟืนจะทำให้การไหลวนของลมร้อนเป็นไปอย่างทั่วถึง ทำให้ถ่านสุกทั้งหมด

(7) ระยะห่างต่อรอบการผลิต ถ้าเตาแบบดีจะทำให้รอบของการผลิตถ่านได้เร็วขึ้น (สุพรชัย มั่งมีสิธิ์, 2551)

2.3.2 วิธีการเผาถ่าน

2.3.2.1 การเผาด้วยการสันดาปโดยตรง (Direct draft technique) ทำโดยการจุดไฟที่กองไม้ที่จะใช้เป็นวัตถุดิบในการเผาถ่านโดยตรง เมื่อไฟลุกไหม้ดีแล้วจึงนำวัสดุต่างๆ เช่น แกลบ สังกะสี ขี้เลื่อย ฯลฯ นำมาปิดกองไม้เพื่อดักจับอากาศให้ได้กลายเป็นถ่าน

2.3.2.2 การเผาด้วยการสันดาปทางอ้อม (Indirect or reverse draft technique) โดยการจุดไฟโดยตรงช่องใส่ไฟเพื่อให้อากาศร้อนไปไล่ความชื้นในเนื้อไม้ จนกระทั่งไม้ในเตาเผาถ่านเกิดกระบวนการ เผาถ่านโดยสมบูรณ์ ซึ่งวิธีการเผาถ่านทางอ้อมยังแบ่งออกเป็นวิธีการย่อยได้ โดยมีหลักการสำคัญเหมือนกันยกเว้นวิธีการใส่ฟืนเลียงหน้าเตาเท่านั้น (จิระศักดิ์ ผุยมูลตรี, 2548)

2.3.3 ขั้นตอนการผลิตถ่านไม้คุณภาพสูง

การเผาถ่านเมื่อได้ฟังในเบื้องต้นหลายๆ คน อาจมีความรู้สึกที่ไม่ดีต่อการประกอบอาชีพนี้ หรือกลุ่มที่ไม่ดีต่อการประกอบอาชีพนี้ หรือกลุ่มที่ไม่ทำเป็นอาชีพแต่ทำเพื่อใช้ในครัวเรือนก็ตาม เนื่องจากในอดีตหรือแม้กระทั้งในปัจจุบันนี้ กิจกรรมเหล่านี้ถูกเหมารวมว่าเป็นต้นเหตุของการตัดไม้ทำลายป่า ซึ่งความเข้าใจหรือข้อกล่าวหาดังกล่าวก็ไม่ถูกต้องเสียทั้งหมดนัก อาจจะเป็นจริงอยู่บ้างในบางส่วน และในบางส่วนก็ไม่เป็นจริง เนื่องจากไม้ฟืนที่ใช้ในการผลิตถ่านนั้นในปัจจุบัน จะมีการส่งเสริมให้ปลูกไม้โตเร็วเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนหลายรูปแบบ ประกอบกับในปัจจุบันผู้คนในสังคมมีการรับรู้มากขึ้นในคุณค่าของป่าไม้ ต้นไม้ ในการช่วยให้สิ่งแวดล้อมมีสภาพดีขึ้นช่วยปรับสมดุลของภูมิอากาศรวมถึงฤดูกาลต่างๆ ให้เป็นอย่างพอเหมาะพอดีกับสภาพภูมิประเทศของแต่ละแห่ง กระบวนการผลิตถ่าน เตาที่ใช้ผลิตถ่านไม้ ในปัจจุบันได้รับการพัฒนาปรับปรุงข้อบกพร่องต่าง ๆ ทำให้เกิดการสูญเสียระหว่างการผลิตน้อยลง ได้ผลิตถ่านมากขึ้น และยังสามารถนำผลพลอยได้ (by products) คือน้ำส้มควันไม้ (wood vinegar) ที่เกิดจกการควบแน่นของควันที่ออกมาจากปล่องควัน กลายเป็นของเหลวที่นำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลายในวิถีชีวิตประจำวัน ซึ่งมีมูลค่ามากกว่าถ่านด้วยด้วยซ้ำ อาจกล่าวได้ว่า เทคนิค ข้อมูลเหล่านี้ในสังคมไทยยังมีการรับรู้หรือมีความรู้ความ

เข้าใจอยู่น้อยมาก แต่ในต่างประเทศโดยเฉพาะประเทศ ญี่ปุ่น จีน เกาหลี มีการพัฒนาองค์ความรู้ผลิตถ่านมานับเป็นร้อยปี รวมถึงการนำผลพลอยได้มาปรับใช้ในวิถีชีวิตประจำวันได้อย่างหลากหลาย (สุพรชัย มั่งมีสิธิ์, 2551)

2.3.3.1 การกลายเป็นถ่าน หรือคาร์บอนไนเซชั่น (Carbonization)

“การกลายเป็นถ่าน” หรือคาร์บอนไนเซชั่น (Carbonization) ถ่านไม้ เกิดจากการเผาไหม้ภายในบริเวณที่มีอากาศอยู่เบาบาง หรืออาจกล่าวในทางเทคนิค ก็คือ กระบวนการแยกสารอินทรีย์ภายในไม้ในสภาวะที่มีอากาศอยู่น้อยมาก เมื่อมีการให้ความร้อนระหว่างการเผาถ่านจะช่วยกำจัดน้ำ น้ำมันดินและสารประกอบอื่นๆ ออกจากไม้ฟืน ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการ คือ สารต่างๆ ประกอบด้วย คาร์บอน (80 %) นอกจากนั้นจะเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (10 % - 20 %) เถ้า (0.5 – 10 %) และแร่ธาตุต่างๆ เช่น กำมะถันและฟอสฟอรัส ถ่านที่ได้หลังจากกระบวนการผลิตจะมีปริมาณของคาร์บอนสูงและไม่มีความชื้น ทำให้ปริมาณพลังงานในถ่านสูง โดยมีค่าเป็นสองเท่าของปริมาณพลังงานในไม้แห้ง ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 4 ขั้นตอน คือ

1) การไล่ความชื้น (Dehydration) อุณหภูมิ 20 - 270 °C ขั้นตอนนี้จำเป็นต้องใช้ความร้อนจากภายนอก เพื่อให้ไม้ฟืนเกิดปฏิกิริยาดูดความร้อน (Endothermic reaction) สะสมไว้ให้ได้มากพอที่จะเกิดปฏิกิริยาคายความร้อน (Exothermic reaction) ในขั้นตอนต่อไป การไล่ความชื้นจะใช้วิธีการให้ความร้อนทางอ้อม โดยการจุดไฟหน้าเตา เพื่อนำความร้อนเข้าไปไล่ความชื้นออกจากไม้ฟืนในเตา หากไม้ฟืนในเตามีความชื้นมากก็ต้องใช้เชื้อเพลิงและเวลามากขึ้นด้วย ดังนั้นควรผึ่งไม้สดซึ่งมีความชื้น (น้ำ) ประมาณ 50 – 60 % ให้เหลือความชื้นประมาณ 20 – 30 % เสียก่อน เพื่อเป็นการประหยัดเวลาและเชื้อเพลิง

(1) วิธีการให้ความร้อนในการไล่ความชื้นจากไม้ฟืน มี 2 ลักษณะ คือ

(1.1) การให้ความร้อนโดยตรง ด้วยการจุดไฟที่ไม้ฟืนบางส่วนในเตา เพื่อที่จะทำให้ไม้ฟืนบางส่วนลุกไหม้ และเกิดความร้อนเพียงพอที่จะไล่ความชื้นออกจากไม้ฟืนในส่วนที่เหลือ แต่วิธีนี้จะเสียไม้ฟืนไปบางส่วนทำให้ได้ถ่านน้อย และถ้าควบคุมอากาศในการเผาไหม้ไม่ดีพอก็จะทำให้เกิดเถ้ามาก

(1.2) การให้ความร้อนทางอ้อม ด้วยการจุดไฟที่ไม้ฟืนบางส่วนภายในเตาถ่านที่ทำพื้นที่มาโดยเฉพาะ ดังนั้นเปลวไฟจะไม่เข้าไปถูกไม้ฟืนภายในเตา จะมีเพียงลมร้อนจากหน้าเตาไหลเข้าไป สะสมที่ไม้ฟืน เมื่อถึงจุดที่มีความร้อนเพียงพอไม้ฟืนก็จะคลายความร้อนเหมือนกับวิธีแรก ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้ได้ถ่านในปริมาณมากกว่าวิธีแรก

(2) ขั้นตอนการไล่ความชื้น แบ่งออกเป็น 2 ช่วง

(2.1) ที่อุณหภูมิระหว่าง 20 - 180 °C ในขั้นตอนนี้ควรควบคุมลมร้อนให้หมุนเวียนอย่างสม่ำเสมอทั่วทุกส่วนของเตา เมื่อเริ่มจุดฟืนหน้าเตา อุณหภูมิจะสูงขึ้นเรื่อยๆ จนถึง 180 °C ช่วงนี้ไม้จะคลายน้ำอยู่ที่ระหว่างเซลล์และอยู่ในผนังเซลล์เท่านั้น จะไม่มีน้ำที่เกิดจากการสลายตัวของโครงสร้างเจือปนออกมา ควันที่ออกมาจะมีสีขาวปนน้ำเงินอ่อนจะมีเพียงไอน้ำเท่านั้น

(2.2) ที่อุณหภูมิระหว่าง 180 - 270 °C ช่วงนี้เฮมิเซลลูโลสจะเริ่มสลายตัวออกมา และจะสลายตัวจนหมดที่อุณหภูมิ 260 °C ควรรักษาช่วงอุณหภูมินี้ไว้ให้นานพอสมควร เพื่อให้ไม้ฟืนได้สะสมความร้อนได้ใกล้เคียงกันทั่วทุกจุดของเตา ควันที่ออกมาในช่วงนี้จะเริ่มมีสีเหลืองจางๆ เจือปนอยู่ด้วย และจะมีก๊าซคาร์บอนมอนน๊อกไซด์ (CO) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) กรดน้ำส้ม (Acitic acid) และเมธานอล (Methanol) เจือปนออกมากับควันด้วยแต่มีปริมาณต่ำมาก ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

2) การเปลี่ยนจากไม้ถ่าน (Carbonization)

อุณหภูมิระหว่าง 270 - 400 °C ขั้นตอนนี้แบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ

(1) อุณหภูมิระหว่าง 270 - 300 °C ช่วงนี้ไม้ในเตาสะสมความร้อนไว้มากพอที่จะเกิดปฏิกิริยาคายความร้อน (Exothermic reaction) โดยไม่ต้องเติมฟืนหน้าเตาอีก ไม้ฟืนจะลุกไหม้และสลายตัวโดยความร้อนที่สะสมไว้ในตัวเอง เซลลูโลสจะเริ่มสลายตัวที่อุณหภูมิ 275 °C การสลายตัวจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว ควันที่ออกมาจากปล่องจะมีสีขาวปนเหลืองมีกลิ่นฉุนจัดผู้ผลิตถ่านในประเทศไทยเรียกควันนี้ว่า “ควันบ้า” หลังจากควันบ้ามีปริมาณน้อยลงและเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเทาแล้วจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องควบคุมอุณหภูมิไว้ให้คงที่เป็นเวลานานพอสมควร เพื่อให้ขั้นตอนนี้เป็นไปอย่างช้าๆ และสม่ำเสมอความร้อนจากไม้ด้านบนหน้าเตาจะค่อยๆ ถ่ายเทความร้อนไปยังจุดต่างๆ และสม่ำเสมอความร้อนจากไม้ด้านบนหน้าเตาจะคอยๆ ถ่ายเทความร้อนไปยังจุดต่างๆ ทั่วทั้งเตาอย่างช้าๆ หากปล่อยให้อุณหภูมิขึ้นสูงเร็วเกินไปจะทำให้ไม้ที่สะสมความร้อนไว้มากกว่ากลายเป็นถ่านเสียก่อน ก่อนไม้ไม้ที่สะสมความร้อนไว้น้อยกว่า และอาจมีเปลวไฟแลบออกทางหน้าเตาได้ หากเกิดกรณีดังกล่าวไม้ส่วนบนของเตาจะกลายเป็นเถ้าและไม้ส่วนล่างของเตาจะกลายเป็นส้นถ่าน (ถ่านไม่สุก) ทำให้ปริมาณผลผลิตต่ำ การควบคุมอุณหภูมิสามารถทำได้โดยการควบคุมอากาศที่หน้าเตาควบคู่กับการใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermometer) แต่การวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมมิเตอร์เพียงอย่างเดียวอาจผิดพลาดได้ โดยเฉพาะเมื่อมีการเติมฟืนหน้าเตามากและเร็วเกินไป ดังนั้นการดูสีควัน และการกระเบื้องเคลือบสีขาวมาอังที่ปล่องควันเพื่อดูสีของควันที่กลั่นตัวติดกระเบื้องเคลือบเป็นการตรวจสอบซ้ำ

(2) อุณหภูมิระหว่าง 300 - 400 °C ยังสลายตัวอยู่อย่างต่อเนื่อง และลิกนิน จะเริ่มสลายตัวที่อุณหภูมิ 310 °C การสลายตัวทั้งหมดจะเสร็จสิ้นสมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 400 °C ขั้นตอนการจากไม้เป็นถ่านนี้ ควันที่ออกมาจะประกอบด้วยสารต่างๆ ที่เกิดขึ้นใหม่มากมายหลายชนิดจากการสลายตัวของไม้ด้วยความร้อน (Pyrolysis) และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน

3) การทำถ่านให้บริสุทธิ์ (Refinment) ถึงแม้ว่าขั้นตอนการเปลี่ยนไม้กลายเป็นถ่าน จะเสร็จสิ้นสมบูรณ์แล้วที่อุณหภูมิ 400 °C แต่ยังมีปริมาณคาร์บอนเสถียร (Fixed carbon) ต่ำ และยังคงมีน้ำมันดินเป็นส่วนประกอบในปริมาณที่สูงมาก หากนำไปใช้จะได้ถ่านคุณภาพต่ำและถ้านำไปประกอบอาหารปิ้งย่าง น้ำมันดินที่ยังคงค้างอยู่ในถ่านเมื่อถูกเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 425 °C (โดยปกติเตาหุงต้มมีอุณหภูมิ 500 - 600 °C) จะเกิดเป็นสารประกอบใหม่ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง ได้แก่ 3.4 –bezopyrene และ 1.2.5.6 - dibenzoantracene ดังนั้นจึงต้องเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น โดยการปรับอากาศไหลเข้ามากขึ้น อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จาก 400 °C เป็น 500 °C เพื่อไล่น้ำมันดินออกจากถ่าน อุณหภูมิด้านบนเตาถึง 700°C ในเวลาที่เร็วเกินไปจะทำให้ไม้ด้านบนกลายเป็นเถ้าเสียก่อน ดังนั้น จึงควรควบคุมอุณหภูมิด้วยความระมัดระวังอย่างยิ่ง ในทางปฏิบัติเมื่ออุณหภูมิด้านบนของเตาสูงถึง 700 °C อาจสังเกตได้จากสีของควันที่เริ่มใส ผู้ความคุมการผลิตถ่านจะปิดช่องอากาศเข้า แล้วรอให้ความร้อนถ่ายเทจากด้านบนลงมาที่พื้นเตา อุณหภูมิในเตาจะใกล้เคียงกันทุกจุดประมาณ 500 °C ซึ่งในขณะนั้นจะไม่มีควันเหลืออยู่อีกแล้ว จึงปิดปล่องควันไม้ในช่วงนี้ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ใดๆ ควรนำไปบำบัดทิ้งหรือนำไปเป็นเชื้อเพลิง

4) การทำให้เย็นลง (Cooling) หลังจากปิดปล่องเตาแล้ว ต้องปล่อยให้เตาเย็นลง จึงจะนำถ่านไม้ออกมาใช้งานได้ ก่อนจะเปิดเตาต้องให้อุณหภูมิในต่ำกว่า เพราะว่าถ่านไม้อุณหภูมิสูงสามารถลุกติดไฟเองได้ (spontaneous combustion) ถ้าได้รับออกซิเจน ดังนั้นการเปิดเตาต้องเริ่มเปิดที่ปล่องควันก่อนเพื่อระบายความร้อนและแก๊สที่ยังคงค้างอยู่ในเตาให้หมด หลังจากนั้นจึงเปิดหน้าเตา (สุพรชัย มั่งมีสิธิ์, 2551)

กระบวนการผลิตถ่านทุกขั้นตอน จะใช้เวลามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความชื้นของไม้ฟืน การควบคุมอุณหภูมิ และขนาดของเตา หากเตามีขนาดใหญ่มากกระบวนการทุกขั้นตอนก็จะใช้เวลามากด้วย

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางที่ 1 อุณหภูมิและขั้นตอนการเปลี่ยนเป็นถ่าน

สีของควัน	สีของควันที่กลั่นตัวติดกระเบื้องเคลือบ	อุณหภูมิที่ปล่องควัน (°C)	อุณหภูมิภายในเตา (10 เซนติเมตร.ต่ำจากเพดานเตา)	หมายเหตุ
ขาวปนเหลือง (ควันบ้า)	หยดน้ำใส	80 - 82	320 - 350	เริ่มขั้นตอนการเปลี่ยนเป็นถ่าน
น้ำตาลปนเทา	ของเหลวสีน้ำตาล	82 - 85	350 - 380	เริ่มเก็บน้ำส้มควันไม้
น้ำตาลปนเทา	ของเหลวสีชา	90 - 100	380 - 400	สีน้ำส้มควันไม้เข้ม
น้ำตาลปนขาว	ของเหลวสีน้ำตาลเป็นเส้นเล็ก ๆ	100 - 150	400 - 430	และมีความหนืดมากขึ้น
น้ำตาลปนขาว	ของเหลวสีน้ำตาลเป็นเส้นใหญ่	150 - 170	430 - 450	หยุดเก็บน้ำส้มควันไม้
น้ำตาลปนขาว	ของเหลว	170 - 230	150 - 230	ขั้นตอนเปลี่ยนเป็น
น้ำเงินอ่อนปนขาว	สีน้ำตาลเป็นจุด	230 - 250	500 - 530	ถ่านเสร็จสมบูรณ์
น้ำเงินปนขาว		260 - 300	540 - 570	
ม่วงน้ำเงิน	จุดสีเทา ไม่มีความชื้น	300 - 350	500 - 550	เริ่มขั้นตอนทำให้ถ่านบริสุทธิ์
ควันใส	สีเทาไม่มีจุด	-	700 - 800	ปิดเตา

ที่มา : สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม (2549)

2.3.4 วิธีการใช้เตาเผาถ่านเพื่อผลิตถ่านไม้คุณภาพสูง

การใช้เตาอย่างถูกวิธีมีผลต่อการได้ถ่านไม้คุณภาพสูง ผู้ผลิตถ่านที่มีประสบการณ์สูงจะบอกได้ว่าไม้ฟืนในเตาลุกเป็นถ่านหมดหรือยังโดยสังเกตจากสีควันที่ออกมาจากเตา และการปรับหน้าเตาให้อากาศเข้ามาก้อยเพียงใดที่จะให้ขั้นตอนกลายเป็นถ่านมีความสมบูรณ์ได้ถ่านมากที่สุดและคุณภาพสูงสุดรวมทั้งการให้ความร้อนหน้าเตาช่วงการจุดเตาควรใส่เชื้อเพลิงมากน้อยเพียงใดให้เหมาะสม อุณหภูมิของปล่องควันก็จะช่วยให้ผู้ผลิตถ่านควบคุมอุณหภูมิในเตาได้ ดังนั้นการใช้เตาเผาถ่านในการผลิตถ่านไม้คุณภาพสูงมีแนวทางดังนี้

2.3.4.1 การวัดอุณหภูมิ การตรวจอุณหภูมิปากปล่องควันด้วยเทอร์โมมิเตอร์ที่มีช่วงวัด 0 - 500 °C โดยการแหย่ก้านเครื่องวัดลงในปากปล่องเตาประมาณ 10 เซนติเมตร

2.3.4.2 ควัน จะมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะในระหว่างขั้นตอนต่างๆ ของการเผาถ่าน ดังนี้

1) ในช่วงแรกที่จุดไฟหน้าเตาควันจะมีสีขาวมีลักษณะเป็นคลื่นแล้วหายไปเหนือปล่องควันที่มีความสูง 1 - 2 เซนติเมตร

2) ในช่วงที่ฟืนจะเริ่มกลายเป็นถ่านควันจะเริ่มหนาขึ้นลอยเป็นทางติดต่อกันนานขึ้นและสูงจากปล่องควันประมาณ 15 – 30 เซนติเมตร ก่อนจะจางหายไป

3) เมื่อฟืนเริ่มสุกเป็นถ่านจนกระทั่งหมดทั้งเตา ควันจะหนาขึ้น เป็นสีน้ำเงินและโปร่งแสง

2.3.4.3 การจุดไฟและการควบคุม

1) การจุดไฟเริ่มขึ้นที่อุโมงค์จุดไฟหน้าเตา โดยเปิดปล่องควันให้กว้างสุด อย่าเร่งเติมเชื้อเพลิงเร็วหรือมากเกินไป ควันจะเป็นคลื่นสีขาว อุณหภูมิของควันจะประมาณ 60 °C

2) อุณหภูมิที่เป็นเป้าหมาย คืออุณหภูมิของปล่องควันที่สูงขึ้นประมาณ 78 °C เมื่อถึงจุดนี้อุณหภูมิจะถูกควบคุมให้เพิ่มขึ้นทีละน้อย จนกระถึง 78 °C เป็นช่วงที่ฟืนในเตาเริ่มกลายเป็นถ่านควันและมีกลิ่นฉุนจะลอยขึ้นพ้นปากปล่องควัน 15 - 30 เซนติเมตร ก่อนจะจางหายไป

3) เมื่อขั้นตอนการกลายเป็นถ่านเริ่มขึ้น เติมฟืนหน้าเตาครั้งสุดท้ายแล้วค่อยๆ ปรับหน้าเตาให้เล็กลง เนื่องจากไม้ในเตาได้สะสมความร้อนจากการจุดไฟในเตาเพียงพอแล้วและเริ่มคายความร้อนจึงไม่จำเป็นต้องเติมฟืนอีก ปรับหน้าเตาให้เล็กลงเพื่อควบคุมอากาศไม่ให้ไหลเข้าเตามากเกินไปจะทำให้เตาเกิดการลุกไหมที่ฟืนในเตาทำให้เกิดเถ้ามาก

4) จากจุดเริ่มต้นจุดไฟจนอุณหภูมิปากปล่องมีอุณหภูมิสูงถึง 150 °C ก็เตรียมปิดเตาได้โดยสังเกตสีของควันประกอบ ดังนี้

(1) ควันเริ่มเป็นสีน้ำเงิน และเป็นสายบางๆ ควันลอยอยู่เหนือปล่องควัน 15 – 20 เซนติเมตรควันจะเริ่มโปร่งแสงให้ปิดเตาได้

(2) การปิดเตาให้เริ่มปิดที่ปล่องควันด้วยลูกประคบดิน (ผ้าห่อดินที่แช่น้ำให้เปียก) จากนั้นปิดเตาด้วยดินเหนียวผสมทรายและตรวจดูรอยร้าวหรือแตก ถ้ามีให้ซ่อมแซมรอยร้าวหรือแตกทันที

2.3.5 คุณภาพของถ่านไม้

ถ่านจะมีคุณภาพดีมากน้อยเพียงใดจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก ๆ 2 ปัจจัย คือ ถ่านน้อย

2.3.5.1 ชนิดของไม้ที่ใช้ในการผลิตถ่าน โดยทั่วไปไม้เนื้อแข็งจะกลายเป็นถ่านไม้ที่มีคุณภาพดี ส่วนไม้เนื้ออ่อนก็จะมีคุณภาพรองลงมา

2.3.5.2 กรรมวิธีการผลิต หมายถึง ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตถ่าน และอุณหภูมิภายในเตาถ่าน ถ้าใช้เวลาในการเผาถ่านเร็ว คือโหมเร่งไฟหน้าเตามาก ความร้อนจะเข้าไปในเตาเร็วและมากทำให้ไม้ฟืนในตัวเตาลุกติดไฟและเผาไหม้อย่างรวดเร็ว ผลผลิตถ่านก็จะได้น้อยและคุณภาพไม่ดี จะมีปริมาณก๊าซจากเนื้อไม้มาก ถ่านจึงไม่แกร่ง แต่ถ้าควบคุมอากาศและไฟหน้าเตาให้ค่อยเป็นค่อยไป ปริมาณก๊าซจากไม้ฟืนในเตาจะน้อยและทำให้ถ่านมีคุณภาพดี

สรุป คุณภาพของถ่านจะมีคุณภาพมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับประเภทของไม้ ที่เข้าเตาผลิตถ่านและควบคุมอุณหภูมิ และอากาศ คือถ้าสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในเตาถ่านขณะที่เผาถ่านให้คงที่อยู่ที่ 500 °C ก็จะได้ปริมาณเนื้อถ่านสูง (สุพรชัย มั่งมีสิทธิ์, 2551)

2.4 การผลิตน้ำส้มควันไม้และองค์ประกอบในน้ำส้มควันไม้

2.4.1 น้ำส้มควันไม้

น้ำส้มควันไม้ (Wood Vinegar / Pyroligneous Acid) คือ ของเหลวซึ่งได้จากการไพโรไลซิสของไม้ (Wood Pyrolysis) โดยในการแยกเอาของเหลว อาจใช้อุปกรณ์ซึ่งไม่ซับซ้อนทำการเก็บแยกของเหลวที่ได้จะใสมีสีเหลืองปนน้ำตาล มีกลิ่นควันไฟที่ได้มาจากการควบแน่น (Condensed) ของควันที่เกิดจากการผลิตถ่านไม้ใช้ในช่วงที่ไม้กำลังเปลี่ยนเป็นถ่าน (Carbonization) อุณหภูมิในเตาอยู่ระหว่าง 300-400 °C สารประกอบต่างๆ ในไม้ฟืนจะถูกสลายตัวด้วยความร้อนเกิดเป็น สารประกอบใหม่มากมาย (Pyrolisis) แต่ถ้าเก็บควันในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า 300 °C แม้ว่า เฮมิ-เซลลูโลส (Hemi Cellulose) จะสลายตัวแล้วและเซลลูโลสกำลังเริ่มสลายตัวแต่ก็จะมีสารประกอบที่มีประโยชน์น้อยมากไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และถูกเก็บควันในช่วงอุณหภูมิเกิน 425 °C น้ำมันดิน (Wood Tar) จะสลายตัวเป็นสารก่อมะเร็ง ได้แก่ 3.4 Benzopyrene และ1.2.5.6 Dibenzanthracenementyl Cholinsrene แม้ว่าสารดังกล่าวสามารถกำจัดออกไปได้ง่าย เมื่อมากลั่นซ้ำที่อุณหภูมิ 60 -70 แต่การนำมากลั่นซ้ำก็จะสูญเสีย สารประกอบบางอย่างที่เป็นประโยชน์ต่อการเกษตร (กรมพลังงานทดแทนและการอนุรักษ์พลังงาน, 2550)

2.4.2 ลักษณะทั่วไปของน้ำส้มควันไม้

คุณสมบัติทั่วไปของน้ำส้มควันไม้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑชุมชน (มผช 659/2553) นี้ครอบคลุมเฉพาะน้ำส้มควันไมที่ใชทั่วไปทางดานเกษตรกรรม ที่บรรจุในภาชนะ บรรจุ ไมครอบคุลมน้ำสมควันไมที่ใชเปนสารกำจัดศัตรูพืช ใชในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง อุตสาหกรรม อาหารสัตวและอุตสาหกรรมยา

2.4.2.1 บทนิยาม ความหมายของคำที่ใชในมาตรฐานผลิตภัณฑชุมชนนี้ หมายถึง ผลิตภัณฑที่มีลักษณะเปนของเหลวใส มีสีน้ำตาลแดงหรือสีเหลืองอมน้ำตาล ซึ่งได้จากการควบแน่นของควันไฟที่เกิดจากการเผาไม้ดิบในชวงอุณหภูมิเผา 300 °C ถึง 400 °C โดยใชอุปกรณควบแนนที่ทำจากสเตนเลสหรือไม่ เพื่อปองกันการละลายของแคลเซียม เหล็ก หรือสังกะสี ตั้งทิ้งไวใหตกตะกอนอยางนอย 45 วัน นำมากรอง อาจนำมากลั่นอีกครั้ง แลวบรรจุ ในภาชนะบรรจุที่เหมาะสม สำหรับนำไปใชประโยชนทางดานเกษตรกรรม เชน ปรับสภาพดิน ดับกลิ่น เหม็นในคอกสัตว ลักษณะทั่วไป ตองเปนของเหลวใสเนื้อเดียวกัน

2.4.2.2 ลักษณะ มีสีน้ำตาลแดงหรือสีเหลืองอมน้ำตาล ไมแยกชั้น ไมมีตะกอนหรือสารแขวนลอย ไมมีสิ่งแปลกปลอมที่ไมใชสวนประกอบที่ใช เช่น เสนผม ดิน ทราย กรวด

2.4.2.3 กลิ่น ตองมีกลิ่นเหมือนควันไฟ ปราศจากกลิ่นอื่นที่ไมพึงประสงค เชน กลิ่นเหม็นเปรี้ยว

2.4.2.4 ความเปนกรด-ดาง ตองอยูระหวาง 2.0 ถึง 3.0

2.4.2.5 ความถ่วงจำเพาะ ตองอยูระหวาง 1.010 ถึง 1.025 ที่อุณหภูมิ 25 °C (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2553)

2.4.3 วิธีการเก็บน้ำส้มควันไม้

น้ำส้มควันไม้จะได้จากกการควบแน่นของควันที่เกิดจากการผลิตถ่านไม้ในช่วงที่ไม้กำลังเปลี่ยนเป็นถ่าน (Carbonization) อุณหภูมิในเตาอยู่ระหว่าง 300 – 400 °C สารประกอบต่างๆ ในไม้จะถูกสลายตัวด้วยความร้อนเกิดเป็นสารประกอบใหม่มากมาย แต่ถ้าเก็บ ควันในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า 300 °C แม้ว่าเฮมิเซลลูโลส จะสลายตัวแล้วและเซลลูโลส กำลังเริ่มสลายตัว แต่ก็จะมีสารประกอบที่มีประโยชน์น้อยมากไม่สามารถนำ ไปใช้ประโยชน์ได้ และถ้าเก็บควันไม้ในช่วงอุณหภูมิเกิน 425 °C น้ำมันดินจะสลายตัวเป็นสารก่อมะเร็งจุดสำคัญของการเก็บน้ำส้มควันไม้ก็คือ ต้องให้ปล่องดักควันอยู่ห่างจากปากปล่องควันของเตาผลิต ถ่าน 20-30 เซนติเมตร หากทั้งสองส่วนเชื่อมต่อกันโดยตรงจะเท่ากับเป็นการต่อความยาวให้กับปล่องควันของเตา ซึ่งจะมีผลกระทบไปถึงการไหลเวียนของอากาศภายในเตา และส่งผลถึงคุณภาพ และผลผลิตของถ่านไม้ อุปกรณ์ที่ใช้ดักน้ำส้มควันไม้ต้องทำจากวัสดุทนกรด เช่น เหล็กไร้สนิม (Stainless- steel) การเก็บน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตจากเตาอิวาเตะ (IWATE) ได้โดยการวัดอุณหภูมิที่ปากปล่องควันระหว่าง 80-150 °C ซึ่งอุณหภูมิภายในเตาจะอยู่ระหว่าง 300 – 400 °C โดยอาศัยการถ่ายเทความร้อนจากปล่องดักควันที่มีอุณหภูมิสูงสู่อากาศรอบปล่องดักควันที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ความชื้นในควันก็จะควบแน่นเป็นหยดน้ำนำมารวบรวมและทำให้บริสุทธิ์ขึ้นก็สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้

ผลผลิตของน้ำส้มควันไม้ทำได้จากการเก็บโดยการระบายความร้อนด้วยอากาศจะได้ประมาณ 8 % ของน้ำหนักไม้ฟืน เมื่อนำไปผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ก็จะเหลือผลผลิตเพียงประมาณ 5 % หากต้องการเพิ่มผลผลิตของน้ำส้มควันไม้ สามารถทำได้โดยการนำท่อหล่อเย็น ติดตั้งในปล่องดักควันก็จะได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น อาจได้ถึง 15 % และ ได้ความร้อนจากสารที่ใช้หล่อเย็นซึ่งอาจใช้น้ำหรืออากาศ ก็จะได้น้ำร้อนหรืออากาศร้อนมาใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้ น้ำส้มควันไม้ทำได้จากการเก็บจากเตาผลิตถ่านยังไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ ได้ทันทีเนื่องจากการเปลี่ยนเป็นถ่านไม่ได้เกิดขึ้นพร้อมกันทั้งเตา แต่จะเริ่มก่อนที่หน้าเตาด้านบน แล้วแผ่กระจายมายังหลังเตาด้านล่าง ดังนั้นควันที่ออกมาจากปล่องควันจึงเป็นควันที่ผสมกันระหว่างควันอุณหภูมิต่ำ และสูง เมื่ออุณหภูมิสูงถึง 310 °C ลิกนิน (Lignin) ก็จะเริ่ม สลายตัว ก็จะมีน้ำมันดิน (Tar) และสารระเหยง่าย (Volatile) ปนออกมาด้วย น้ำมันดินที่ละลายน้ำไม่ได้ (Oil base) จะนำไปใช้ประโยชน์ในการเกษตรไม่ได้เพราะจะไปปิดปากใบของพืช และ เกาะติดรากพืช ทำให้พืชเติบโตช้าหรือตายได้ (ขนิษฐ ทวีการ, 2546)

2.4.4 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพน้ำส้มควันไม้

2.4.4.1 ชนิดของไม้

น้ำส้มควันไม้ที่ได้จากไม้ต่างชนิดกันจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันเช่น น้ำส้มควันไม้ที่ได้จกไม้ยูคาลิปตัส และไผ่จะมีความเป็นกรดต่ำ มีสีใส และมีเมธานอลสูง กว่าน้ำส้มควันไม้จากสะเดาและกระถินยักษ์ จากการวิเคราะห์สารประกอบในน้ำส้มควันไม้จากยูคาลิปตัส พบว่า มีส่วนประกอบของ Acetic acid มากที่สุด รองลงมา คือ 2,6 – Dimethyoxy Phenol และ y – Butyrolactone คิดเป็นร้อยละ 63.33 , 4.40 และ 2.34 ตามลำดับ ขณะที่น้ำส้มควันไม้จากไผ่ มีส่วนประกอบของ Acetic acid , 2,6 – Dimethyoxy Phenol และ y – Butyrolactone เท่ากับร้อยละ 64.64 , 5.00 และ 3.41 ตามลำดับ โดยพบว่า น้ำส้มควันไม้ที่ได้จากมะม่วง มีคุณสมบัติในการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความหวาน ของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์โดยน้ำส้มควันไม้จากมะม่วง อัตรา 1 : 300 ทำให้ความหวานเพิ่มขึ้น 17.60 องศาบริกซ์ (สุบรรณ์ ทุมมา, 2551) นอกจากนี้ได้รายงานเพิ่มเติมว่า น้ำส้มควันไม้จากกะท้อนมีส่วนประกอบของ กรดอะซิติก และ ฟินอล เท่ากับ 64.57 และ 2.19 ตามลำดับ (สุชาดา อินทะศรี, 2549)

2.4.4.2 อุณหภูมิที่ดักเก็บควัน

การเก็บน้ำส้มควันไม้ ควรจะเริ่มเก็บเมื่ออุณหภูมิปากปล่องควันอยู่ระหว่าง 80 – 150 °C ซึ่งอุณหภูมิภายในเตาจะสูงประมาณ 400 °C เนื่องจากถ้าเก็บในช่วงอุณหภูมิเกิน 400 °C จะมีสารก่อมะเร็งปะปนออกมา (ศุภลักษณ์ แป้นเพชร และสมพิศ เดชทอง, 2550) นอกจากนี้ ในการเก็บน้ำส้มควันไม้บางครั้ง ต้องอาศัยความชำนาญของผู้เก็บในการเปลี่ยนแปลงของสีควัน และลักษณะการพุ่งออกจากปล่องของกลุ่มควัน (พุฒินันท์ พึ่งวงศ์ญาติ, 2547)

2.4.4.3 เทคนิคการผลิตของน้ำส้มควันไม้

กระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้ มีกระบวนการหลักๆ 4 ขั้นตอนคือ การไล่ความชื้น (dehydration) ของไม้ฟืนที่อุณหภูมิระหว่าง 20 – 270 °C ซึ่งกระบวนการนี้จำเป็นต้องใช้ความร้อนจากภายนอก เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาดูดความร้อน (endothermic reaction) ช่วงนี้ไม้ในเตาเผาจะสะสมความร้อนไว้มากพอที่จะเกิด ปฏิกิริยาคายความร้อน (exothermic reaction) โดยไม้จะเปลี่ยนเป็นถ่านที่อุณหภูมิ ระหว่าง 270 – 400 °C กระบวนการต่อมา คือการทำให้ถ่านบริสุทธิ์ (refinement) โดยการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น โดยการปรับให้อากาศไหลเข้ามากขึ้นทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จาก 400 °C เป็น 500 °C ซึ่งมีผลต่อการไล่น้ำมันดิน จากนั้นทำให้เย็นลง (cooling) (จิระพงษ์ คูหากาญจน์, 2552)

2.4.4.4 ลักษณะของเตาเผาถ่าน

ศุภลักษณ์ แป้นเพชร และ สมพิศ เดชทอง (2550) ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับ ชนิดของเตา ผลิตถ่านน้ำส้มควันไม้ ซึ่งสามารถจำแนกได้ 2 ประเภทดังนี้

1) เตาไม่ถาวร หรือเตาเคลื่อนที่ได้ (permanent kiln) เตาลักษณะนี้เป็นเตาที่สามารถเคลื่อนที่ หรือเคลื่อนย้ายไป ทำการเผาในที่ต่างๆได้ ตัวอย่างของเตาไม่ถาวรได้แก่ เตาดินกลบ เตาแกลบกลบ เตาขี้เลื่อยกลบ เตาถังเดี่ยว เป็นต้น ซึ่งข้อดีของเตาประเภทนี้ คือ สะดวกต่อการนำไปเผาในสถานที่ต่างๆ ทำให้ไม่จำเป็นต้องขนวัตถุดิบ มาเผาที่เตาเผา สำหรับข้อเสียนั้น คือ ควบคุมอุณหภูมิภายในเตาได้ยาก ทำให้ถ่านที่ได้มีคุณภาพต่ำ

2) เตาถาวร หรือเตาเคลื่อนที่ไม่ได้ (non-permanent kiln) เตาลักษณะนี้เป็นเตาเผาถ่านที่สร้างขึ้นอย่างมั่นคง ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ เช่น เตาอิฐก่อ เตาดินเหนียวก่อ (Mud beehive kiln) และ เตาอิวาเตะ (Japanese kiln) ข้อดีของเตาประเภทนี้ คือ มีความแข็งแรงทนทาน สามรถควบคุมอุณหภูมิในระหว่างการเผาได้ ทำให้สามารถผลิตถ่านที่มีคุณภาพดี

2.4.5 สารเคมีในน้ำส้มควันไม้

เมื่อไม้ได้รับความร้อนหรือการเผาไหม้ไม้ในสภาพอับอากาศที่อยู่ระหว่าง อุณหภูมิ 300 - 400 °C สารประกอบต่างๆ ในไม้ฟืนจะถูกสลายตัวด้วยความร้อนเกิดเป็นสารประกอบใหม่ๆ มากมายโดยกระบวนการสลายตัวของไม้ จะเรียกว่า การไพโรไลซิสของไม้ (Wood pyrolysis) โดยเมื่ออุณหภูมิเกิน 300 °C เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินจะเริ่มสลายตัวเกิดเป็นสารประกอบใหม่หลายชนิด เช่น สารระเหย (Volatile matter) กรดอินทรีย์ และแอลกอฮอล์ชนิดต่างๆ โดยเคมีในน้ำส้มควันไม้นั้นจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันตามชนิดเนื้อไม้ที่นำมาใช้ เช่น น้ำส้มควันไม้ที่ได้จากไม้ยูคาลิปตัสจะมีความเป็นกรดต่ำ และมีสีใสแต่มีเมธานอล (METHANOL) สูงกว่าไม้กระถินยักษ์หรือไม้สะเดา เป็นต้น

2.4.5.1 สารประกอบที่สำคัญในน้ำส้มควันไม้

โดยทั่วไปแล้วน้ำส้มควันไม้ประกอบด้วย กรดอะซิติก (กรดอินทรีย์) ประมาณ 3 % น้ำ ประมาณ 85 % และสารอินทรีย์อื่นๆ อีกประมาณ 12 % ซึ่งกรดอินทรีย์นั้นประกอบด้วยกรดหลายๆ ชนิด เช่น กรดอะซิติก และแอลกอฮอล์ เป็นส่วนประกอบองไพโรลิกนัส (pyroligneous component) ของเซลลูโลส (cellulose) และกึ่งเซลลูโลส (hemicellulose) ฟีนอล (phenol) เป็นส่วนประกอบของลิกนิน (lignin) ซึ่งส่วนประกอบของ ไพโรลิกนัสลิกนิน นั้นจะมีส่วนประกอบต่างๆ ทีมีสรรพคุณในการปรุงยา เช่น เอธิลแอลกอฮอล์เป็นต้น

สารประกอบต่างๆ ในน้ำส้มควันไม้มีมากกว่า 200 ชนิด ล้วนมีประโยชน์ต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก หากเข้าใจวีการนำมาใช้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง สามรถใช้ทดแทนเคมีทางการเกษตรได้หลายชนิด และไม่เกิดพิษภัยต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม (สุพรชัย มั่งมีสิทธิ์, 2551) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงสารประกอบต่างๆ ในน้ำส้มควันไม้

ชนิด	สารประกอบ
Organic acid	Formic acid, Acetic acid, Propinoic acid, Butyric acid,Isobutyric acid, Valeric acid, Isovaleric acid,Crotonic acic, Isocapronic acic, Tiglic acid,Enanthic acid, Levulinic acid, ete.
Phenol compound	Phenol, o.m.p-cresol, 2.4-and 3.5-xylenol, 4 – ethyl-and 4-propylphenol, guaiaclo, cresol, 4 – ethyl-and 4 – propyl-guaiacol, pyrogallol, 5-methylpyrogallol, 5-ethyl pyrogllol-anv 5-propyol pyrogallol-1.3-dunethyl ether, catechol, 4-methyl, 4-ethyl, and 4-propyl catechol, etc

ตารางที่ 2 แสดงสารประกอบต่างๆ ในน้ำส้มควันไม้ (ต่อ)

ชนิด	สารประกอบ
Carbonyl compound	Formaldehyde, acetaldehyde, propuonaldehyde, Isobutylaldetyde, butylaldehyde, valeraldetyde, Isovaleraldehyde, glyoxal, acrolein, crotonaldehyde,
Alcohol	Diacetyl, methylcyclo pentenone,Methycyclo pentenorone, etc
Neutral ingredients	Levoglucosan, acetol, maltor, roganic acic methyl ester, Veratrole, 4-methyl, 4-ethyl, and 4-propyl veratrole,3.4-benzopyrene, 1.2.5.6-dibenzanthracene, 20-methylcholinserne, - hydroxyl - -valerolactone, etc.
Basic ingredients	Ammonia, methylamine, dimethylamine, pryidine, Methlpyridine, dimethylpyridine, trimethylamine, etc

ที่มา : พุทธินันท์ พิ้งวงศ์ญาติ (2547)

2.4.5.2 สารประกอบหลักในน้ำส้มควันไม้

สารประกอบในน้ำส้มควันไม้ที่มีสารประกอบต่างๆ กว่า 200 ชนิด ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ เช่นๆ การเกษตร ปศุสัตว์ สิ่งแวดล้อม ได้ดีเช่นเดียวกันกับสารเคมีสังเคราะห์ แต่ที่เหนือกว่าคือ ไม่มีสารพิษตกค้างและก่อให้เกิดอันตรายแก่มนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อม เป็นข้อได้เปรียบของน้ำส้มควันไม้ที่สังคมมนุษย์ให้ความสนใจในปัจจุบันนี้ โดยเฉพาะการทำเกษตรอินทรีย์ซึ่งเป็นระบบการผลิตที่ประณีตและต้องการความปลอดภัยสูงทั้งต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค สารประกอบหลักๆ ที่ให้ช่วยให้การทำเกษตรกรรมประสบความสำเร็จและไม่มีโรคพืช และแมลงรบกวน สรุปได้ดังนี้ คือ

1) กรดอะซิติก (acetic acid) เป็นสารกลุ่มออกฤทธิ์ ฆ่าเชื้อโรคเชื้อรา แบคทีเรีย และไวรัส

2) สารประกอบฟีนอล (phenol) เป็นสารในกลุ่มการควบคุมการเจริญเติบโตของพืช และ มีคุณสมบัติเป็นสารต้านเชื้อรา เชื้อแบคทีเรีย

3) ฟอร์มัลดีไฮด์ (formaldehyde) เป็นสารในกลุ่มออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรคและแมลงศัตรูพืช

4) เอธิล เอ็น วาเลอเรด (ethyl-n-valerate) เป็นสารในกลุ่มการควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

5) เมธานอล (methanal) เป็นสารในกลุ่มออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรค เชื้อรา แบคทีเรีย และไวรัส

6) น้ำมันดิน (tar) เป็นสารจับใบลดการใช้สารเคมีโดยควรมีไม่เกิน 1% ของปริมาตรน้ำส้มควันไม้ (สุพรชัย มั่งมีสิทธิ์, 2551)

2.4.5.3 คุณสมบัติของสารประกอบหลักในน้ำส้มควันไม้

1) คุณสมบัติของกรดอะซิติก (acetic acid)

(1) องค์ประกอบ/ข้อมูลเกี่ยวกับส่วนผสม

(1.1) ชื่อ	Acetic acid
(1.2) สูตร	C_2H_4O2
(1.3) น้ำหนักโมเลกุล	60.05 AMU
(1.4) CAS – No	64-19-7
(1.5) EC– No	200-580-7
(1.6) Annex I เลขดัชนี	607-002-00-6
(1.7) จุดหลอมเหลว	16.5 °C, 290 K, 62 °F
(1.8) จุดเดือด	118.1 °C, 391 K, 245 °F
(1.9) ชื่อพ้อง	Acetic acid (ACGIH:OSHA) *
	Acetic acid, glacial *
	Acide acetique (French) *
	Acido acetico (Italian) *
	Azijnzuur (Dutch) *
	Essigsaeure (German) *
	Ethanoic acid *
	Ethylic acid *
	Glacial acetic acid *
	Kyselina octova (Czech) *
	Methanecarboxylic acid *
	Octowy kwas (Polish) *
	Vinegar acid

(2) ข้อมูลเกี่ยวกับอันตราย

ข้อชี้บ่งสำหรับอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม : ไวไฟทำให้เกิดแผลไหม้อย่างรุนแรง

(3) ข้อมูลทางพิษวิทยา

(3.1) ข้อชี้บ่งและอาการของการได้รับสาร

สารนี้ก่อให้เกิดอันตรายอย่างร้ายแรงต่อ เยื่อเมือก ระบบทางเดินหายใจส่วนบน ดวงตา และผิวหนัง การสูดดมอาจทำให้เกิดการหดเกร็งของกล้ามเนื้อ อักเสบ การบวมน้ำของ larynxand bronchi, chemical pneumonitis และอาการบวมน้ำที่ปอดอาการที่เกิดจากการได้รับสารนี้อาจได้แก่ รู้สึกแสบร้อน ไอ หายใจมีเสียง หลอดลมตอนบนอักเสบ หายใจถี่ ปวดหัว คลื่นไส้ และอาเจียน การกลืนกินหรือสูดดมกรดอะซีติกที่เข้มข้นจะทำลายเนื้อเยื่อของทางเดินหายใจและเนื้อเยื่อบริเวณทางเดินอาหารอาการที่เกิดได้แก่: อาเจียนเป็นเลือด ท้องร่วงเป็นเลือด อาการบวมน้ำ และ/หรือ หลอดอาหารและกระเพาะส่วนปลายทะลุ hematuria ภาวะไร้ปัสสาวะ ภาวะโลหิตเป็นพิษเนื่องจากไตบกพร่อง ภาวะปัสสาวะมีแอลบูมิน เม็ดเลือดแดงแตก การชัก หลอดลมอักเสบ อาการบวมน้ำที่ปอด โรคปอดอักเสบ ภาวะล้มเหลวของหัวใจร่วมหลอดเลือด ช็อค และตายได้การสัมผัสหรือได้รับไอของสารความเข้มข้นสูงโดยตรงที่ผิวหนังหรือตาสามารถเกิด ลักษณะผิวหนังแดง ตุ่มพอง การทำลายเนื้อเยื่อกับการรักษาช้า ๆ การทำให้ผิวหนังดำ หนังคางคก แผลรอยแยก การกร่อนกระจกตา opacification ม่านตาอักเสบ เยื่อตาอักเสบ และอาจตาบอดได้เท่าที่ทราบ ยังไม่มีการตรวจสอบสมบัติทางเคมี ทางร่างกาย และทางพิษวิทยาอย่างละเอียดถี่ถ้วน

(3.2) วิถีทางที่ได้รับสาร

การสัมผัสทางผิวหนัง : ทำให้เกิดแผลไหม้

การดูดซึมทางผิวหนัง : เป็นอันตรายเมื่อถูกดูดซึมผ่านผิวหนัง

การสูดดม : อาจเป็นอันตรายหากสูดดมสารนี้ทำให้เนื้อเยื่อของเยื่อเมือกและบริเวณทางเดินหายใจส่วนบนถูกทำลายอย่างรุนแรงมาก

การกลืนกิน : อาจเป็นอันตรายหากกลืนกิน

(4) มาตรการปฐมพยาบาล

(4.1) เมื่อสูดดมสาร :ถ้าสูดดมเข้าไป ให้ย้ายผู้ป่วยไปที่ที่มีอากาศบริสุทธิ์ ถ้าไม่หายใจ ให้การช่วยหายใจถ้าหายใจลำบาก ให้ออกซิเจน

(4.2) เมื่อสัมผัสสาร : ในกรณีที่ถูกผิวหนัง ให้ล้างออกด้วยน้ำปริมาณมากเป็นเวลาอย่างน้อย 15 นาทีถอดเสื้อและรองเท้าที่เปื้อนสารไปพบแพทย์

(4.3) เมื่อสารเข้าตา : ในกรณีที่เข้าตา ให้ล้างด้วยน้ำปริมาณมาก เป็นเวลาอย่างน้อย 15 นาที ต้องแน่ใจว่าได้ล้างตาอย่างเพียงพอ โดยใช้นิ้วมือแยกเปลือกตาออกจากกันระหว่างล้างไปพบแพทย์

(4.4) เมื่อกลืนกิน : เมื่อกลืนกิน ให้ใช้น้ำบ้วนปากในกรณีที่ผู้ป่วยที่ยังมีสติอยู่ไปพบแพทย์ห้ามทำให้อาเจียน

(5) ข้อปฏิบัติการใช้สารและการเก็บรักษา

(5.1) ข้อปฏิบัติการใช้สาร

คำแนะนำสำหรับการปฏิบัติที่ปลอดภัย : อย่าหายใจเอาไอระเหยเข้าไประวังอย่าให้เข้าตา, โดนผิวหนัง, หรือเสื้อผ้าหลีกเลี่ยงการได้รับสารเป็นเวลานานหรือซ้ำหลายครั้ง

(5.2) การเก็บรักษา

สภาวะสำหรับการเก็บ:ปิดให้สนิทเก็บให้ห่างจากความร้อนและเปลวไฟ

สิ่งที่ต้องมีเป็นพิเศษ : ไวต่อความชื้น (ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย, 2558)

2) คุณสมบัติของ สารประกอบฟีนอล (phenol)

(1) องค์ประกอบ/ข้อมูลเกี่ยวกับส่วนผสม

(1.1) ชื่อ	Phenol
(1.2) สูตร	C6H6O
(1.3) น้ำหนักโมเลกุล	94.11 AMU
(1.4) CAS – No	108-95-2
(1.5) EC– No	203-632-7
(1.6) Annex I เลขดัชนี	604-001-00-2
(1.7) จุดหลอมเหลว	40.9°C
(1.8) จุดเดือด	181.8 °C
(1.9) ชื่อพ้อง	Acide carbolique (French) Baker's P and S Liquid and Ointment * Benzenol * Carbolic acid * Carbolsaure (German) * Fenol (Dutch, Polish) * Fenolo (Italian) *

Hydroxybenzene *

Monohydroxybenzene *

Monophenol *

NCI-C50124 *

Oxybenzene *

Phenic acid *

Phenol (ACGIH: OSHA) *

Phenol alcohol *

Phenole (German) *

Phenyl hydrate *

Phenyl hydroxide *

Phenylic acid *

Phenylic alcohol *

RCRA waste number U188

(2) ข้อมูลเกี่ยวกับอันตราย

ข้อชี้บ่งสำหรับอันตรายต่อมนุษย์ และสิ่งแวดล้อม:เป็นพิษเมื่อถูกผิวหนังและเมื่อกลืนกิน ทำให้เกิดแผลไหม้

(3) ข้อมูลทางพิษวิทยา

(3.1) ข้อชี้บ่งและอาการของการได้รับสาร

ยังไม่มีการตรวจสอบสมบัติทางเคมี ทางร่างกาย และทางพิษวิทยาอย่างละเอียดถี่ถ้วนสารนี้ก่อให้เกิดอันตรายอย่างร้ายแรงต่อ เยื่อเมือก ระบบทางเดินหายใจส่วนบน ดวงตา และผิวหนังการสูดดมอาจทำให้เกิดการหดเกร็งของกล้ามเนื้อ อักเสบ การบวมน้ำของ larynxand bronchi chemical pneumonitis และอาการบวมน้ำที่ปอดอาการที่เกิดจากการได้รับสารนี้อาจได้แก่ รู้สึกแสบร้อน ไอ หายใจมีเสียง หลอดลมตอนบนอักเสบ หายใจถี่ ปวดหัว คลื่นไส้ และอาเจียนการกลืนกินสามารถทำให้การไหลเวียนของโลหิตล้มเหลว อัตราหายใจเร็ว อัมพาต อาการชัก อาการโคม่า เนื้อในปากและทางเดินอาหารตาย ดีซ่าน ถึงแก่ความตายเพราะการหายใจล้มเหลว บางครั้งก็เพราะหัวใจหยุดเต้น

(3.2) วิถีทางที่ได้รับสาร

การสัมผัสทางผิวหนัง : ทำให้เกิดแผลไหม้

การดูดซึมทางผิวหนัง : เป็นพิษเมื่อถูกดูดซึมผ่านทางผิวหนัง ดูดซึมผ่านผิวหนังทันที

การสัมผัสทางตา : ทำให้เกิดแผลไหม้

การสูดดม : สารนี้ทำให้เนื้อเยื่อของเยื่อเมือกและบริเวณทางเดินหายใจส่วนบนถูกทำลายอย่างรุนแรงมากอาจเป็นอันตรายหากสูดดม

การกลืนกิน : อาจเป็นอันตรายหากกลืนกิน

(4) มาตรการปฐมพยาบาล

(4.1) เมื่อสูดดมสาร : ถ้าสูดดมเข้าไป ให้ย้ายผู้ป่วยไปที่ที่มีอากาศบริสุทธิ์ ถ้าไม่หายใจ ให้การช่วยหายใจถ้าหายใจลำบาก ให้ออกซิเจน

(4.2) เมื่อสัมผัสสาร : ในกรณีที่ถูกผิวหนัง ให้ล้างออกด้วยน้ำปริมาณมากเป็นเวลาอย่างน้อย 15 นาทีถอดเสื้อและรองเท้าที่เปื้อนสารไปพบแพทย์

(4.3) เมื่อสารเข้าตา : ในกรณีที่เข้าตา ให้ล้างด้วยน้ำปริมาณมาก เป็นเวลาอย่างน้อย 15 นาทีต้องแน่ใจว่าได้ล้างตาอย่างเพียงพอ โดยใช้นิ้วมือแยกเปลือกตาออกจากกันระหว่างล้างไปพบแพทย์

(4.4) เมื่อกลืนกิน : เป็นพิษเมื่อกลืนกิน

(5) ข้อปฏิบัติการใช้สาร และการเก็บรักษา

(5.1) ข้อปฏิบัติการใช้สาร :

คำแนะนำสำหรับการปฏิบัติที่ปลอดภัย:อย่าหายใจเอาไอระเหยเข้าไป ระวังอย่าให้เข้าตา โดนผิวหนัง หรือเสื้อผ้าหลีกเลี่ยงการได้รับสารเป็นเวลานานหรือซ้ำหลายครั้ง

(5.2) การเก็บรักษา

สภาวะสำหรับการเก็บ:ปิดให้สนิท เก็บให้ห่างจากความร้อนและเปลวไฟ ใช้และเก็บภายใต้ไนโตรเจน เก็บที่อุณหภูมิ 2 - 8 °C

(5.3) สิ่งที่ต้องมีเป็นพิเศษ : ใช้งานและเก็บภายใต้แก๊สเฉื่อย ไวต่อแสง (ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย, 2558)

3) คุณสมบัติของฟอร์มัลดีไฮด์ (formaldehyde) หรือเมธานอล (methanal)

(1) องค์ประกอบ/ข้อมูลเกี่ยวกับส่วนผสม

(1.1) ชื่อ FORMALDEHYDE, 37 WT % SOLUTION, ACS REAGENT

(1.2) ชื่ออื่น Formaldehyde, Formalin, Methanal, Formic aldehyde, Methaldehyde

(1.3) สูตร CH_2O

(1.4) น้ำหนักโมเลกุล	30.03 AMU
(1.5) CAS – No	50-00-0
(1.6) EC– No	200-001-8
(1.7) Annex I เลขดัชนี	605-001-00-5
(1.8) ชื่อพ้อง	BFV, Fannoform, Formaldehyde solution, flammable, Formaldehyde, solutions (Formalin) (corrosive), Formalin, formalin 40,Formalith, Formic aldehyde, Formol,FYDE, HCHO, HOCH, karsan, lysoform,Melamine-Formaldehyde Resin, Methan 21, Methanal, Methyl aldehyde methylene,glycol, Methylene oxide, Morbicid, Oxomethane, Oxomethylene Oxymethylene, superlysoform, Veracur ฟอร์มัลดิไฮด์ (ความเข้มข้น>= 90%), ฟอร์มัลดีไฮด์, ฟอร์มาลีน, เมทานัล

(2) ข้อมูลเกี่ยวกับอันตราย

ข้อชี้บ่งสำหรับอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม : เป็นพิษเมื่อสูดดม, สัมผัสทางผิวหนัง และเมื่อกลืนกินทำให้เกิดแผลไหม้มีหลักฐานจำกัดในการระบุผลการก่อมะเร็ง การสัมผัสทางผิวหนังอาจทำให้เกิดอาการแพ้ก่อมะเร็งประเภท3

(3) ข้อมูลทางพิษวิทยา

(3.1) ข้อชี้บ่งและอาการของการได้รับสาร

การสูดดมอาจทำให้เกิดการหดเกร็งของกล้ามเนื้อ อักเสบ การบวมน้ำของ larynxand bronchi, chemical pneumonitis และอาการบวมน้ำที่ปอดอาการที่เกิดจากการได้รับสารนี้อาจได้แก่ รู้สึกแสบร้อน ไอ หายใจมีเสียง หลอดลมตอนบนอักเสบ หายใจถี่ ปวดหัว คลื่นไส้ และอาเจียนสารนี้ก่อให้เกิดอันตรายอย่างร้ายแรงต่อ เยื่อเมือก ระบบทางเดินหายใจส่วนบน ดวงตา และผิวหนังการได้รับสารสามารถก่อให้เกิดอาการไอ อาการเจ็บปวดที่ทรวงอก หายใจลำบากการรบกวน

ระบบทางเดินอาหารอาจทำให้เกิดอาการชัก ยังไม่มีการตรวจสอบสมบัติทางเคมี ทางร่างกายและทางพิษวิทยาอย่างละเอียดถี่ถ้วน

(3.2) วิถีทางที่ได้รับสาร

การสัมผัสทางผิวหนัง : ทำให้เกิดแผลไหม้.

การดูดซึมทางผิวหนัง : เป็นพิษเมื่อถูกดูดซึมผ่านทางผิวหนังดูดซึมผ่านผิวหนังทันที

การสัมผัสทางตา : ทำให้เกิดแผลไหม้

การสูดดม : เป็นพิษเมื่อสูดดมสารนี้ทำให้เนื้อเยื่อของเยื่อเมือกและบริเวณทางเดินหายใจส่วนบนถูกทำลายอย่างรุนแรงมาก

การกลืนกิน : การกลืนกินสามารถก่อให้เกิดแผลไหม้ได้ทันทีที่ปาก คอหอย ท้อง กล่องเสียงบวมและร่างกายเป็นอัมพาต ซึ่งกระทบความสามารถในการหายใจ อาการช็อคจากระบบหมุนเวียนโลหิตผิดปกติและมีอาการชัก เป็นพิษเมื่อกลืนกิน

(4) มาตรการปฐมพยาบาล

(4.1) เมื่อสูดดมสาร : ถ้าสูดดมเข้าไป ให้ย้ายผู้ป่วยไปที่ที่มีอากาศบริสุทธิ์ ถ้าไม่หายใจ ให้การช่วยหายใจถ้าหายใจลำบาก ให้ออกซิเจน

(4.2) เมื่อสัมผัสสาร : ในกรณีที่ถูกผิวหนัง ให้ล้างออกด้วยน้ำปริมาณมากเป็นเวลาอย่างน้อย 15 นาทีถอดเสื้อและรองเท้าที่เปื้อนสารไปพบแพทย์

(4.3) เมื่อสารเข้าตา : ในกรณีที่เข้าตา ให้ล้างด้วยน้ำปริมาณมาก เป็นเวลาอย่างน้อย 15 นาทีต้องแน่ใจว่าได้ล้างตาอย่างเพียงพอ โดยใช้นิ้วมือแยกเปลือกตาออกจากกันระหว่างล้างไปพบแพทย์

(5) ข้อปฏิบัติการใช้สาร และการเก็บรักษา

(5.1) ข้อปฏิบัติการใช้สาร : (1) ข้อปฏิบัติการใช้สาร

คำแนะนำสำหรับการปฏิบัติที่ปลอดภัย : อย่าหายใจเอาไอระเหยเข้าไป ระวังอย่าให้เข้าตา โดนผิวหนัง หรือเสื้อผ้าหลีกเลี่ยงการได้รับสารเป็นเวลานานหรือซ้ำหลายครั้งห้ามใช้ถ้าผิวหนังมีบาดแผลหรือถลอกล้างให้สะอาดหลังการใช้งาน

(5.2) การเก็บรักษา

สภาวะสำหรับการเก็บ:ปิดให้สนิทเก็บให้ห่างจากความร้อน ประกายไฟและเปลวไฟเก็บในที่แห้งและเย็น (ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย, 2558)

4) คุณสมบัติของ เอธิลเอ็นวาเลอเรด (ethyl-n-valerate)

(1) องค์ประกอบ/ข้อมูลเกี่ยวกับส่วนผสม

(1.1) ชื่อ	ETHYL ISOVALERATE, Ethyl 3-methylbutanoate, Ethyl 3-methylbutyrate, Ethylisovalerate, Isovalericacid, ethyl ester
(1.2) ชื่ออื่น	Pentanoic acid methyl ester, Methyl valerate
(1.3) สูตร:	$C_7H_{14}O_2$
(1.4) น้ำหนักโมเลกุล	130.19
(1.5) CAS – No	108-64-5
(1.6) EC– No	-
(1.7) Annex I เลขดัชนี	-
(1.8) ชื่อพ้อง	Methyl ester of pentanoic acid Methyl pentanoate, Methyl n- valerate, Methyl valerianate, Pentanoic acid methyl ester Valeric acid, methyl ester, n-Valeric acid methyl ester

(2) ข้อมูลเกี่ยวกับอันตราย

ไวไฟ

(3) ข้อมูลทางพิษวิทยา

(3.1) พิษเฉียบพลัน

เมื่อสูดดมไอระเหย : ระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ อาจเกิดการดูดซึม

เมื่อสัมผัสผิวหนัง : ระคายเคืองเล็กน้อย ผิวหนังสูญเสียไขมัน อาจเกิดการอักเสบตามมา

เมื่อได้รับสารเคมีเป็นเวลานาน : ผิวหนังอักเสบ

เมื่อเข้าตา : ระคายเคือง

เมื่อกลืนกิน : ระคายเคืองต่อเยื่อบุในปาก หลอดลม หลอดอาหารและระบบลำไส้

ผลต่อระบบในร่างกาย : เมื่อดูดซึมในปริมาณมาก : ง่วงซึม เวียนศีรษะ เคลิ้ม ตื่นเต้นง่าย ชัก อาจก่อให้เกิดอาการง่วง

(4) มาตรการปฐมพยาบาล

(4.1) เมื่อเข้าตา ถูกผิวหนัง : ชะล้างออกด้วยน้ำ ถอดเสื้อผ้าที่เปื้อนออกทันที

(4.2) เมื่อสูดดม : ให้รับอากาศบริสุทธิ์

(4.3) เมื่อกลืนกิน : ให้ผู้ป่วยดื่มน้ำปริมาณมาก กระตุ้นให้อาเจียน ปรึกษาแพทย์ หากมีอาการผิดปกติ

(5) ข้อปฏิบัติการใช้สาร และการเก็บรักษา

(5.1) ข้อปฏิบัติการใช้สาร

ไม่มีข้อบังคับ

(5.2) การเก็บรักษา

ปิดอย่างแน่น (ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย, 2558)

5) คุณสมบัติของน้ำมันดิน (tar)

(1) องค์ประกอบ/ข้อมูลเกี่ยวกับส่วนผสม

(1.1) ชื่อ	Tar, coal, high temperature
(1.2) ชื่ออื่น	Crude Coal Tar
	High Temperature Coal Tar
	Coke Ovens Tar
	High Temperature Coke Ovens - Tar
	Tar, Coal
(1.3) สูตร :	-
(1.4) น้ำหนักโมเลกุล :	-
(1.5) CAS – No	65996-89-6
(1.6) EC– No	266-024-0
(1.7) Annex I เลขดัชนี	-

(2) ข้อมูลเกี่ยวกับอันตราย

(2.1) อาจก่อให้เกิดอาการแพ้ทางผิวหนัง

(2.2) อาจทำให้เกิดข้อบกพร่องทางพันธุกรรม

(2.3) อาจทำให้เกิดมะเร็ง

(2.4) อาจอันตรายต่อการปฏิสนธิหรือทารกในครรภ์

(2.5) พิษต่อสัตว์น้ำที่ยาวนาน

(3) ข้อมูลทางพิษวิทยา

(3.1) พิษเฉียบพลัน

เมื่อกลืนกิน : จะเกิดการระเคืองระบบทางเดินอาหาร เคลื่อนไส้อาเจียน และปวดท้อง

เมื่อเข้าตา : ระคายเคืองอย่างรุนแรง

เมื่อสัมผัสผิวหนัง : จะเกิดการระคายเคือง และปฏิกิริยาไวเกินต่อแสงแดด (photosensitivity) เมื่อถูกแสงแดดจะทำให้ผิวไหม้

เมื่อสูดดมไอระเหย : ทำให้เกิดอาการปวดศีรษะ วิงเวียนหายใจผิดปกติ และ สับสน

(3.2) พิษเรื้อรัง

จัดว่าเป็นอันตรายเมื่อกลืนกิน

(4) มาตรการปฐมพยาบาล

ถอดเสื้อผ้าที่เปื้อนผลิตภัณฑ์ เมื่อสูดดมให้ย้ายผู้ป่วยไปยังที่อากาศบริสุทธิ์ หรือให้ออกซิเจน พบแพทย์ให้แพทย์ ในกรณีที่ผู้ป่วยหมดสตินำเข้ามาในตำแหน่งที่มีความสะดวกในการเคลื่อนย้าย เมื่อถูกผิวหนังบริเวณที่ทำความสะอาดด้วยสบู่และน้ำปริมาณมาก เมื่อสัมผัสกับผลิตภัณฑ์ร้อนเย็นอย่างรวดเร็วด้วยน้ำเย็นรีบรับการรักษาพยาบาล หากเข้าตาหลังจากล้างสบตาเปิดตาเป็นเวลาหลายนาที เมื่อกลืนกินให้รีบได้รับการรักษาจากแพทย์

(5) ข้อปฏิบัติการใช้สาร และการเก็บรักษา

(5.1) ห้ามสูดดม

(5.2) หลีกเลี่ยงการปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม

(5.3) ใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล

(5.4) ซักเสื้อผ้าที่เปื้อนก่อนนำมาใช้ใหม่

(5.5) หากสัมผัสหรือเกี่ยวข้องกับสาร ปรึกษาแพทย์ / ใช้อย่างระมัดระวัง

(5.6) หากเกิดการระคายเคืองผิวหนังหรือผื่นที่เกิดขึ้น : ปรึกษาแพทย์

(5.7) หากสัมผัสผิวหนัง : ล้างด้วยน้ำใน และสบู่ปริมาณมาก ๆ (ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย, 2558)

2.4.6 การทำให้น้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์

น้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการควบแน่นจากกระบวนการผลิตถ่าน ยังไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทันทีเนื่องจากการเปลี่ยนเป็นถ่านไม้ได้เกิดขึ้นพร้อมกันทั้งเตาแต่เริ่มก่อนที่หน้าเตาด้านบนแล้วแผ่กระจายลงมา ที่เตาด้านล่าง ดังนั้นควันที่ออกมาจากปล่องควันจึงเป็นควันที่ผสมกันระหว่างควันอุณหภูมิต่ำและสูงและเมื่อ อุณหภูมิถึง 300°C ลิกนิน (Lignin) ก็จะเริ่มสลายตัวมีน้ำมันดิน (Tar) และสารระเหย (Volatile) ได้ปนออกมาด้วย น้ำมันดินที่ละลายน้ำไม่ได้ (Oil Base) จะนำไปใช้ประโยชน์ในการเกษตรไม่ได้เพราะจะไปปิดปากของ ใบพืช และเกาะติดรากพืชทำให้พืชเติบโตช้าหรือตายได้ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2550) ซึ่งการทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์สามารถทำได้ 3 วิธี โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

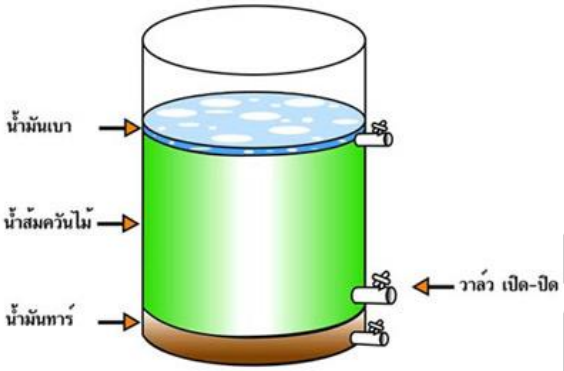
2.4.6.1 ปล่อยให้ตกตะกอน

โดยนำน้ำส้มควันไม้มาเก็บไว้ในถังทรงสูงที่มีความสูงมากกว่าความกว้างดของฐานประมาณ 3 เท่า โดยทิ้งให้ตกตะกอนประมาณ 90 วัน น้ำส้มควันไม้จะแบ่งออกเป็น 3 ชั้น ชั้นบนสุดจะเป็นน้ำมันใส ชั้นกลางเป็นของเหลวใสสีชา คือน้ำส้มควันไม้ และชั้นล่างสุดจะเป็นของเหลวสีดำข้น คือ น้ำมันดิน หากนำผงถ่านมาผสม 5 % โดยน้ำหนัก ผงถ่านจะดูดซับทั้งน้ำมันใสและน้ำมันดินที่แขวนลอยอยู่ให้ตกตะกอนสู่ชั้นล่างสุดในเวลาที่เร็วขึ้น เพียงประมาณ 45 วันเท่านั้น ระหว่างการปล่อยให้ตกตะกอน สารประกอบในน้ำส้มควันไม้จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจน และทำปฏิกิริยาซึ่งกันและกัน เกิดปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชั่น (polymerization) เปลี่ยนเป็นสารประกอบใหม่ที่ที่มีโมเลกุลยาวขึ้น เช่น ฟอร์มาดีไฮด์ทำปฏิกิริยากับฟีนอล เปลี่ยนเป็นน้ำมันดินแล้วตกตะกอนหรือจับตัวติดแน่นกับผนังเก็บถัง ดังนั้นหากนำน้ำส้มควันไม้มากรองโดยไม่ตกตะกอนเสียก่อนก็จะเกิดน้ำมันดินใหม่อีกครั้ง ถังเก็บน้ำส้มควันไม้ควรมีวาล์วก๊อกน้ำอยู่ 3 วาล์ว

(1) วาล์วที่อยู่ระดับบนสุดของระดับน้ำส้มควันไม้ที่บรรจุอยู่ในถังมีไว้สำหรับแยกน้ำมันที่ลอยอยู่ข้างบนของน้ำส้มควันไม้

(2) วาล์วที่อยู่ระดับกลางมีไว้สำหรับเก็บน้ำส้มควันไม้ มีไว้สำหรับเปิดเอาน้ำส้มควันไม้ที่น้ำมันดินแยกออกมาแล้ว เอาไว้ใช้งาน

(3) วาล์วที่อยู่ก้นถังระดับล่างสุดมีไว้สำหรับถ่ายน้ำมันดิน (ทาร์) ที่ตกตะกอนออก ดังแสดงในภาพประกอบ 9



ที่มาของภาพ : http://research.rae.mju.ac.th//:

ภาพประกอบ 9 การแยกชั้นน้ำส้มควันไม้ ทิ้งไว้ให้ตกตะกอน

หลังจากตกตะกอนจนครบกำหนดแล้ว นำน้ำส้มควันไม้มากรองอีกครั้งด้วยผ้ากรอง แล้วจึงนำไปใช้ประโยชน์ได้ น้ำส้มควันไม้ที่บริสุทธิ์ต้องมีน้ำมันดินไม่เกิน 1 % ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ง่าย โดยดูความใส หากมีน้ำมันดินเกิน 1 % น้ำส้มควันไม้จะขุ่น มีสีดำ น้ำส้มควันไม้จะที่ดีจะมีลักษณะใส สีชา หรือน้ำตาลแดง แตกต่างกันไปตามชนิดของไม้

2.4.6.2 การกรอง

โดยใช้ผ้ากรอง หรือถังกรองที่ใช้ผงถ่านกัมมันต์ ซึ่งจะได้คุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป เพราะถ่านกัมมันต์จะลดความเป็นกรดของน้ำส้มควันไม้ และจะใช้วิธีนี้เพื่อนำไปเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรม

2.4.6.3 การกลั่น

โดยกลั่นได้ทั้งในความดันบรรยากาศ และกลั่นแบบลดความดัน รวมทั้งกลั่นแบบลำดับส่วนเพื่อแยกเฉพาะสารหนึ่งสารใดในน้ำส้มควันไม้มาใช้ประโยชน์ มักใช้ในอุตสาหกรรมผลิตยา อย่างไรก็ตามทั้งการกรองและการกลั่นต้องทำหลังจากนำไปตกตะกอนก่อน เท่านั้น เนื่องจากต้องรอให้เกิดปฏิกิริยาในน้ำส้มควันไม้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ก่อนจึงจะสามารถ นำไปผ่านกระบวนการดังกล่าวได้ (สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2558)

2.4.7 การใช้ประโยชน์ของน้ำส้มควันไม้

เนื่องจากน้ำส้มควันไม้มีสารประกอบต่าง ๆ มากมายหลายชนิดจึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ดังนี้

2.4.7.1 ในด้านอุตสาหกรรม

มีอุตสาหกรรมหลายประเภททที่ใช้น้ำส้มควันไม้เป็นส่วนประกอบในขั้นตอนการผลิต เช่น

1) ใช้ผลิตสารดับกลิ่นตัว โดยเฉพาะในญี่ปุ่นมีการนำน้ำส้มควันไม้มาผลิตสารดับกลิ่นตัวมากกว่าปีละ 1 ล้านลิตร

2) ใช้ผลิตสารปรับผิวนุ่ม ซึ่งทั้งใช้ได้โดยตรงทางผิวหนังหรือผสมน้ำอาบ

3) ใช้ในอุตสาหกรรมรมควัน ซึ่งจะต้องนำน้ำส้มควันไม้ไปกลั่น 3 ครั้งที่อุณหภูมิ 60 - 70 °C จึงจะได้น้ำส้มควันมี่คุณภาพสามารถบริโภคได้ และจะช่วยให้ภูมิคุ้มกันร่างกายดีขึ้น

4) ใช้ในอุตสาหกรรมย้อมผ้า

5) ใช้ผลิตสารป้องกันรักษาเนื้อไม้จากรา และแมลง

6) ใช้ผลิตยารักษาโรคผิวหนัง ยาฆ่าเชื้อไทฟอยด์ อาหารเสริมเพื่อเพิ่มภูมิต้านทานอาหารเสริมการทำงานของตับใช้ผลิตสารช่วยย่อย

2.4.7.2 ใช้ในครัวเรือน

น้ำส้มควันไม้จัดได้ว่าเป็นน้ำส้มสารพัดประโยชน์ที่เหมาะจะมีไว้ติดบ้านสามารถทดแทนการใช้สารเคมีได้ดังนี้

1) ความเข้มข้น100 % ใช้รักษาแผลสดแผลถูกน้ำร้อนและไฟลวกรักษาโรคน้ำกัดเท้าและเชื้อราที่ผิวหนัง

2) ผสมน้ำ 20 เท่าราดทำลายปลวกและมด

3) ผสมน้ำ 50 เท่าป้องกันปลวกมด และสัตว์ต่าง ๆ เช่น ตะขาบตะเข็บแมงป่องกิ้งกือ

4) ผสมน้ำ 100 เท่าราดโคนต้นไม้รักษาโรคราและโรคเน่ารวมทั้งเพื่อป้องกันแมลงวางไข่ฉีดพ่นถังขยะเพื่อป้องกันกลิ่นและแมลงวันใช้ดับกลิ่นในห้องน้ำห้องครัว และบริเวณชื้นแฉะใช้ดับกลิ่นในกรงสัตว์เลี้ยงใช้หมักขยะสด และเศษอาหารเป็นปุ๋ยสำหรับไม้ประดับรอบบ้านโดยต้องผสมน้ำอีก 5 เท่าหลังจากหมักแล้ว 1 เดือน

5) ผสมน้ำ 200 เท่าฉีดพ่นใบไม้เพื่อขับไล่แมลงและป้องกันเชื้อราและรดโคนต้นเพื่อเร่งการเจริญเติบโต

2.4.7.3 ใช้ในการเกษตร

น้ำส้มควันไม้ที่มีความเข้มข้นสูงมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อรุนแรงเนื่องจากมีความเป็นกรดสูงและมีสารประกอบ เช่น เมธานอล และฟีนอลซึ่งสามารถฆ่าเชื้อได้ดีเมื่อเจือจาง 200 เท่า จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์และต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย (Antibacterial Microbe) จะเพิ่มปริมาณมากขึ้น

เนื่องจากได้รับสารอาหารจากกรดน้ำส้ม (Acetic Acid) น้ำส้มควันไม้จึงสามารถนำมาใช้ในการเกษตรได้ดี ดังนี้

1) ใช้ผสมน้ำ 20 เท่า พ่นลงดินเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และแมลงในดินเช่นโรคเน่าเละจากแบคทีเรียโรคโคนเน่าจากเชื้อราไส้เดือนฝอยฯลฯประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ที่เข้มข้นจะเทียบเท่ากับการอบฆ่าเชื้อ ด้วยการรมควัน (Fumigation) แต่ควรทำก่อนการเพาะปลูก 10 วัน เพราะน้ำส้มควันไม้ที่รดลงดินจะไปทำปฏิกิริยา กับสารที่มีฤทธิ์เป็นด่างเกิดคาร์บอนมอนออกไซด์ (CO) ซึ่งเป็นพิษต่อพืชแต่เมื่อแก๊สคาร์บอนมอนออกไซด์ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเปลี่ยนเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แล้วจึงจะสามารถปลูกพืชได้รวมทั้งพืชจะได้รับประโยชน์จาก CO_2 อีกด้วย

2) ใช้ผสมน้ำ 50 เท่าพ่นลงดินเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่เข้าทำลายพืชแล้วหากใช้ความเข้มข้นมากกว่านี้รากพืชอาจได้รับอันตรายได้

3) ใช้ผสมน้ำ 200 เท่าความเข้มข้นระดับนี้สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย

4) ใช้ฉีดพ่นที่ใบพืชรวมทั้งพื้นดินรอบต้นพืชทุก ๆ 7-15 วัน เพื่อขับไล่แมลงป้องกันการกำจัดเชื้อรากระตุ้นความต้านทานและการเจริญเติบโตของพืชเนื่องจากความเข้มข้นระดับนี้สามารถทำลายไข่แมลง และฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นโทษต่อพืชเช่นบาซิลไล (Bacilli) ไม่มีสปอร์ (Spore) รวมทั้งเชื้อไซโฟมัยซีส (Syphomycete) ซึ่งอ่อนแอในสภาวะที่เป็นกรดถูกทำลายลง ก่อนหลังจากนั้นเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์เช่นแอคติโนมัยซิส (Actinomyces) และไตรคอเดอม (Trichodema) จะเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว

5) ใช้ผสมน้ำ 500 เท่าฉีดพ่นผลอ่อนของพืชหลังจากติดผลแล้ว 15 วัน เพื่อช่วยให้ผลโตและฉีดก่อนเก็บเกี่ยว 20 วัน เพื่อเพิ่มน้ำตาลในผลไม้ใช้ผสมน้ำ 1,000 เท่าเป็นสารจับใบและช่วยลดสารเคมี

6) ใช้ทำปุ๋ยหมักคุณภาพสูง โดยใช้น้ำส้มควันไม้เข้มขัน 100 % หมักกับเศษปลา เศษเนื้อ หรือกากถั่วเหลืองโดยใช้โปรตีนต่างๆ 1 กิโลกรัมต่อน้ำมันควันไม้ 2 ลิตร หมักนาน 1 เดือนแล้วกรองเอาน้ำ เมื่อใช้ให้ผสมน้ำ 200 เท่า

7) ใช้หมักสมุนไพร เช่น เมล็ดและใบสะเดา หางไหลแดง ข่าแก่ ตะไคร้หอม เพื่อเพิ่มฤทธิ์ขึ่งน้ำส้มควันไม้ในการไล่แมลงและป้องกันโรค และสามารถเก็บสารเหล่านี้ไว้โดยไม่บูดเน่า (สุพรชัย มั่งมีสิทธิ์, 2551)

2.4.8 ข้อควรระวังในการใช้น้ำส้มควันไม้

2.4.8.1 ก่อนนำน้ำส้มควันไม้ไปใช้ต้องทิ้งไว้จากการกักเก็บก่อนอย่างน้อย 3 เดือน

2.4.8.2 เนื่องจากน้ำส้มควันไม้มีความเป็นกรดสูงควรระวังอย่าให้เข้าตาอาจทำให้ตาบอดได้

2.4.8.3 น้ำส้มควันไม้ไม่ใช่ปุ๋ยแต่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาดังนั้นการนำไปใช้ทางการเกษตรจะเป็นตัวเสริมประสิทธิภาพ ให้กับพืชแต่ไม่สามารถใช้แทนปุ๋ยได้

2.4.8.4 การใช้เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และแมลงในดิน ควรทำก่อนเพาะปลูกอย่างน้อย 10 วัน

2.4.8.5 การนำน้ำส้มควันไม้ไปใช้ต้องผสมน้ำให้เจือจางตามความเหมาะสมที่จะนำไปใช้

2.4.8.6 การฉีดพ่นน้ำส้มควันไม้ เพื่อให้ดอกติดผล ควรพ่นก่อนที่ดอกจะบานหากฉีดพ่นหลังจากดอกบานแมลงจะไม่เข้ามาผสมเกสรเพราะกลิ่นฉุนของน้ำส้มควันไม้และดอกจะร่วงง่าย

2.4.9 เตาเผาเพื่อผลิตน้ำส้มควันไม้ที่ใช้กันทั่วไป

ในการสร้างเตาเผาเพื่อผลิตน้ำส้มควันไม้ที่ใช้กันทั่วไป เป็นการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นมาพัฒนากระบวนการดักเก็บควันที่เกิดจากการเผาถ่านใช้ในครัวเรือนหรือไว้จำหน่ายกันมาอย่างต่อเนื่อง เพราะมีเศษไม้จากในสวน นา ไร่ มากเพียงพอที่จะเผาเป็นถ่านได้ตามฤดูกาลโดยจัดทำปล่องควันไว้ที่ส่วนหนึ่งของเตาให้ควันที่ผ่านบริเวณที่มีความเย็นจะเกิดการควบแน่นเป็นหยดน้ำส้มควนไม้สีน้ำตาลอ่อนๆ จากการสำรวจลักษณะเตาเผาเพื่อผลิตน้ำส้มควันไม้ที่ใช้กันทั่วไป พบว่าจะมี ลักษณะไม่แตกต่างกันด้านรูปทรง ดังนี้

2.4.9.1 เตาเผาถ่าน 200 ลิตรแบบแนวนอน

เตาเผาถ่าน 200 ลิตร เป็นเตาที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าเตาเผาแบบอดีต เตาประเภทนี้ อาศัยความร้อนไล่ความชื้นในเนื้อไม้ที่มีอยู่ในเตา ทำให้ไม้กลายเป็นถ่าน หรือเรียกว่ากระบวนการคาร์บอนไนเซชั่น นอกจากนี้ โครงสร้างลักษณะปิดท้ายให้สามารถควบคุมอากาศได้จึงไม่มีการลุกติดไฟของเนื้อไม้ผลผลิตที่ได้จึงเป็นถ่านที่มีคุณภาพขี้เถ้าน้อยและผลพลอยได้จากกระบวนการเผาถ่านอีกอย่าง หนึ่งคือน้ำส้มควันไม้ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านได้

ถ่านไม้ที่ได้มีข้อดีเหนือไม้ฟืนคือไม่มีควัน ถ่านไม้ยังมีประโยชน์ในการกำจัดกลิ่นอับเนื่องมาจากคุณสมบัติที่มีรูพรุนมากมาย ทำให้สาระเหยต่างๆ เข้าไปติดอยู่ภายใน ข้อดีของถ่านที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ เป็นแหล่งเชื้อเพลิงที่ให้พลังงานได้ไม่มีวันหมดสามารถปลูกไม้ทดแทนซึ่ง เป็นแนวคิดการพัฒนาทางด้านพลังงานอย่างยังยืน เพราะไม้เป็นแหล่งพลังงานที่สามารถปลูกทดแทน ได้ หากมีการจัดการอย่างถูกต้องและเหมาะสม

1) อุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งเตาเผาถ่าน 200 ลิตร แบบนอน ประกอบด้วย

(1) ถัง 200 ลิตร

(2) ข้องอฉากใยหิน 90 องศา เส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว

(3) ท่อตรงใยหิน เส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว ยาว 1 เมตร

(4) อิฐบล็อกจำนวน 5 ก้อน

(5) อิฐแดง

(6) ดินเหนียวผสมขี้เถ้าแกลบ ใช้อัตราส่วนขี้เถ้าแกลบต่อดินเหนียว 1:1 ดินเหนียวผสมขี้เถ้าแกลบจะทำหน้าที่เป็นตัวประสานรอยต่อระหว่าง การประกอบเตาและในช่วงของการเผาเพื่ออุดรอยรั่วไม่ให้อากาศเข้าไปภายในเตา หากใน กรณีไม่มีขี้เถ้าแกลบ สามารถนำแกลบมาใช้ผสมกับดินเหนียวในอัตราส่วน 1:3

(7) กองดินหรือทราย ประมาณครึ่งคิว ดินนี้ช่วยทำหน้าที่เป็นฉนวนกันความร้อนระหว่างตัวเตากับอากาศ ภายนอก

(8) เสาค้ำยัน สำหรับใช้ประคองผนังเตาด้านนอก โดยตอกเสาให้มีระยะห่าง 80x80 เซนติเมตรวัดจากเส้นผ่าศูนย์กลาง ของเสาค้ำยัน

2) การติดตั้งเตาเผาถ่าน 200 ลิตร แบบนอน

เมื่อทำการตอกเสาค้ำยัน ควรวัดระยะห่างระหว่างเสาค้ำยันให้ได้ระยะห่างระหว่างเสาประมาณ 80x80 เซนติเมตร จากนั้นให้เริ่มประกอบตัวเตาตามขั้นตอนต่อไปนี้

(1) นำตัวเตาที่เจาะทั้งหน้าและด้านท้ายของเตาเสร็จแล้ว มาวางไว้ตรงกึ่งกลางระหว่างเสาค้ำยันโดยให้รูกลมที่เจาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 นิ้ว อยู่ด้านล่าง เพื่อประกอบกับท่องจากใยหิน 90 องศา ที่เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว ไว้เพื่อระบายน้ำส้มควันไม้

(2) นำกระเบื้องที่ใช้ทำเป็นผนังเตาด้านนอกมาวางแนบกับเสาค้ำยันให้ตั้งฉากด้านข้างทั้ง 2 ด้าน โดยมีระยะห่างประมาณ 10 เซนติเมตร โดยวัดจากขอบตัวเตาที่ยื่นออกมา นอกสุดจนถึงผนังเตาด้านในด้านหลังยังไม่ต้องปิด แล้วเทดินประคองด้านข้างตัวเตาพอประมาณเพื่อไม่ให้ตัวเตาขยับเขยื้อน

(3) ประกอบท่องอฉากใยหิน 90 องศา ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว โดยให้ด้านที่ใหญ่ ที่สุดสวมเข้าไปในช่องที่เจาะไว้ในด้านท้ายของตัวเตาและนำอิฐก้อนหรือดินมาก่อล้อมบริเวณรูที่เจาะไว้ที่ท่องอฉากเพื่อช่วยระบายน้ำส้มควันไม้ที่ตกค้าง

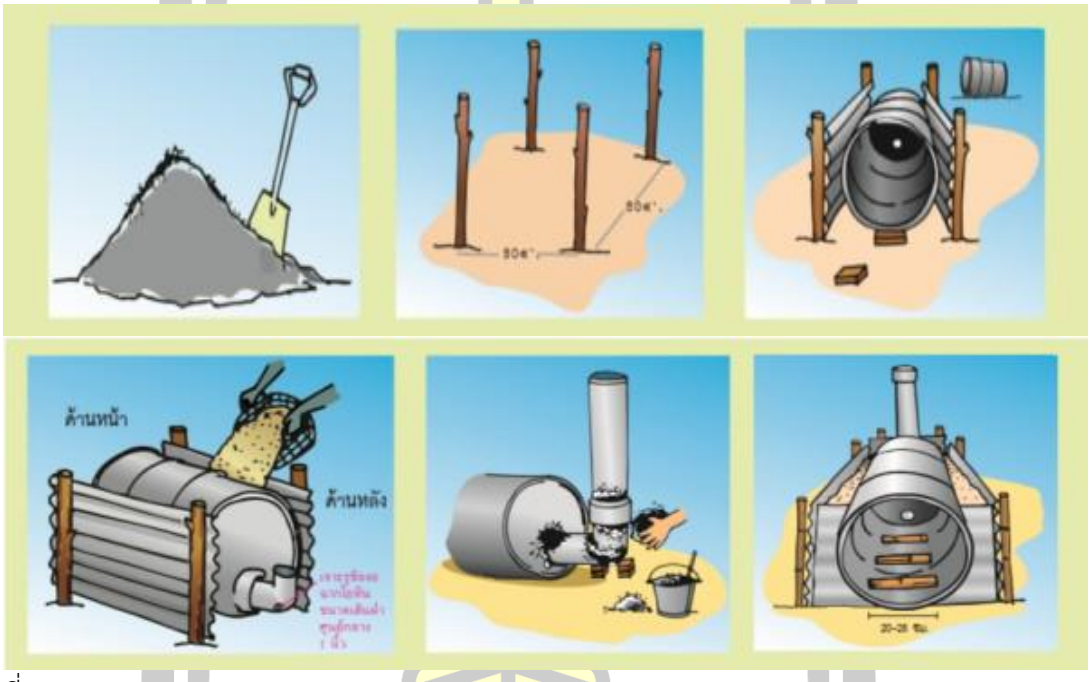
(4) ประกอบท่อตรงใยหินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว ยาว 100 เซนติเมตร สวมเข้ากับข้องอฉาก 90 องศา ที่ประกอบไว้ท้าย เตา ตอกไม้ขนาดพอประมาณข้างท่อนำลวดหรือเชือก ผูกยึดท่อตรงใยหินให้แน่น

(5) ประสานรอยต่อระหว่างตัวเตา ข้องอฉาก 90 องศา และปล่องควันให้สนิทเพื่อไม่ให้ เกิดรอยรั่วขณะเผาถ่าน

(6) ปิดผนังเตาด้านหลังโดยวางผนังเตาด้านหลังให้ห่างจากข้องอประมาณ 10-15 เซนติเมตร

(7) ตักดินหรือทรายที่เตรียมไว้เทลงในช่องระหว่างตัวเตา และผนังเตาด้านหลัง ทั้ง 3 ด้าน เพื่อประคองข้องอ 90 องศา กับปล่องควันท้ายเตาและเพื่อเป็นฉนวนให้กับตัวเตา และนำผนังเตาด้านหน้าประกบหน้าเตาเพื่อป้องกันไม่ให้ฉนวนดินหรือทรายหน้าเตาพัง ลงมาโดยเว้นช่องฝาผนังเตาไว้เพื่อปิด/เปิดฝาได้สะดวกโดยไม่ต้องรื้อเตาใหม่อีก

(8) ตัดไม้เพื่อนำมาทำเป็นหมอนหนุนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2-3 นิ้ว ยาวประมาณ 20 - 25 เซนติเมตร จำนวน 3 ท่อน วางขวางด้านล่างของตัวเตา โดยให้มีระยะ ที่ห่างกันพอประมาณ ทั้งนี้เพื่อให้มีการไหลเวียนของลมร้อนภายในเตาได้ดังภาพประกอบ 10

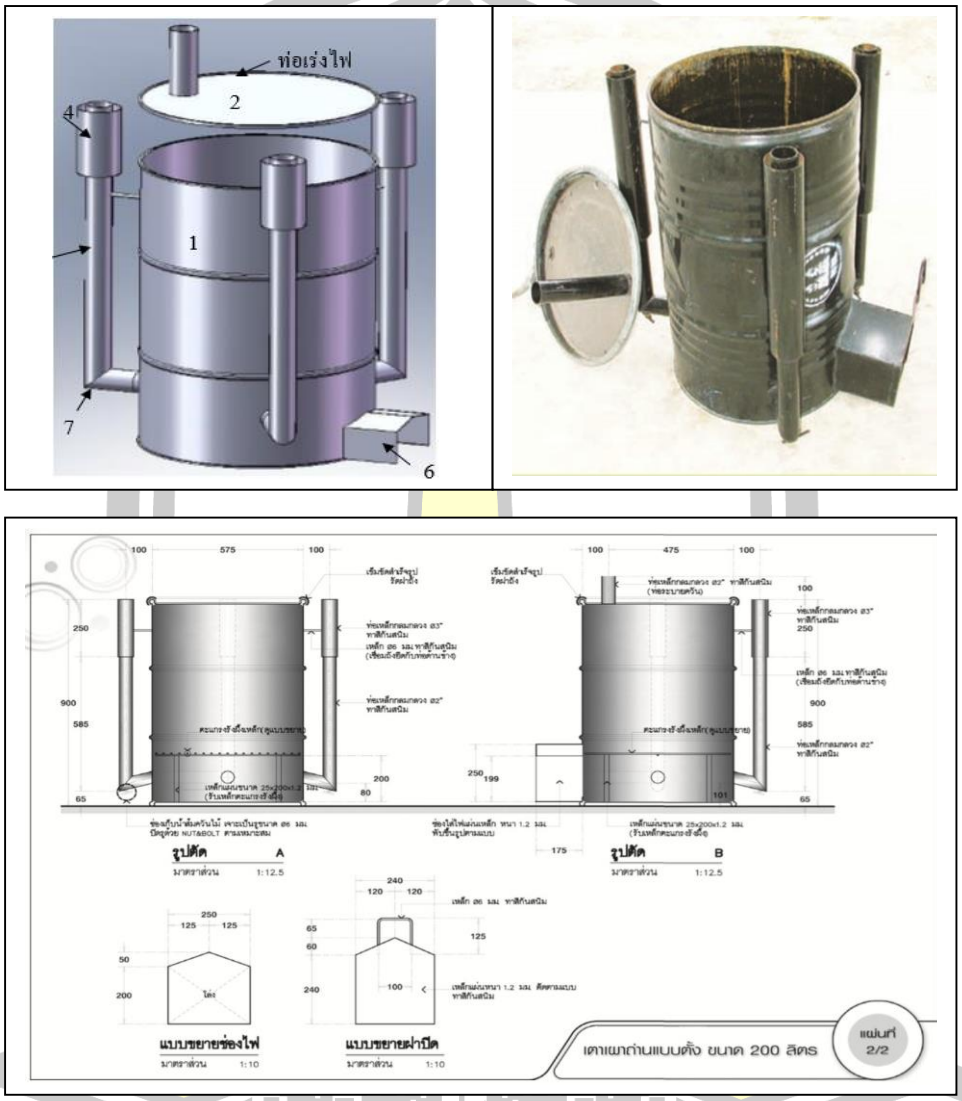


ที่มาของภาพ: technology.thaiza.com/

ภาพประกอบ 10 การติดตั้งเตาเผาถ่าน 200 ลิตรแบบแนวนอน

2.4.9.2 เตาเผาถ่าน 200 ลิตร แบบแนวตั้งซึ่งมีการพัฒนาเป็นระบบความร้อนหมุนเวียนแบบชีวมวลซึ่งเหมือนกับเตาอิวาเตะที่มีการจุด ไฟจากข้างล่างของเตา แล้วให้ความร้อนจากการเผาไหม้ข้างล่างเป็นตัวช่วยในการหมุนเวียนภายใน แล้วให้ความร้อยลอยขึ้นด้านบนถัง ก่อให้เกิดการกระจายความร้อนไปยังไม้ฟืนได้อย่างทั่วถึงทั้ง ด้านหน้าเตา ด้านหลังของเตา ด้านล่างของเตา และด้านบนของเตา ท้าให้เตามีอุณหภูมิในการเผา ประมาณ 300 °C และมีอุณหภูมิด้านในท้าให้สามารถเผาถ่านได้เร็วกว่าปกติใช้เวลาเพียง 40 นาที (จากเดิมต้องใช้เวลาประมาณ 5-6 ชั่วโมง) เป็นการเผาถ่านแบบเตาอบและไล่ไอน้ำสามารถ ทำได้แม้กระทั่งใบไม้ เศษใบหญ้ากลายเป็นถ่านได้ นอกจากนี้ยัง

ทำให้ได้น้ำส้มควันไม้ด้วย กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานร่วมกับศูนย์วิจัยพลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ได้ผลิตเตาเผาถ่าน 200 ลิตรต้นแบบ เพื่อเผยแพร่ต่อประชาชนทั่วไป ภาพของเตาแสดงดังภาพ 11



ที่มาของภาพ: http://technology.thaiza.com/

ภาพประกอบ 11 สวนประกอบของเตาเผาถ่าน 200 ลิตร

2.5 การวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำส้มควันไม้

2.5.1 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ

คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑชุมชน (มผช.659/2553) ซึ่ง ครอบคลุมเฉพาะน้ำส้มควันไมที่ใชทั่วไปทางดานเกษตรกรรม ที่บรรจุในภาชนะ บรรจุ ไมครอบคุลม น้ำสมควันไมที่ใชเปนสารกำจัดศัตรูพืช ใชในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง อุตสาหกรรม อาหารสัตว และอุตสาหกรรมยา

2.5.1.1 ลักษณะทั่วไป

1) วิธีการตรวจ : ตรวจพินิจ

2) คุณลักษณะที่ต้องการ : ต้องเป็นของเหลวใส สีน้ำตาลแดงหรือสีเหลืองอมน้ำตาล เป็นเนื้อเดียวกัน ไม่แยกชั้น ตกตะกอน ไม่มีสิ่งแปลกปลอม หรือมีสารแขวนลอย

2.5.1.2 กลิ่น

1) วิธีการตรวจ : ตรวจพินิจ

2) คุณลักษณะที่ต้องการ : ตองมีกลิ่นเหมือนควันไฟ

2.5.1.3 ความเป็นนกรดเป็นด่าง (pH)

1) วิธีการตรวจ : ใช้เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง

2) คุณลักษณะที่ต้องการ : น้ำส้มควันไม้ (มผช.659/2553) ตองอยู่ระหว่าง 2.0 - 3.0

2.5.1.4 ความถ่วงจำเพาะ

1) วิธีการตรวจ : เครื่องวัดความถ่วงจำเพาะ

2) คุณลักษณะที่ต้องการ : น้ำส้มควันไม้ (มผช.659/2553) 1.010 ถึง 1.025 ที่อุณหภูมิ 25 °C (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2553)

2.5.2 การวิเคราะห์ลักษณะทางเคมี

2.5.2.1 องค์ประกอบสารที่พบในน้ำส้มควันไม้

1) วิธีการตรวจ:เครื่อง Gas chromatography–mass spectrometer

2) คุณลักษณะที่ต้องการ : พบสารประกอบที่สำคัญของน้ำส้มควันไม้ เช่น กรดฟอร์มิค (Formic acid), กรดอะซิติก (Acetic acid), ฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde), ฟีนอล (Phenol) หรือสารอินทรีอื่นๆ

2.5.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

2.5.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้

1) เครื่องตรวจวัดสารด้วยการดูดกลืนแสง : UV-Vis Spectrophotometer

UV-VIS spectrophotometer เป็นเครื่องมือที่ใช้ในวิเคราะห์สารโดยอาศัยหลักการดูดกลืนรังสีของสารที่อยู่ในช่วงUltra violet (UV) และVisible (VIS) ความยาวคลื่นประมาณ 190-1000 nm ส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ สารประกอบเชิงซ้อน หรือสารอนินทรีย์ ทั้งที่มีสีและไม่มีสี สารแต่ละชนิดจะดูดกลืนรังสีในช่วงความยาวคลื่นที่แตกต่างกันและปริมาณการดูดกลืนรังสีก็ขึ้นอยู่กับความเข้มของสารนั้น การดูดกลืนแสงของสารต่าง ๆ เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของสาร จึงสามารถวิเคราะห์ได้ในเชิงคุณภาพและปริมาณ เป็นเทคนิคที่ให้สภาพไวที่ดี และใช้กันอย่างแพร่หลาย ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคนี้จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) และค่าความยาวคลื่น (Wavelength) ซึ่งเรียกว่า Spectrum ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่อง UV-VIS spectrophotometer ประกอบไปด้วย Light source แหล่งกำเนิดรังสีเป็นส่วนที่ให้รังสีในช่วงความยาวคลื่นที่ต้องการออกมาอย่างต่อเนื่องและคงที่ รวมทั้งมีความเข้มแสงที่มากพอ หลอดกำเนิดรังสีมีหลายชนิดตามความยาวคลื่นรังสีที่เปล่งออกมา เช่น ช่วง UV จะใช้หลอด H2 and D2 lamp ให้ความยาวคลื่นอยู่ในย่าน 160-380 nm และช่วง Visible ใช้หลอด Tungsten/halogen ให้ความยาวคลื่นในช่วง 240-2,500 nm เป็นต้น Monochromator เป็นส่วนที่ใช้ควบคุมแสงโดยจะทำให้แสงที่ออกมาจากต้นกำเนิดแสง ซึ่งเป็นพอลิโครเมติก ให้เป็นแสงโมโนโครเมติก ซึ่งเป็นแถบแสงแคบๆ หรือมีความยาวคลื่นเดียวใช้ฟิลเตอร์ปริซึมหรือ เกรตติ้ง Cell sample เซลล์ที่ใช้บรรจุสารละลายตัวอย่าง บางครั้งอาจเรียกว่า Cuvettes ที่ใช้กันทั่วไปได้แก่เซลล์ที่ทำด้วยแก้วจะใช้ได้เฉพาะช่วงวิสิเบิล เพราะแก้วจะดูดกลืนรังสีในช่วงยูวีได้ และเซลล์ที่ทำด้วยซิลิกา และควอร์ตซ์ ซึ่งใช้ได้ทั้งช่วงยูวีและวิสิเบิล Detector ทำหน้าที่ในการวัดความเข้มของรังสีที่ถูกดูดกลืน โดยการแปลงพลังงานคลื่นรังสีเป็นพลังงานไฟฟ้า เครื่องวัดรังสีมีหลายชนิดที่นิยม ได้แก่ Photomultiplier tube และเครื่องวัดแสงชนิดซิลิกอนไดโอด Silicon diode detector

2) เครื่องพีเอชมิเตอร์

พีเอชมิเตอร์ (pH meter) อาศัยหลักการวัดความต่างศักย์ไฟฟ้า (electrical potential) ที่เกิดขึ้นระหว่างเล็กโทรดวัด (indicator electrode) ซึ่งจุ่มอยู่ในสารละลาย แล้วเปลี่ยนค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าให้เป็นค่าพีเอช โดยการเทียบค่ากับบัฟเฟอร์มาตรฐาน (standard buffer) การคำนวณค่าพีเอชดัดแปลงมาจากสมการของเนินสต์ (Nernst's equation) ซึ่งหาค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าของเซลล์ไฟฟ้า (electrical cell) ใดๆ โดยการวัดเทียบกับไฮโดรเจนอิเล็กโทรด (hydrogen electrode) ซึ่งกำหนดให้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเท่ากับ 0.0000 โวลต์ที่ 25°C. ในทางปฏิบัติไม่นิยมใช้ไฮโดรเจนอิเล็กโทรดเป็นอิเล็กโทรดอ้างอิง สำหรับการหาค่าพีเอชเพราะไฮโดรเจนอิเล็กโทรดมีขนาดใหญ่ไม่

สะดวกต่อการใช้งาน ดังนั้น National Bureau of Standard (NBS) จึงกำหนดค่าพีเอชของบัฟเฟอร์มาตรฐานขึ้นมาใช้โดยการวัดค่าพีเอช ของบัฟเฟอร์มาตรฐานด้วยอิเล็กโทรดวัดชนิด Ag/AgCl เปรียบเทียบกับไฮโดรเจนอิเล็กโทรดเมื่อไม่ใช้รอยต่อระหว่างของเหลว (liquid junction) (ชูชาติ จิตรานุสรณ์, 2544)

2.5.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาคุณลักษณะทางเคมีของน้ำส้มควันไม้

เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี แมสสเปกโตรมิท (Gas Chromatograph-Mass Spectrometer, GC-MS) ถือเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงมากในการวิเคราะห์หาสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่างๆ เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่ใช้เพื่อการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณที่ต้องการความแม่นยำสูง สามารถเปรียบเทียบผลวิเคราะห์กับฐานข้อมูล (Library) เพื่อความถูกต้องได้โดยไม่จำเป็นต้องใช้สารมาตรฐาน ซึ่งถือเป็นข้อดีของเทคนิคของเครื่องมือทั้ง 2 ประเภท คือ เครื่องแก๊สโครมาโทรกราฟี (Gas Chromatograph) และเครื่องแมสสเปคสเปคโทรมิเตอร์ (Mass Spectrometer) หลักการทำงานในส่วนของเครื่อง GC อาศัยเทคนิคการแยกองค์ประกอบของสารผสม โดยอาศัยความแตกต่างของอัตราการเคลื่อนที่ของแต่ละองค์ประกอบของสารผสมบนเฟสคงที่ (Stationary phase) ภายใต้การพาของเฟสเคลื่อนที่ (Mobile phase) สำหรับเครื่อง GC เฟสคงที่ คือ สารที่อยู่ภายในคอลัมน์ ส่วนเฟสเคลื่อนที่ คือ แก๊สฮีเลียม เมื่อสารที่ต้องการวิเคราะห์ผ่านเข้าสู่เครื่อง GC สารดังกล่าวจะถูกเปลี่ยนสถานะจากของเหลว (Liquid) เป็นแก๊ส (Gas) และส่วนแก๊สของสารผสมจะถูกพาเข้าสู่คอลัมน์โดยแก๊สฮีเลียม ซึ่งภายในคอลัมน์จะเกิดการแยกสารผสม (Separation) โดยอาศัยการทำปฏิกิริยา (Interaction) ระหว่างสารที่อยู่ภายในคอลัมน์ (Stationary phase) และสารผสม จากนั้นโมเลกุลของสารเชิงเดี่ยวจะถูกพาเข้าสู่เครื่องแมสสเปคสเปค- โทรมิเตอร์ (Mass Spectrometer) ซึ่งเมื่อสารเชิงเดี่ยวเข้าสู่เครื่องแมสสเปคสเปคโทรมิเตอร์ (Mass Spectrometer) โมเลกุลของสารเชิงเดี่ยวจะได้รับพลังงานจากลำแสงอิเล็คตรอนพลังงานสูงที่ค่า 70 อิเล็คตรอนโวลต์ เพื่อทำให้เกิดการ แตกตัวอยู่ในรูปประจุ เรียกว่า “Molecular ion, M^+ หรือ $M^{+\cdot}$” รูปแบบการแตกตัวของแต่ละโมเลกุลมีลักษณะเฉพาะ เรียกว่า “Mass spectrum” โดยจะแสดงการแตกตัว (Fragmentation) ในรูปของ mass-to-charge ratio (m/z) (ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, 2558)

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 งานวิจัยในประเทศไทย

นิลุบล นุ่มสกุล (2551) ศึกษาการทำน้ำส้มควันไม้จากการเผาถ่านไม้ให้บริสุทธิ์โดยใช้วิธีการเติมอากาศ - ถ่านกัมมันต์ร่วมกับการกรองด้วยเมมเบรนแบบนาโน เพื่อลดระยะเวลาในการเกิดน้ำมันดิน และสามารถกำจัดสารปนเปื้อนต่างๆ ได้แก่ น้ำมันดิน และ PAHs ในกำจัดน้ำมันดินได้เช่นเดียวกันกับวิธีการเติมอากาศ-ถ่านกัมมันต์ร่วมกับการกรองด้วยเมมเบรนแบบนาโน การศึกษาวิธีการทำให้ส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์ โดย พบว่า วิธีการเติมอากาศร่วมกับถ่านกัมมันต์ สามารถ โดยในสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดน้ำมันดิน คือ เติมอากาศที่อัตรากรไหล 1,000 มิลลิกรัมต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที และใช้ถ่านกัมมันต์ 0.5 % โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมี ของน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ โดยวิธีการเติมอากาศร่วมกับถ่านกัมมันต์ และ วิธีการเติมอากาศ-ถ่านกัมมันต์ร่วมกับการกรองด้วยเมมเบรนแบบนาโน แล้วตั้งทิ้งไว้ 7 วัน พบว่า ค่า พีเอช เท่ากับ 3.33 $\pm$ 0.00 และ 3.22 $\pm$ 0.01 ความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.0059 $\pm$ 0.0005 และ 1.0053$\pm$ 0.0002 และค่าดูดกลืนแสงเท่ากับ 2.362 $\pm$ 0.001 และ และ 2.228$\pm$0.001 ตามลำดับส่วนองค์ประกอบทางเคมี ในการวิเคราะห์สารหลักที่พบได้แก่ กรดอะซีติก ฟินอล 2-cyclopenten-1-one, 2-hydroxy และกรดโพรพาโนอิกซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับน้ำส้มควันไม้ที่ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 6 เดือน ส่วนการวิเคราะห์ PAHs พบว่า น้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ โดยวิธีการเติมอากาศร่วมกับถ่านกัมมันต์สามารถลดปริมาณของ Naphthalene และ Acenaphthylene ได้ 73.78 % และ 69.84 % เมื่อเทียบกับน้ำส้มควันไม้ที่ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 6 เดือน ส่วนวิธีการเติมอากาศ-ถ่านกัมมันต์ร่วมกับการกรองด้วยเมมเบรนแบบนาโน สามารถลดปริมาณของ Naphthalene ได้ 97.01 % และ ลดปริมาณของ Acenaphthylene ได้ทั้งหมด เมื่อเทียบกับน้ำส้มควันไม้ที่ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 6 เดือน และจากการศึกษาความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรากลุ่ม *pytuium* sp. พบว่า น้ำส้มควันไม้ หลังทำให้บริสุทธิ์ ซึ่งมี Acetic acid 53.32% มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา กลุ่ม *Pythium* sp. ที่ก่อโรคกับไม้ผลยืนต้น

วิลาสินี แสงนาค (2553) ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัสและสะเดาในการควบคุมเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ซึ่งเป็นสาเหตุโรคแอนแทรคโนสมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ได้ทดสอบประสิทธิภาพของเส้นใยของเชื้อรา *C. Gloeosporioides* โดยผสมน้ำส้มควันไม้ในอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose ager (PDA) ที่ระดับความเข้มข้นที่ทำการทดลอง พบว่าน้ำส้มควันไม้ทั้ง 2 ชนิด ที่มีความเข้มข้นตั้งแต่ 2 % (v/v) ขึ้นไปสามารถยับยั้งการเจริญเติบโต ของเส้นใยเชื้อราได้ 2 % ส่วนประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของโคนิเดียที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่าน้ำส้มควันไม้ ทั้ง 2 ชนิดมีความเข้มข้นตั้งแต่ 1 % (v/v) ยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 100 % จากประสิทธิภาพ

ของน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัสที่ระดับความเข้มข้นน้อยสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใย และการงอกของสปร์อเชื้อรา ได้ดีกว่าน้ำส้มควันไม้สะเดา จึงนำน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัสทดสอบการควบคุมโรคบนผลมะม่วง โดยแช่มะม่วงในน้ำส้มควันไม้ ที่ความเข้มข้น 1,(2) และ (3) % (v/v) เป็นเวลา 1, 3 และ 5 นาที ตามลำดับ แล้วปลูกเชื้อพบว่า การแช่มะม่วงในน้ำส้มควันไม้ 1 % (v/v) เป็นเวลา 1 นาที สามารถลดการเกิดโรคได้ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม เมื่อตรวจสอบคุณภาพของมะม่วงภายหลัง จากการแช่น้ำส้มควันไม้เป็นเวลา 16 วัน กลิ่นจะหายไปในวันแรก หลังจากแช่น้ำส้มควันไม้ และไม่พบอาการของโรคที่ผล ขณะที่ชุดควบคุมแสดงอาการของโรคทั่วผล นอกจากนี้สีเปลือก และรสชาติของมะม่วงไม่ต่างจากมะม่วงก่อนนำมาแช่น้ำส้มควันไม้ กล่าวโดยสรุป น้ำสมควันไม้ยูคาลิปตัสมีศักยภาพในการควบคุมโรคโรคแอนแทรคโนสในผลมะม่วง

ทศพร คมกริชและ อัญชลี สวาสดิ์ธรรม (2555) ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้จากกระท้อน มะขามเทศ มะม่วง และลิ้นจี่ ต่อการไล่แมลงสาบอเมริกัน (*Periplaneta americana* L.) โดยมีการทดลองทั้งหมด 6 ขั้นตอน ผลการทดลองในแต่ละขั้นตอนมีดังต่อไปนี้ การทดลองวงจรชีวิตของแมลงสาบอเมริกัน พบมีการเจริญเติบโต 3 ระยะ คือ ระยะไข่ ตัวอ่อน และตัวเต็มวัย โดยแต่ละระยะมีอายุระหว่าง 38.34 $\pm$ 6.19, 176.50 $\pm$ 13.28 และ 149.50 $\pm$ 12.22 วัน ตามลำดับ ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ 5 ชนิด คือ น้ำส้มควันไม้จากกระท้อนมะขามเทศ มะม่วง ลิ้นจี่ และพืชหลายชนิดรวมกัน พบว่า น้ำส้มควันไม้แต่ละชนิดมีสีแตกต่างกัน ตั้งแต่สีน้ำตาลอ่อนออกเหลืองจนถึงสีน้ำตาลเข้ม ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าตั้งแต่ 2.86 ถึง 3.69 และมีค่าความถ่วงจำเพาะตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์น้ำส้มควันไม้ชุมชน คือ ไม่น้อยกว่า 1.005 และมีปริมาณ กรดอะซิติก และฟีนอล แตกต่างกันในน้ำส้มควันไม้แต่ละชนิด โดยน้ำส้มควันไม้จากลิ้นจี่มีปริมาณของสารทั้ง 2 ชนิดสูงสุด คือ มีปริมาณอะซิติกและฟีนอล เท่ากับ 82.56 และ6.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และน้ำส้มควันไม้จากมะขามเทศ มีปริมาณ กรดอะซิติกต่ำสุด คือ 46.32 เปอร์เซ็นต์ น้ำส้มควันไม้จากกระท้อนมีค่าฟีนอลต่ำสุด คือ 2.16 เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบประสิทธิภาพขององค์ประกอบต่างๆ ของน้ำส้มควันไม้ คือ น้ำมันเบา น้ำส้มควันไม้ และน้ำมันทาร์ในการไล่แมลงสาบ พบว่า เฉพาะส่วนของน้ำส้มควันไม้เท่านั้นสามารถไล่แมลงสาบได้ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพ

พนิตา สุมาณตระกูล และคณะ (2555) ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพเตาเผาเพื่อผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้จากไม้ไผ่ตงลืมแล้ง ได้ปรับปรุงเตาเผาถังน้ำมัน 200 ลิตร ถังเดียวแบบแนวนอนด้วยการติดตั้งชุดแรกเปลี่ยนความร้อนบริเวณทางออกของน้ำส้มควันไม้ ทำให้สามารถเก็บน้ำส้มควันไม้ได้เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับเตาเผาชุดที่ไม่ติดตั้งชุดแลกเปลี่ยนความร้อนคิดเป็น 1.4 เท่า ส่วนถ่านไม้ไผ่ตงลืมแล้งที่อุณหภูมิปิดเตา 400 500 และ 600 °C มีค่าความร้อนเชื้อเพลิงการติดไฟของถ่านร้อยละความชื้น และร้อยละเถ้าของถ่าน ที่สอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ถ่านไม้หุงต้ม ในขณะที่

ร้อยละสารเหยของถ่านไม้ไผ่ตงลืมแล้งที่อุณหภูมิปิดเตาต่างๆ มีสารละเหยเกินกว่าร้อยละ 25 โดยน้ำหนักส่วนร้อยละคาร์บอนคงตัวของถ่านไม้ไผ่ตงลืมแล้ง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิสูงขึ้น นอกจากนี้เมื่อพิจารณา องค์ประกอบของน้ำส้มควันไม้ ที่ผลิตได้ พบว่า มีกรดอะซิตกและสารประกอบฟินอลเป็นหลัก ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง

วิไลจิตร ศรีจันโท (2555) ศึกษา การทำให้น้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีการกรองร่วมกับการดูดซับด้วยวัสดุจากธรรมชาติ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันดินในน้ำส้มควันไม้ โดยการกรองร่วมกับการดูดซับโดยใช้วัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติ 3 ชนิด ได้แก่ ดอกธูป ขนไก่ ชานอ้อย พบว่า การกรองโดยกรวด – ทรายร่วมกับการดูดซับดอกธูป เป็นวิธีที่ดีที่สุดในการกำจัดน้ำมันดิน (Tar) น้ำส้มควันไม้ ทั้งนี้เนื่องจาก การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้แล้วที่ได้ผ่านการกรองโดยกรวด – ทรายร่วมกับการดูดซับดอกธูป แล้วพบว่า ตัวดูดซับที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการกำจัดน้ำมันดิน ได้แก่ ดอกธูป ซึ่งก่อนที่จะนำมาดูดซับด้วยดอกธูปได้มีการกรองน้ำส้มควันไม้ผ่านกรวดและทราย ในขั้นตอนการกรองอาจจะสามารถกำจัดน้ำมันดินได้บางส่วน และเมื่อนำมาดูดซับด้วยดอกธูปจึงทำให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดนำมันดิน เพิ่มมากขึ้น ทำให้สามารถกำจัดน้ำมันดิน ได้และทำให้ค่าพีเอช และค่าความถ่วงจำเพาะเปลี่ยนไปเพียงเล็กน้อย และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เร็วขึ้นโดยไม่ต้องรอตั้งทิ้งไว้นานถึง 3 เดือน

สุคนธ์ ตันติไพบูลย์วุฒิ และคณะ (2555) ศึกษาคุณสมบัติการยับยั้งแบคทีเรียและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของเปลือก ผลไม้ 5 ชนิด ได้แก่ ทุเรียนพันธุ์หมอนทอง มังคุดสุก ส้มเขียวหวาน กล้วยน้ำว้าดิบ และหมากสงดิบ เมื่อสกัดด้วย น้ำร้อน เอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 และอะซิโตน จากการทดลองพบว่า สารสกัดจากเปลือกมังคุดด้วยอะซิโตนให้ ประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียทุกชนิดที่ทดสอบ (Bacillus subtilis, Staphylococcus aureus, Escherichia coli และ Salmonella typhimurium) สูงที่สุด โดยมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย (MIC) น้อยกว่า 195.7 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร รองลงมา คือ สารสกัดจากเปลือกทุเรียนด้วยอะซิโตน มีค่า MIC ต่อ B. subtilis และ S. typhimurium เท่ากับ 373 และ 273 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และมีค่า MIC ต่อ S. aureus และ E. coli เท่ากัน คือ 2,984 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สารสกัดจากเปลือกผลไม้ทุกชนิดที่ทดสอบด้วยอะซิโตนมีปริมาณประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าสารสกัดด้วยน้ำร้อนและสารสกัดด้วยเอทานอล และพบว่า ความสามารถในการ ยับยั้งแบคทีเรียมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่ตรวจพบในเปลือกผลไม้ นอกจากนี้ เปลือกผลไม้ ทุกชนิดที่ทำการศึกษาสามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวกได้ดีกว่าแบคทีเรียแกรมลบ

ลือพงษ์ ลือนาม (2556) การวิจัยเตาผลิตถ่าน และน้ำส้มควันไม้จากเปลือกมังคุดที่เหลือทิ้ง เพื่อพัฒนาการผลิตถ่าน และน้ำส้มควันไม้จากเปลือกมังคุดเหลือทิ้ง เตาเผาถ่าน 200 ลิตร และใช้ถัง 50 ลิตรเพื่อบรรจุเปลือกมังคุดวางไว้บนหลังเตา โดยบรรจุมังคุดปริมาณ 5 กิโลกรัม และใช้ฟืน 50 กิโลกรัม และไม้ฟืนเชื้อไฟหน้าเตา 6.33 กิโลกรัม มีระยะเวลาในการเผาทั้งหมด 4.30 ชั่วโมง สามารถดักเก็บควันไม้จากเปลือกมังคุดได้ 3.37 ชั่วโมงเท่าเวลาการดักเก็บน้ำส้มควันไม้จากฟืน พบว่าสามารถผลิตน้ำส้มควันไม้จากฟืนได้ 1.47 ลิตร และน้ำส้มควันไม้เปลือกมังคุดได้ 1.00 ลิตร ซึ่งคุณภาพของน้ำส้มครันไม้จากเปลือกมังคุดเมื่อเก็บไว้นานเกิน 60 วัน จะมีกลิ่นเหม็นควันไฟ มีลักษณะเป็นของเหลวสีม่วงเขียว มีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 4.56 มีค่าความถ่วงจำเพาะ 1.020 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำส้มควันไม้ดิบมีค่าความเป็นกรด - ด่าง ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มควันไม้ดิบ และได้ถ่านฟืน 12.50 กิโลกรัม และถ่านมังคุด 0.89 กิโลกรัม โดยมีประสิทธิภาพการผลิตไม้ฟืนอยู่ที่ร้อยละ 86.55 และ 22.69

กิตติกร สาสุจิตต์ (2557) การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์น้ำส้มควันไม้เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนของศูนย์เรียนรู้การเกษตรพอเพียงบ้านหนองไซ ตำบลป่าสัก จังหวัดลำพูน การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนนั้นต้องมีการต่อยอดจากสิ่งที่มีอยู่ในชุมชน ศูนย์พัฒนาเศรษฐกิจพอเพียงบ้านหนองไซ ตำบลป่าสัก อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน ซึ่งชุมชนมีการปลูกต้นลำไยเป็นจำนวนมากนอกจากนั้นยังมีการนำไม้ที่ได้จากการตัดแต่งกิ่งต้นลำไยมาเผาถ่านด้วยเตาแบบดั่งเดิมที่มีอยู่ และเตาเผาถ่านแบบใช้ถังขนาด 200 ลิตร ซึ่งผลพลอยได้จากการเผาถ่านไม้ คือ น้ำส้มควันไม้ โดยผลผลิตถ่านไม้จากเตาเผาถ่านจะมีผลผลิตร้อยละ 16 โดยน้ำหนัก และได้น้ำส้มควันไม้ร้อยละ 5 ของน้ำหนักไม้ ทั้งนี้ในโครงการวิจัยนี้จึงได้ทำการเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บน้ำส้มควันไม้โดยใช้ชุดหล่อเย็นจากถังน้ำซึ่งทำให้ได้น้ำส้มควันไม้เพิ่มขึ้นร้อยละ 8 จากน้ำหนักไม้ การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากน้ำส้มควันไม้ทำโดยใช้ส่วนผสมของน้ำส้มควันไม้ร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ร่วมกับผลิตภัณฑ์ทำสบู่ เจลล้างมือฆ่าเชื้อโรค แชมพู โดยจะใช้ในการฆ่าเชื้อโรค นอกจากนั้นยังนำถ่านไม้ที่ไม่ได้คุณภาพมาทำการอัดแท่ง หรือทำเป็นถ่านดูดกลิ่นอับชื้น ถ่านผลไม้ สำหรับการดับกลิ่นอีกทางหนึ่งด้วย จากผลิตภัณฑ์ดังกล่าวทางคณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและฝึกอบรมให้กับชุมชน เพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ชุมชนบ้านหนองไซ และต่อยอดในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านหนองไซต่อไป

ทิพย์วรรณ ช่วยทอง (2557) สมบัติของถ่านจากเปลือกหมาก ศึกษาวิธีการผลิตถ่านจากเปลือกหมาก ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ เพื่อการพัฒนาพลังงานด้านชีวมวล ถ่านเปลือกหมากที่ผลิตได้มีสีดำและน้ำหนักเบา และมีอัตราการผลิตเท่ากับ 18.94 ± 0.21 % เนื่องจากถ่านเปลือกหมากมีลักษณะเบาและเผาไหม้เร็ว จึงต้องทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง ผลการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.37 ± 0.04 kg/hr และ 3.35 ± 1.49

°C/min ตามลำดับ พลังงานความร้อนของถ่านเปลือกหมากมีค่าเท่ากับ 6,091.45 cal/g ซึ่งเป็นไปตาม มาตรฐานถ่านอัดแท่งชุมชน มผช. 238/2547 โดยกำหนดค่าไว้ที่ 5,000 cal/g องค์ประกอบของธาตุและสมบัติทางความร้อนของถ่านเปลือกหมากที่ผลิตได้มีคุณภาพใกล้เคียงกับถ่านมังคุดและถ่านไม้ยางพารา แสดงว่าสามารถนำวัสดุเหลือใช้อย่างเปลือกหมากมาใช้เป็นพลังงานชีวมวลในรูปของเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยสามารถ ลดการผลิตถ่านจากป่าไม้ในธรรมชาติได้

ปริญญา นูวบุตร (2558) ถ่านอัดเม็ดและน้ำส้มควันไม้จากการคาร์บอไนเซชัน ของเปลือกไม้และเปลือกผลไม้ วัตถุประสงค์เพื่อผลิตถ่านอัดเม็ดและน้ำส้มควันไม้จากการคาร์บอไนเซชันของเปลือกยูคาลิปตัส เปลือก สับปะรด และเปลือกมะละกอดิบ ปริมาณผลได้เฉลี่ยของถ่านและน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากเปลือกไม้และเปลือกผลไม้มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 20.89-24.06 และ 8.36-9.26 ตามลำดับ ลักษณะของถ่านเปลือกไม้และเปลือกผลไม้ที่ได้ ถ่านเปลือกไม้ยูคาลิปตัสนั้นจะมีสีดำทั้งหมด มีผงเถ้าขาวๆ เล็กน้อยที่บริเวณขอบเปลือกไม้ ลักษณะผิวด้าน ในส่วนของถ่านเปลือกผลไม้นั้นมีลักษณะเป็นสีดำสม่ำเสมอทั้งหมด และมีเถ้าขาวเกาะ อยู่บางส่วน ลักษณะผิวเป็นมันเงาเล็กน้อย ในภาพรวมนั้นถือว่าลักษณะทั่วไปของถ่านเปลือกไม้และ เปลือกผลไม้ที่ได้นั้นใกล้เคียงกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ถ่านหุงต้ม (มผช.657/2547) ซึ่งระบุว่าถ่าน ไม้หุงต้ม ต้องมีสีดำสม่ำเสมอ ไม่มีเศษดินและไม้ที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ปนอยู่ ในแง่ของค่าความร้อน พบว่า มีเพียงถ่านเปลือกไม้ยูคาลิปตัสเท่านั้นที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้หุงต้ม (มผช.657/2547) ในขณะที่น้ำส้มควันไม้กลั่นที่ได้เปลือกไม้และเปลือก ผลไม้ทุกชนิดผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำส้มควันไม้ (มผช.659/2553) ทั้งหมด

2.6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

S.H.Lee et al (2010) ศึกษาเรื่อง การผลิตน้ำส้มควันไม้จากลิกโนเซลลูโลสชีวมวลและประสิทธิภาพในการยับยั้งชีวภาพ (2010) การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาถึงประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ ที่ผลิตได้ในอุณหภูมิที่ (3)00,400 และ 500 °C จากลิกโนเซลลูโลสชีวมวล 3 ชนิด ได้แก่ ไม้ยางพารา ผสมกับขี้เลื่อยไม้เนื้ออ่อน และลำต้นปาล์มน้ำมัน ต่อเชื้อรา และปลวก ในห้องปฏิบัติการ ผลการ วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ด้วย Fourier Transform InfraRed (FT-IR) และ การทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเชื้อรา และปลวกใต้ดิน ตามมาตรฐาน ASTM ผลการทดลองพบว่า น้ำส้มควันไม้ ที่ผลิตที่อุณหภูมิ 500 °C ประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งทุกอุณหภูมิมีประสิทธิภาพในการป้องกันเชื้อราและปลวก อย่างไรก็ตามสรุปได้ว่า อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมากไม่ได้ส่งผลต่อประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ และมีประสิทธิภาพป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อราสีขาว และปลวกได้ดี

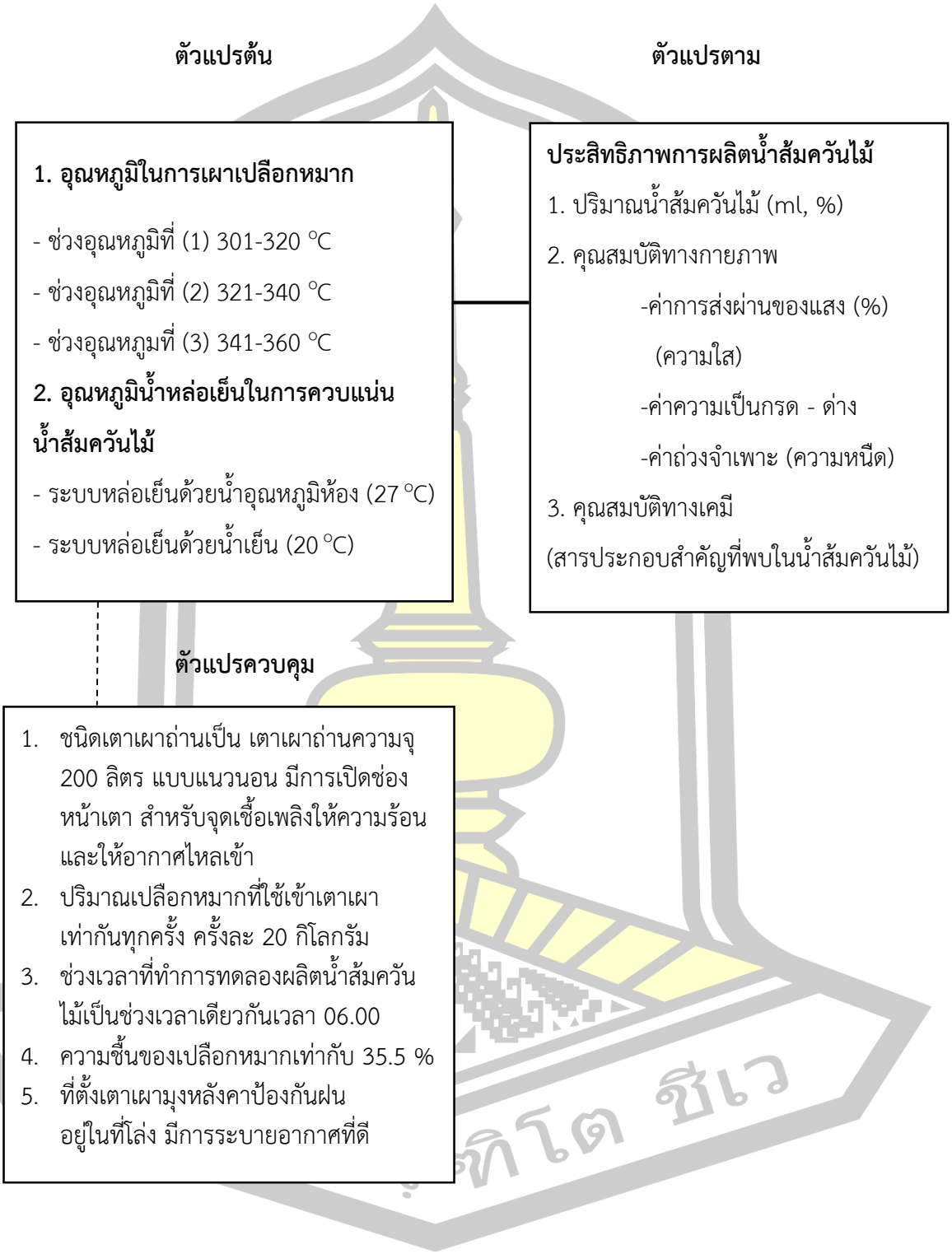
Jahangir Payamara (2011) ศึกษาเรื่อง การใช้ประโยชน์สารอินทรีย์ในน้ำส้มควันไม้ ซึ่งได้เผาถ่านจากเศษกิ่งไม้ทั้งเปียก และแห้ง ที่อุณหภูมิ 440 °C เป็นเวลา 100 นาที ซึ่งผลได้จากกระบวนการผลิต เป็น แก๊ส 42.2%; น้ำส้มควันไม้ 24.86%; tar 0.78% และถ่านหิน 29.50% จากนั้นนำน้ำส้มควันไม้ตั้งทิ้งไว้ในที่ทึบแสงเป็นเวลา 3 เดือน ก่อนนำมาตรวจสอบคุณสมบัติ ซึ่งพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำส้มควันไม้ อยู่ในช่วง 1.95-2.14 โดยองค์ประกอบหลักประกอบด้วยกรดอะซิติก 34.40%, เมทานอล 5.20 %, กรดโพรพานออิก 2% ผลการทดสอบคุณสมบัติทางชีวภาพ โดยการฉีดพ่นบนใบข้าวโพด เปรียบเทียบกับการฉีดพ่นลงบนดิน ทุก 6 วันหลังปลูก พบว่าน้ำส้มควันไม้สามารถ ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Xanthomonas comprestris* pv. ได้

Zhang Rui et al (2014) ศึกษาเรื่อง ประสิทธิผลของน้ำส้มควันไม้ต่อจุลินทรีย์ในดิน เพื่อเปรียบเทียบผลของน้ำส้มควันไม้ที่ความเข้มข้นต่างกันต่อปริมาณจุลินทรีย์ในดิน โดยการฉีดพ่นน้ำส้มควันไม่ที่เจือจาง 300 และ 500 เท่า ลงในดิน จากนั้นได้ตรวจหาปริมาณ แบคทีเรีย, เชื้อรา และ actinomycetes ในวันที่ 1, 3, 6, 10 และ 15 หลังจากฉีดพ่น ผลการศึกษา พบเชื้อจุลินทรีย์ที่สำคัญในดิน ได้แก่ 1) ปริมาณแบคทีเรีย Bacillus spp. และแบคทีเรียแกรมบวก จำนวนมาก โดยพบว่า น้ำส้มควันไม้ที่เจือจาง 300 และ 500 เท่า มีผลให้แบคทีเรียในดิน เพิ่มจำนวนขึ้น และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่ง น้ำส้มควันไม้ที่เจือจาง 300 เท่า จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนของแบคทีเรียที่สำคัญทั้งหมด ส่วนน้ำส้มควันไม้ที่เจือจาง 500 เท่า ไม่เพียงแต่ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนของแบคทีเรียที่สำคัญ ยังมีผลต่อการเพิ่มจำนวนแบคทีเรียแกรมลบ แบคทีเรียทั้งที่ไม่ใช้ออกซิเจน ไม่ใช้ออกวิเจน และแบคทีเรียที่ไม่สำคัญอื่นๆ 2) ปริมาณเชื้อรา และ actinomycetes จำนวนน้อย ซึ้งจะต้องศึกษา ความเข้มข้นที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ทั้งสองต่อไป

Body Rahmat et al (2014) ศึกษาเรื่อง น้ำส้มควันไม้จากมูลฝอยและประสิทธิกาพในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืช และแมลงกำจัดศัตรูพืช มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาประสิทธิภาพผลิตน้ำส้มควันไม้จากเศษไม้เฟอร์นิเจอ จากเตาไพโรไรซีส และ ประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ต่อการเจอเติบโตของมะละกอในเรือนเพาะชำ และเป็นสารไล่แมลงศัตรูพืชในระหว่างการเก็บรักษาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ผลการทดลองพบว่า ในระหว่างกระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้ 90 นาที ในนาที่ 10 จะให้ปริมาณ น้ำส้มควันไม้ สูงสุดถุง 139 ml ในนาทีที่ 10 ในการผลิตน้ำส้มควันไม้จากเศษไม้เฟอนิเจอร์ 1,000 g จะได้น้ำส้มควันไม้ ที่มีปริมาณ น้ำมันดิน, น้ำมันไบโอดีเซล และถ่านในปริมาณ 487.67 mL 41.76 g 2.93 ml และ 222 g ตามลำดับ ในการทดลองพบว่า น้ำส้มควันไม้ 5 ml/l มีผลต่อการเพิ่มเส้นผ่าศูนย์กลางของต้นมะละกอ และ การผสม หรือ ฉีดพ่น น้ำส้มควันไม้ 5 ml/ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 200 g มีผลต่อการเพิ่มจำนวนการตายของมอด และลดความเสียหายของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

จากการทบทวนเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัย พบว่า การผลิตน้ำส้มควันไม้เป็นวิธีการที่น่าสนใจในการนำมาประยุกต์ใช้ในการกำจัดเปลือกหมาก ผลพลอยได้คือ น้ำส้มควันไม้ ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์แทนสารเคมี ในเชิงอุตสาหกรรม เกษตรกรรม หรือในครัวเรือน ได้อย่างกว้างขวาง และมีผลลัพธ์ที่ดี ไม่เกิดพิษภัยต่อสิ่งแวดล้อม โดยทั่วไปแล้วน้ำส้มควันไม้ประกอบด้วย กรดอะซิติก (กรดอินทรีย์) ประมาณ 3 % น้ำ ประมาณ 85 % และสารอินทรีย์อื่นๆ อีกประมาณ 12 % (สุพรชัย มั่งมีสิทธิ์, 2551) มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 2.0 ถึง 3.0 ค่าความถ่วง งจำเพาะ ต่องอยู่ระหวาง 1.010-1.025 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2553) ซึ่งในการผลิตน้ำส้มควันไม้ที่มีประสิทธิภาพจะต้องมีการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิต เพื่อขยายผลใช้ในชุมชนและได้ผลผลิตน้ำส้มควันไม้มาใช้ประโยชน์ทดแทนสารเคมีที่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต และสภาพแวดล้อม

2.7 กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพประกอบ 12 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การผลิตน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก ผู้วิจัยได้ดำเนินการ ศึกษาตามลำดับดังนี้

3.1 รูปแบบการวิจัย

3.2 การเตรียมตัวอย่าง

3.3 อุปกรณ์ ที่ใช้ในการวิจัย

3.3 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

3.4 การจัดกระทำ และการวิเคราะห์ข้อมูล

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยนี้การวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมากโดยควบคุมปัจจัยต่างๆ คือ ชนิดเตาเผาถ่าน ปริมาณเปลือกหมาก ช่วงเวลาที่ทำการทดลอง และความชื้นของเปลือกหมาก ออกแบบการทดลองเป็นแบบ 3X 2 X 3 Factorials ทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

3.2 การเตรียมตัวอย่าง

3.2.1 การเตรียมเปลือกหมาก

3.2.1.1 เปลือกหมาก ที่ผ่านการปอกเอาเมล็ดออกแล้ว นำไปผึ่งแดดบนตาข่ายไนล่อน 3-4 วัน หรือจนหมาดให้ความชื้น เท่ากับ 35.5 % รวบรวมใส่กระสอบที่เย็บด้วยตาข่ายไนล่อนขนาด 18 X 30 นิ้ว บรรจุกระสอบละ 20 กิโลกรัม จำนวน 18 กระสอบ

3.2.1.2 การหาค่าความชื้นของเปลือกหมาก

1) อุปกรณ์และเครื่องมือ

(1) เครื่องวัดความชื้นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร (Grain Moisture Tester)

(2) กรรไกรสำหรับตัดย่อยเปลือกหมากที่ผ่านการตากแห้งแล้ว

(3) เครื่องชั่งน้ำหนัก ขนาด 2,500 กรัม

2) การหาค่าความชื้น

(1) ทำการสุ่มตัวอย่าง เปลือกหมากที่ผ่านการตากแดด จำนวน 360 กิโลกรัม. ด้วยวิธีการ แบ่งเป็น 4 ส่วน (Quartering) สุ่มตัวอย่างจนเหลือ หนึ่งกิโลกรัม

(2) นำเปลือกหมากที่ได้จากการ Quartering มาตัดย่อยให้มีขนาด 0.5X0.5 เซนติเมตร ด้วยกรรไกร

(3) วัดความชื้นของเปลือกหมากด้วย เครื่องวัดความชื้นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร (Grain Moisture Tester) ได้ค่าความชื้น 35.5%

3.2.2 การเตรียมเตาเผาถ่าน 200 ลิตร แบบแนวนอน

3.2.2.1 การเตรียมติดตั้งเตาเผา

1) การเลือกสถานที่ก่อสร้างเตาเผา ผู้วิจัยเลือกทดลองในที่สาธารณะ บ้านโนนจำปา หมู่ที่ (3) ตำบลห้วยยาง อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ มีหลักการเลือก ดังนี้

(1) พื้นที่เป็นที่ดอน ฝนตกน้ำไมท่วม

(2) พื้นที่ที่ต้องการติดตั้งเตาเผาควรมีความกว้างและความยาวเป็น เมตร 1 X 2 เมตร

(3) พื้นที่อยู่ห่างจากบ้านคนประมาณ 50 เมตร เพื่อไม่ให้ควันรบกวนผู้อื่น

(4) พื้นที่อยู่ใกล้วัสดุที่จะนำมาเผา เนื่องจากเป็นหมู่บ้านที่เป็นพื้นที่ปลูกหมาก

2) อุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งเตาเผาถ่าน 200 ลิตร แบบนอน ประกอบด้วย

(1) ถังน้ำมัน 200 ลิตร

(2) ท่อใยหิน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว / ยาว 1 เมตร

(3) ข้องอใยหิน

(4) อิฐบ๊อค 12 ก้อน

(5) ดินหรือดินเหนียว และทราย

(6) ขี้เถ้าหรือปูนซีเมนต์ 1 กิโลกรัม.

(7) ดินหรือดินเหนียวผสมแกลบ เพื่อใช้เป็นวัสดุเชื่อมข้อต่ออุดรอยรั่วและปิดหน้าเตาเมื่อถ่านสุก

(8) ไม้หรือเศษวัสดุที่ใช้ป้องกันดินพัง

(9) ตะแกรงเหล็ก ใช้วางรองเปลือกหมาก

แสดงดังภาพประกอบ 13

ภาพประกอบ 13 อุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งเตาเผาถ่าน 200 ลิตร แบบนอน

3) การติดตั้งเตาเผาถ่าน 200 ลิตร แบบนอน ดังนี้

ทำการติดตั้งเตาเผาในการตอกเสาค้ำยัน ควรวัดระยะห่างระหว่างเสาค้ำยันให้ได้ระยะห่างระหว่าง เสาประมาณ 80x80 เซนติเมตร จากนั้นให้เริ่มประกอบตัวเตาตามขั้นตอนต่อไปนี้

(1) นำตัวเตาที่เจาะทั้งหน้าและด้านท้ายของเตาเสร็จแล้ว มาวางไว้ตรงกึ่งกลางระหว่างเสาค้ำยันโดยให้รูกลมที่เจาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 นิ้ว อยู่ด้านล่างเพื่อประกอบกับท่อใยหิน 90 องศา ที่เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว ไว้เพื่อระบายน้ำส้มควันไม้

(2) นำกระเบื้องที่ใช้ทำเป็นผนังเตาด้านนอกมาวางแนบกับเสาค้ำยันให้ตั้งฉาก ด้านข้างทั้ง 2 ด้าน โดยมีระยะห่างประมาณ 10 เซนติเมตร โดยวัดจากขอบตัวเตาที่ยื่นออกมานอกสุดจนถึงผนังเตาด้านในด้านหลังยังไม่ต้องปิด แล้วเทดินประคองด้านข้างตัวเตา พอประมาณเพื่อไม่ให้ตัวเตาขยับเขยื้อน

(3) ประกอบท่องอฉากใยหิน 90 องศา ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว โดยให้ด้านที่ใหญ่ ที่สุดสวมเข้าไปในช่องที่เจาะไว้ในด้านท้ายของตัวเตาและนำอิฐก้อนหรือดินมา ก่อล้อมบริเวณรูที่เจาะไว้ที่ท่องอฉากเพื่อช่วยระบายน้ำส้มควันไม้ที่ตกค้าง

(4) ประกอบท่อตรงใยหินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว ยาว 1 เมตร สวมเข้ากับข้องอฉาก 90 องศา ที่ประกอบไว้ท้าย เตา ตอกไม้ขนาดพอประมาณข้างท่อ นำลวดหรือเชือกผูกยึดท่อตรงใยหินให้แน่น

(5) ประสานรอยต่อระหว่างตัวเตา ข้องอฉาก 90 องศา และปล่องควันให้สนิทเพื่อไม่ให้ เกิดรอยรั่วขณะเผาถ่าน

(6) ปิดผนังเตาด้านหลังโดยวางผนังเตาด้านหลังให้ห่างจากข้องอ ประมาณ 10-15 เซนติเมตร

(7) ตักดินทรายที่เตรียมไว้เทลงในช่องระหว่างตัวเตา และผนังเตาด้านหลังทั้ง 3 ด้าน เพื่อประคองข้องอ 90 องศา กับปล่องควันท้ายเตาและเพื่อเป็นฉนวนให้กับตัวเตาและนำผนังเตาด้านหน้าประกบหน้าเตาเพื่อป้องกันไม่ให้ฉนวนดินหรือทรายหน้าเตาพัง ลงมาโดยเว้นช่องฝาผนังเตาไว้เพื่อปิด/เปิดฝาได้สะดวกโดยไม่ต้องรื้อเตาใหม่อีก

(8) ตัดไม้เพื่อนำมาทำเป็นหมอนหนุนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2-3 นิ้ว ยาวประมาณ 20-25 เซนติเมตร จำนวน 3 ท่อน วางขวางด้านล่างของตัวเตา โดยให้มีระยะที่ห่างกันพอประมาณ ทั้งนี้เพื่อให้มีการไหลเวียนของลมร้อนภายในเตาได้

ภาพประกอบ 14 การติดตั้งเตาเผาถ่าน 200 ลิตร แนวนอน

3.2.2.2 การทดสอบเตาเผาถ่าน

ผู้วิจัยได้เลือกไม้สะเดาที่ได้จากการตัดแต่งกิ่งบริเวณใกล้เคียงกับสถานที่ตั้งเตา เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการผลิตถ่าน และเก็บน้ำส้มควันไม้ ของเตาเผาถ่านทั้ง 3 เตา ดังนี้

1) นำกิ่งไม้สะเดาปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 2 สัปดาห์ เพื่อให้ไม้หมาด ไม่สดหรือแห้งเกินไป ตัดเป็นท่อนยาวประมาณ 80 เซนติเมตร และคัดแยกไม้เป็นกลุ่ม 3 ขนาด คือ เล็ก กลาง ใหญ่ เพื่อสะดวกในการเรียงไม้เข้าเตา

2) เรียงไม้เข้าเตา โดยให้ไม้ขนาดเล็กสุดอยู่ด้านล่าง ขนาดใหญ่สุดอยู่บน (ธรรมชาติของความร้อนจะลอยอยู่ด้านบน อุณหภูมิด้านล่างจะต่ำกว่า เมื่ออุณหภูมิต่างกัน ไม้เล็กไม้ใหญ่จะเป็นถ่านพร้อมกันพอดี และใส่ไม้ควรเอาด้านเล็กกว่าเข้าไปในเตา เพราะอยู่ใกล้ช่องเชื้อเพลิงซึ่งอุณหภูมิจะสูงกว่าท้ายเตา) จนไม้เต็ม

3) ปิดฝาเตา เอารูสี่เหลี่ยม ไว้ด้านล่างเป็นปากเตา (ปิดฝาถังให้สนิท) ประกอบช่องใส่ไฟด้วยการเอาอิฐบล็อก 2 ก้อนมาวางตั้งขนานกันตรงรูสี่เหลี่ยมหน้าเตา เว้นระยะให้พอดีกับช่องที่เจาะไว้ นำอิฐอีก 2 ก้อนวางนอนทับด้านบน แล้วยาแนวประสานระหว่างหน้าเตากับอิฐ รอยต่อของอิฐแต่ละก้อนทุกแนว ขอบฝาถังกับตัวถังก็ยาแนวให้สนิท

4) จุดไฟเผาเชื้อเพลิงบริเวณปากเตาเพื่อเริ่มต้นเผาถ่าน ระมัดระวังตำแหน่งของกองไฟหน้าเตาไม่ให้เข้าใกล้เตาจนเกินไป คือประมาณ 1 ฟุต ปล่อยให้ไอร้อนไหลเข้าไปในเตา

5) เมื่อเผาไปอีกระยะหนึ่ง ควันสีขาวจะเริ่มบางลง และเปลี่ยนเป็นสีเทาค่อยๆ ลดการป้อนเชื้อเพลิงหน้าเตาจนหยุดการป้อนเชื้อเพลิง พร้อมกับ ปรับจะช่องควบคุมอากาศโดยการหรี่หน้าเตาหรือลดพื้นที่หน้าเตา ทำการวัดอุณหภูมิเตาโดยการวัด 3 ตำแหน่ง คือ (1) วัดอุณหภูมิปากปล่อง คือ ปลายท่อใยหิน (2) วัดอุณหภูมิหน้าเตา คือบริเวณด้านข้างของเตาห่างจากขอบเตา 20 เซนติเมตร (3) อุณหภูมิหลังเตา คือบริเวณด้านข้างของเตาห่างจากขอบเตา 20 เซนติเมตร เพื่อทดสอบประสิทธิภาพเตา ทั้ง 3 เตา

ผลการทดสอบปรากฏว่า ขั้นตอนการไล่ความชื้น จนถึงเตาติด ใช้เวลา 240 นาที อุณหภูมิเฉลี่ยของเตา และปากปล่องจะอยู่ในช่วง 28.40-272.28 และ 28.40-79.70 °C ตามลำดับ การเปลี่ยนจากไม้ถ่าน (Carbonization) ใช้เวลา 270 นาที อุณหภูมิเฉลี่ยของเตา และปากปล่องจะอยู่ในช่วง 272.28-401.35, 79.70-149.20 °C ตามลำดับ การทำถ่านให้บริสุทธิ์ (Refinment) ใช้เวลา 90 นาที อุณหภูมิเฉลี่ยของเตา จะอยู่ในช่วง 401.35-450.90 °C รวมใช้เวลาในการผลิตเฉลี่ย 600 นาที ซึ่งเป็นเตาเผาถ่าน 200 ลิตร ที่สามารถผลิตถ่าน และเก็บน้ำส้มควันไม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.2.2.3 การทดสอบเผาถ่านจากเปลือกมาก

1) นำเปลือกหมากที่เตรียมไว้เข้าไปจัดวางให้เป็นระเบียบในเตาเผาถ่าน200 ลิตร แบบแนวนอน ที่ติดตั้งและทดสอบเรียบร้อยแล้วปิดฝาถังให้แน่นหนาอุดรอยต่างๆ ด้วยดินเหนียวไม่ให้เป็นช่องทางที่อากาศเข้าได้

2) จุดไฟเผาเชื้อเพลิงหน้าเตา เผาเปลือกหมาก และตรวจวัดอุณหภูมิเช่นเดียวกับการเผาไม่สะเดาเพื่อทดสอบเผาเปลือกหมาก

3.2.2.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บน้ำส้มควันไม้

1) ไม้ไผ่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้วยาว 5 เมตร เจาะรูทะลุทุกปล้อง

2) กระบอกไม้ไผ่ปากกว้างสำหรับรองน้ำส้มควันไม้

3) อุปกรณ์ระบบหล่อเย็น

(1) กระสอบป่าน สำหรับพันรอบไม้ไผ่ตัดขนาด ตัดขนาด 40 X 100 เซนติเมตร

(2) ท่อพีวีซีที่เจาะรูสำหรับทำเป็นระบบน้ำหยด

(3) ถังน้ำขนาด 100 ลิตรสำหรับบรรจุน้ำหล่อเย็นที่อุณหภูมิต่างๆ เชื่อมต่อกับท่อพีวีซีสำหรับทำเป็นระบบน้ำหยด

ภาพประกอบ 15 การติดตั้งระบบหล่อเย็นแบบน้ำหยด

3.2.2.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์

1) ขวดน้ำพลาสติก ชนิด PET ขนาด 700 ml สำหรับใส่น้ำส้มควันไม้

2) กระดาษฟอยล์ (อลูมิเนียม)

3) ดอกธูปฤษี ที่แกะเอาเฉพาะส่วนที่เป็นเส้นใย ผ่านการนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 103 °C ประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วเก็บเส้นใยที่อบแห้ง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ประมาณ 30 นาที จากนั้นเก็บใส่ถุงพลาสติกมัดปากถุงให้แน่น

4) กระบอกตวง

5) เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

6) กระบอกไม้ไผ่สำหรับเก็บน้ำส้มควันไม้

7) ถ่านกัมมันต์

8) ชุดถังออกซิเจน สำหรับเติมอากาศ

9) ชุดกรองสุญญากาศ

10) กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42

11) ชุดกรองอย่างง่าย ทำจากขวดน้ำพลาสติก ชนิด PET ขนาด 1.25 ลิตร บรรจุชั้นกรองโดย ชั้นที่ 1 ใส่กรวดที่มีขนาดเล็กลงในขวดกรอง ความสูง10 เซนติเมตร และชั้นกรองชั้นที่ 2 ใส่ทรายลงไปในขวดกรอง ให้มีความสูง 10 เซนติเมตร

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 ในการขั้นตอนการเผาถ่าน

3.3.1.1 เครื่องชั่งสปริง 60 กิโลกรัม ตรากิเลน รุ่น KR-60

3.3.1.2 นาฬิกาแขวน ยี่ห้อ Jumbo Quartz

3.3.1.3 ไม้เขื่อเพลิง

3.3.1.4 เครื่องวัดอุณหภูมิ Infrared Thermometer GM550 BENETECH ช่วงการวัด -50 ~ 550 °C (-58~1022 °F)

3.3.1.5 บีกเกอร์ ขนาด 500 ml 1000 ml

3.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองทางห้องปฏิบัติการ

3.3.2.1 เครื่องวัดพีเอช (pH meter) แบบตั้งโต๊ะ ยี่ห้อ *Mettler* Toledo รุ่น *F20-*Standard

3.3.2.2 เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (UV-Visible Spectrophotometer) ยี่ห้อ Thermo Scientific รุ่น EVOLUTION 201

3.3.2.3 เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟฟี-แมสสเปคโตเมตรี (Gas Chomatography-Mass Sprctometry (GC-MS)) ยี่ห้อ Shimadsu รุ่น QP2010

3.3.2.4 เครื่องระเหยสุญญากาศ (Rotary Vacuum Evaporator) ยี่ห้อ Heidolph รุ่น Hei-VAP

3.3.2.5 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ *Mettler* Toledo รุ่น AL204

3.3.3 สารเคมีที่ใช้

3.3.3.1 กรดอะซีติก (Acetic acid) HPLC grade ผลิตภัณฑ์ Sigma Aldrich

3.3.3.2 สารมาตรฐาน ฟีนอล (Phenol) HPLC grade ผลิตภัณฑ์ Sigma Aldrich

3.3.3.4 ไดเอทธิลอีเทอร์ ($C_6H_{10}O$) HPLC grade ผลิตภัณฑ์ Sigma Aldrich

3.4 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

3.4.1 ศึกษาประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้

3.4.1.1 วางแผนการทดลองเป็นแบบ 3 X 2 Factorials 3 ซ้ำ มี 2 ปัจจัย ดังนี้

1) ระดับอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือหมากเพื่อผลิตน้ำส้มควันไม้ ได้แก่

(1) ช่วงอุณหภูมิที่ (1) 301-320 °C

(2) ช่วงอุณหภูมิที่ (2) 321-340 °C

(3) ช่วงอุณหภูมิที่ (3) 341-360 °C

2) อุณหภูมิหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ คือ

(1) หล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง (27 °C)

(2) หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น (20 °C)

ประกอบด้วย 6 สิ่งทดลอง แต่ละสิ่งทดลองทำ 3 ซ้ำ ๆ รวม 18 สิ่งทดลอง ณ ที่สาธารณะบ้านโนนจำปา หมู่ที่ (3) ตำบลห้วยยาง อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ ดังต่อไปนี้

3.4.1.2 ขั้นตอนการทดลอง

1) นำเปลือกหมากที่เตรียมไว้เข้าไปจัดวางให้เป็นระเบียบในเตาเผาถ่าน 200 ลิตร แบบแนวนอน ที่ติดตั้งและทดสอบเรียบร้อยแล้วปิดฝาถังให้แน่นหนาอุดรอย ต่าง ๆ ด้วยดินเหนียว ไม่ให้เป็นช่องทางที่อากาศเข้าได้ นอกจากปากเตา ทำการเผาตามแผนการทดลอง 6 สิ่งทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ โดยเผาครั้งละ 3 เตา

2) จุดไฟเผาเชื้อเพลิง ที่เตรียมไว้บริเวณปากเตาเพื่อเริ่มต้นเผาถ่าน ระมัดระวังตำแหน่งของกองไฟหน้าเตาไม่ให้เข้าใกล้เตาจนเกินไป คือประมาณ 1 ฟุต ป้อนเชื้อเพลิงทีละน้อย ปล่อยให้ไอร้อนไหลเข้าไปในเตา เพื่อให้ความร้อนสะสมในเตา และค่อยๆ ไล่ความชื้นออกจากเตา ควันที่ออกมาจากปล่องควันจะเป็นสีขาว อุณหภูมิเตาเฉลี่ย ประมาณ 250-260°C และอุณหภูมิปากปล่อง ประมาณ และ 72-75 °C

3) จากนั้นจะมีกลุ่มควันสีขาว ที่เรียกว่าควันบ้าพุ่งออกมาจำนวนมาก เมื่อเผาไปอีกระยะหนึ่ง ควันสีขาวจะเริ่มบางลง และเปลี่ยนเป็นสีเทา อุณหภูมิเตาเฉลี่ย ประมาณ 280-300°C และอุณหภูมิปากปล่อง ประมาณ และ 80-83 °C ค่อยๆ ลดการป้อนเชื้อเพลิงหน้าเตาจนหยุดการป้อนเชื้อเพลิง พร้อมกับ ปรับจะช่องควบคุมอากาศโดยการหรี่หน้าเตาหรือลดพื้นที่หน้าเตา ประมาณ 20, 40, 60 ตารางเซนติเมตร เพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในเตาให้อยู่ในระดับต่างๆ ตามแผนการทดลอง และเริ่มเก็บน้ำส้มควันไม้โดยกำหนดช่วงอุณหภูมิเตาเฉลี่ย ให้อยู่ในช่วง 301 – 320 °C, 321-340 °C และ 341-360 °C อุณหภูมิ ปากปล่อง อยู่ในช่วง 80-100 °C

4) ตรวจวัดอุณหภูมิทุก 10 นาที ในบริเวณ 3 แห่งด้วยกัน คือ

(1) บริเวณปากปล่องหรือบริเวณปลายท่อใยหินด้านบน

(2) บริเวณหน้าเตาเผา โดยวัดจากห่างขอบเตาด้านด้านข้างของเตา 20 เซนติเมตร

(3) บริเวณหลังเตาเผา โดยวัดจากด้านข้างของเตาห่างจากด้านหลังของเตา 20 เซนติเมตร

5) เมื่อถ่านสุกให้สังเกตว่าไม่มีควันออกจากปากปล่อง จึงทำการอุดปากเตา และปากปล่องด้วยดินเหนียวรวมทั้งรอยรั่วอื่นๆ จนควันไม่สามารถเล็ดรอดออกมาได้

6) ทิ้งไว้ประมาณ 1 คืน เตาจะเย็นลงจนสามารถเปิดเตานำถ่านออกมา

3.4.1.3 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต

1) ปริมาณน้ำส้มควันไม้ (ml, %) และอัตราการผลิตน้ำส้มควันไม้

$$\text{อัตราการผลิตน้ำส้มควันไม้ (l, \%)} = \frac{\text{ปริมาณน้ำส้มควันไม้ (l) X 100}}{\text{น.น.เปลือกหมากที่เผาภายในเตา (kg)}}$$

3.4.2 การศึกษาคุณสมบัติของน้ำส้มควันไม้

3.4.2.1 การนำน้ำส้มควันไม้มาทำให้บริสุทธิ์ ก่อนนำมาใช้ โดยวิธีการ ดังต่อไปนี้

1) วิธีที่ (1) การกรองด้วยกรวดและทราย ร่วมกับการดูดซับด้วยธูปฤษี ซึ่งประยุกต์ใช้ชุดกรองอย่างง่าย บรรจุชั้นกรอง ชั้นที่ 1 เป็นกรวดที่มีขนาดเล็ก และชั้นที่ 2 ใส่ทราย แล้วนำไปดูดซับด้วยธูปฤษีในปริมาณ 10 กรัม ต่อ น้ำส้มควันไม้ 100 ml ตั้งทิ้งไว้ 48 ชั่วโมง แล้วกรองด้วยกระดากรอง Whatman เบอร์ 42 จากนั้นนำน้ำส้มควันไม้ไปตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี

2) วิธีที่ (2) การเติมอากาศ – ถ่านกัมมันต์ ร่วมกับการกรองด้วยกรวด และทราย โดยประยุกต์ใช้วิธีการของ นิลุบล นุ่มสกุล (2551) ประกอบด้วย ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเติมอากาศ นำน้ำส้มควันไม้มาเติมอากาศด้วยปั๊มที่อัตราการไหล 1,000 มิลิลิตร ต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที

ขั้นตอนที่ 2 เติมถ่านกัมมันต์ในสัดส่วน 0.5 เปอร์เซ็นต์ แล้วตั้งทิ้งไว้ 7 วัน แล้วกรองด้วยกระดากรอง Whatman เบอร์ 42

ขั้นตอนที่ (3) กรองด้วยชุดกรองอย่างง่าย บรรจุชั้นกรอง ชั้นที่ 1 เป็นกรวดที่มีขนาดเล็ก และชั้นที่ 2 ใส่ทรายจากนั้นนำน้ำส้มควันไม้ไปตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี

3) วิธีที่ (3) ทิ้งให้ตกตะกอนประมาณ 90 วัน โดยเก็บไว้ในขวดพลาสติกชนิด Poly Ethylene Terephthalate (PET) ที่ใช้กระดาษฟอยล์หุ้มไว้เพื่อป้องกันแสง น้ำส้มควันไม้จะแบ่งออกเป็น 3 ชั้น ชั้นบนสุดจะเป็นน้ำมันใส ชั้นกลางเป็นของเหลวใสสีชา คือน้ำส้มควันไม้ และ

ชั้นล่างสุดจะเป็นของเหลวสีดำข้น คือ น้ำมันดิน นำน้ำส้มควันไม้ส่วนที่เป็นของเหลวใสสีชามาวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำส้มควันไม้โดยใช้วิธีกาลักน้ำใช้สายยางดูดน้ำส้มควันไม้ที่อยู่ชั้นกลางออกมาแล้วจึงนำน้ำส้มควันไม้ไปตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี

3.4.2.2 การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ ของน้ำส้มควันไม้

นำน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านกระบวนการการทำให้บริสุทธิ์ มาวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ เปรียบเทียบกับน้ำส้มควันไม้ที่ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 3 เดือน โดยพารามิเตอร์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ แสดงดังตาราง

ตารางที่ 3 พารามิเตอร์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์

พารามิเตอร์	เครื่องมือวิเคราะห์/วิธีวิเคราะห์
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าความส่งผ่านของแสง (%T) ค่าความถ่วงจำเพาะ ปริมาณสารประกอบ	เครื่องพีเอชมิเตอร์ (pH meter) เครื่อง UV-Visible Spectrophotometer เครื่อง ชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง เครื่อง Gas Chomatography-Mass Spretometry (GC-MS)

3.4.2.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ของน้ำส้มควันไม้

1) นำน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ เปรียบเทียบกับน้ำส้มควันไม้ที่ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 3 เดือน มาสกัดด้วยตัวทำละลาย ไดแก่ ไดเอทธิลอีเทอร์ (ประยุกต์จาก นิลุบล นุ่มสกุล, 2551 อ้างอิงจาก Ozcimen & Karaosmanogru, 2004) ดังนี้

(1) นำน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ 200 ml เติมลงกรวยแยกขนาด 600 ml เติม ไดเอทธิลอีเทอร์ 200 ml เขย่าตั้งทิ้งให้แยกชั้น เป็นเวลา 30 นาที

(2) สกัดแยกเอาชั้นน้ำส้มควันไม้ (ชั้นล้าง) และชั้น ไดเอทธิลอีเทอร์ (ชั้นบน) ออกจากกัน โดยไขไดเอทธิลอีเทอร์ลงในขวดก้นกลมขนาด 250 ml ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นลงในเดซิเคเตอร์

(3) นำชั้นไดเอทธิลอีเทอร์ ไปละเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศจนแห้ง ชั่งน้ำหนักสาร

2) นำสารที่สกัดได้ ไปละลายด้วยไดเอทธิลอีเทอร์ และปรับปริมาตรของสารละลายเป็น 1 ml นำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟฟี-แมสสเปคโตเมตรี (GC-MS)

3) ทำการทดลองเช่นเดียวกันแต่ใช้ น้ำส้มควันไม้ที่เก็บไว้นาน 90 วัน

ตารางที่ 4 สภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำส้มควันไม้ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี แมสสเปกโตเมตรี (GC-MS)

สภาวะที่ใช้ในการดำเนินการวิเคราะห์	
Inlet temperature	250 °C, Splitless mode, 0.1 minuet
Initial oven temperature	40 °C
Final oven temperature	230 °C
Colum	Innowax, length 30m, 250 µg I.D., 0.25 µg
Carier gas	High purity helium 99.99% UHD
Ionization mode	Electron ionization 70 ev
Acquisition mode	Scan, 40-500 amu
Transfer line temperature	°C

3.5 การจัดกระทำ และการวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 ประสิทธิภาพการผลิตน้ำส้มควันไม้

1) ปริมาณน้ำส้มควันไม้ (ml) และอัตราการผลิตน้ำส้มควันไม้ %

2) คุณสมบัติของน้ำส้มควันไม้

(1) คุณสมบัติทางกายภาพ

(1.1) ค่า pH โดยใช้ เครื่อง pH meter

(1.2) ค่า transmittance โดยใช้ เครื่อง UV-Visible Spectrophotometer วัดค่าดูดกลืนแสง (absorbance) แล้วนำไปแทนค่า transmittance (%T) ในสมการ (วิสุทธิ์ กังวานตระกูล, 2558)

A (absorbance) = -logT

= logT

= 2-log (%T)

(1.3) ค่า specific gavity โดยใช้ เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น AL204

(2) คุณสมบัติทางเคมี

(2.1) วิเคราะห์สารประกอบสำคัญในน้ำส้มควันไม้ จาก gas chromatography mass spectrometry library และ ปริมาณสารประกอบสำคัญที่พบในน้ำส้มควันไม้ โดยใช้เครื่อง Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS; ppm)

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป รายละเอียดดังนี้

1) วิเคราะห์ ปริมาณปริมาณน้ำส้มควันไม้ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2) วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี

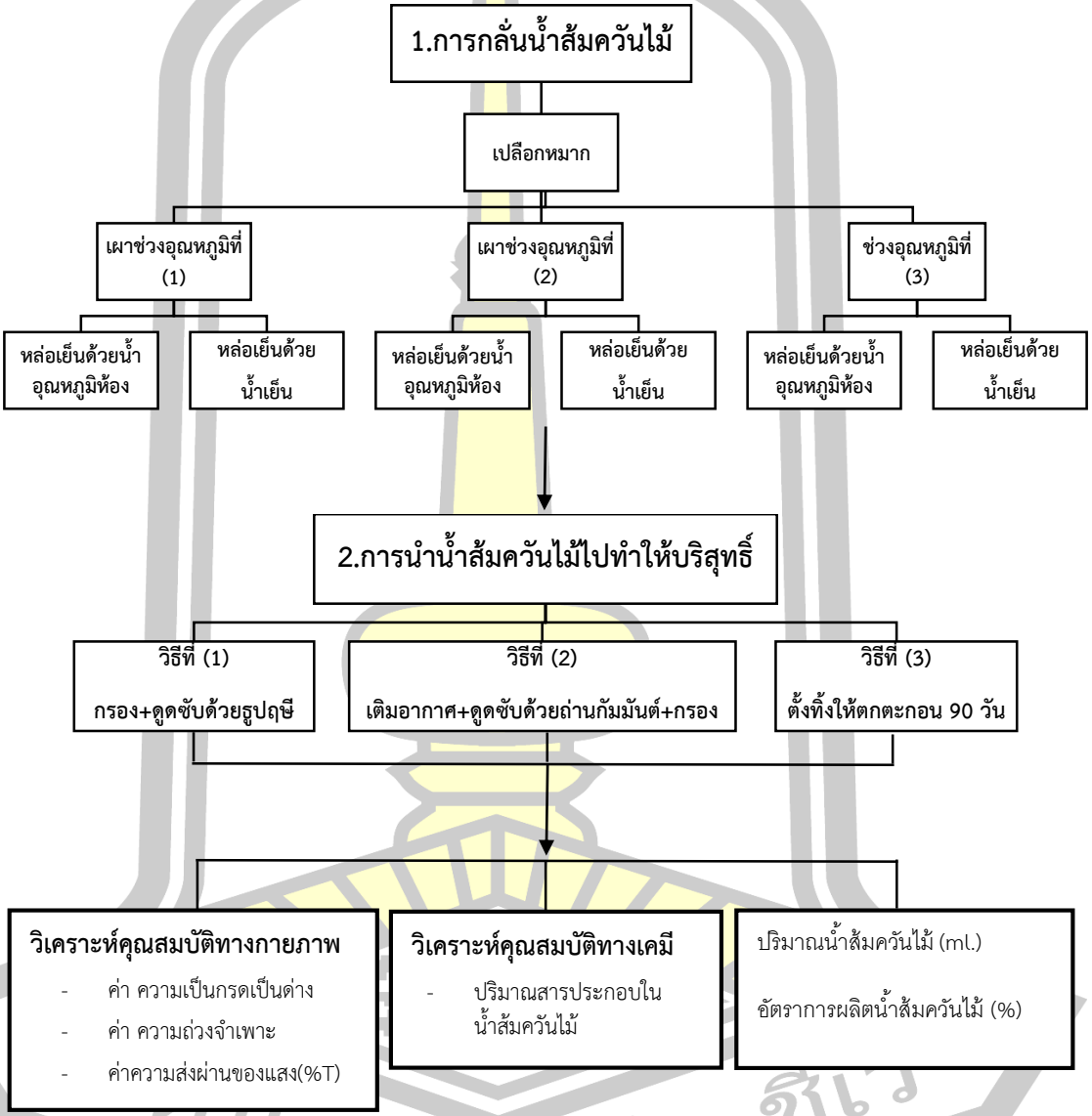
(1) ใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

(2) ใช้สถิติ nonparametric Kruskal Wallis Test และ The Mann-Whitney U Test เปรียบเทียบ กระบวนการผลิต ต่อคุณภาพของน้ำส้มควันไม้

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

3.7 แผนผังการทดลอง

การทดลองศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก (ทุกชุดการทดลองทำ 3 ซ้ำ)



ภาพประกอบ 16 แผนผังการทดลอง

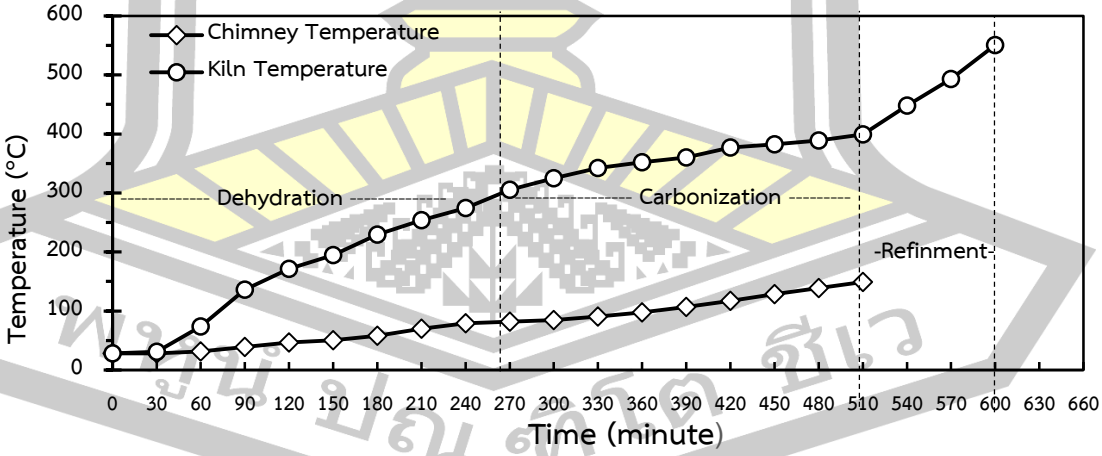
บทที่ 4

ผลการวิจัย

การศึกษาการการเผาถ่านเปลือกหมากเพื่อผลิตน้ำส้มควันไม้ที่ช่วงหภูมิต่างๆ ได้แก่ ช่วงอุณหภูมิที่ (1) 301-320 °C, (2) 321-340°C และ (3) 341-360 °C เก็บน้ำส้มควันไม้โดยอุณหภูมิหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง (27 °C) และ น้ำเย็น (20 °C) จากนั้นนำน้ำส้มควันไม้ไปผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ 3 วิธี ได้แก่ วิธีที่ (1) กรองด้วยกรวดและทรายร่วมกับการดูดซับด้วยธูปฤษี , (2) การเติมอากาศ-ถ่านกัมมันต์ ร่วมกับกรองด้วยกรวดและทราย และ (3) การทิ้งให้ตกตะกอน 90 วัน เพื่อกำจัดน้ำมันดิน แล้วจึงนำน้ำส้มควันไม้ไปตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี

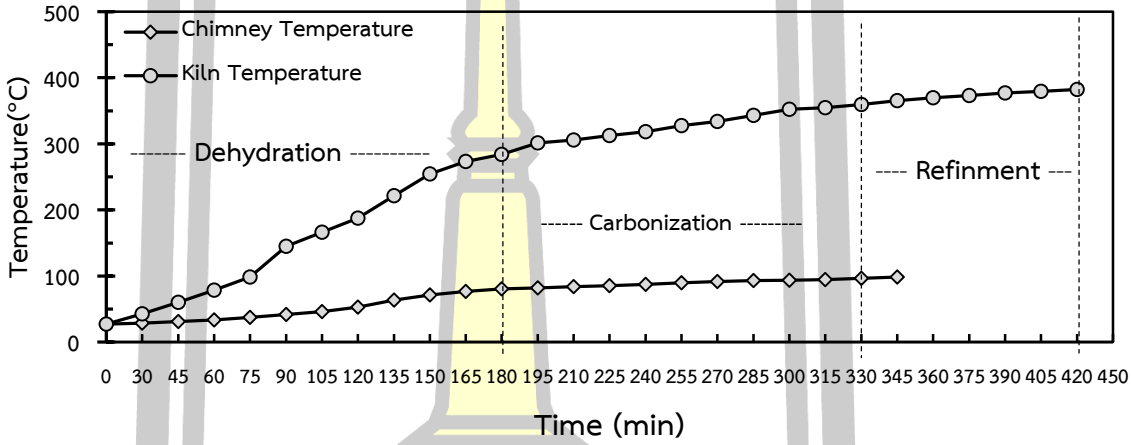
4.1 การทดสอบอุณหภูมิเตาเผา

การผลิตน้ำส้มควันไม้โดยการเผาถ่านเปลือกหมากใช้เตาเผาถ่านชนิด 200 ลิตรแบบนอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และมีการทดสอบอุณหภูมิเตาเผาทั้ง 3 เตา และทดสอบเผาเปลือกหมาก ปรากฏผลดังภาพประกอบ 17 และ 18



ภาพประกอบ 17 อุณหภูมิเตาเผาถ่านที่ใช้ในการทดลอง

จากภาพประกอบ 17 ผลการทดสอบอุณหภูมิเตาเผาถ่านที่ใช้ในการทดลอง ขั้นตอนการไล่ความชื้นจนถึงเตาติด (Dehydration) ใช้เวลา 270 นาที อุณหภูมิเฉลี่ยของเตา และปากปล่องจะอยู่ในช่วง 28-306 และ 28-82 °C ตามลำดับ การเปลี่ยนจากไม้ถ่าน (Carbonization) ใช้เวลา 240 นาที อุณหภูมิเฉลี่ยของเตา และปากปล่องจะอยู่ในช่วง 306-399 และ 82-149 °C ตามลำดับ การทำถ่านให้บริสุทธิ์ (Refinment) ใช้เวลา 90 นาที อุณหภูมิเฉลี่ยของเตา จะอยู่ในช่วง 399 -551 °C ซึ่งเป็นเตาเผาถ่าน 200 ลิตร ที่สามารถผลิตถ่าน และเก็บน้ำส้มควันไม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพประกอบ 18 อุณหภูมิเตาเผาถ่านในการทดสอบเผาเปลือกหมาก

จากภาพประกอบ 18 พบว่า ขั้นตอนการไล่ความชื้น จนถึงเตาติด (Dehydration) ใช้เวลา 180 นาทีอุณหภูมิเฉลี่ยของเตา และปากปล่องจะอยู่ในช่วง 27.34-284.12 และ 28.40-80.01 °C ตามลำดับ การเปลี่ยนจากไม้เป็นถ่าน (Carbonization) ใช้เวลา 165 นาที อุณหภูมิเฉลี่ยของเตา และปากปล่องจะอยู่ในช่วง 284.12 – 365.08 และ 80.01-97.89 °C ตามลำดับ การทำถ่านให้บริสุทธิ์ (Refinment) ใช้เวลา 90 นาที อุณหภูมิเฉลี่ยของเตา จะอยู่ในช่วง 365.08-382.12 °C

เนื่องจากน้ำส้มควันไม้ได้จากการควบแน่นของควันที่เกิดจากการผลิตถ่านในช่วงที่ไม้กำลังเปลี่ยนเป็นถ่าน (Carbonization) อุณหภูมิในเตาอยู่ระหว่าง 300-400 °C ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่สารประกอบต่างๆ จะเกิดการสลายตัวและเกิดสารประกอบต่างๆ มากมาย หากเก็บน้ำส้มควันไม้ ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 300 °C จำได้สารประกอบที่นำไปใช้ประโยชน์ได้น้อยมาก และถ้าเก็บน้ำส้มควันไม้ที่อุณหภูมิเกิน 425 °C น้ำมันดินจะสลายตัวกลายเป็นสารก่อมะเร็ง (ขนิษฐา ทวีการ, 2546) ทั้งนี้จากการทดลองผลิตน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก พบว่า ช่วงที่เปลือกหมากเปลี่ยนเป็นถ่าน (Carbonization) เป็นช่วงเวลานาทีที่ 180-330 °C อุณหภูมิเฉลี่ยของเตา และปากปล่อง อยู่ในช่วง 305.65 - 365.08 และ 83.97-98.63 °C ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมที่จะเก็บน้ำส้มควันไม้ จึงได้นำมากำหนดช่วงอุณหภูมิใน

การเผาถ่านเปลือกหมากเพื่อผลิตน้ำส้มควันไม้ คือช่วงอุณหภูมิ 301-360 °C แบ่งเป็น 3 ช่วงอุณหภูมิในการทดลองครั้งนี้

กำหนดให้

Tem1 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (1) 301-320°C

Tem2 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (2) 321-340°C

Tem3 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (3) 341-360°C

rt = อุณหภูมิหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง (27°C)

cool = อุณหภูมิหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ด้วยน้ำเย็น (20°C)

RW = น้ำส้มควันไม้ที่ก่อนการทำให้บริสุทธิ์ (Raw Wood Vinegar)

Purified 1 = การทำให้น้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (1) กรองด้วยกรวดและทราย ร่วมกับการดูดซับด้วยธูปฤษี

Purified2 = การทำให้น้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (2) เติมอากาศ-ถ่านกัมมันต์ ร่วมกับกรองด้วยกรวดและทราย

Purified 3 = การทำให้น้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (3) การทิ้งให้ตกตะกอน 90 วัน

4.2 ประสิทธิภาพการผลิตน้ำส้มควันไม้

4.2.1 ปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากกระบวนการผลิต

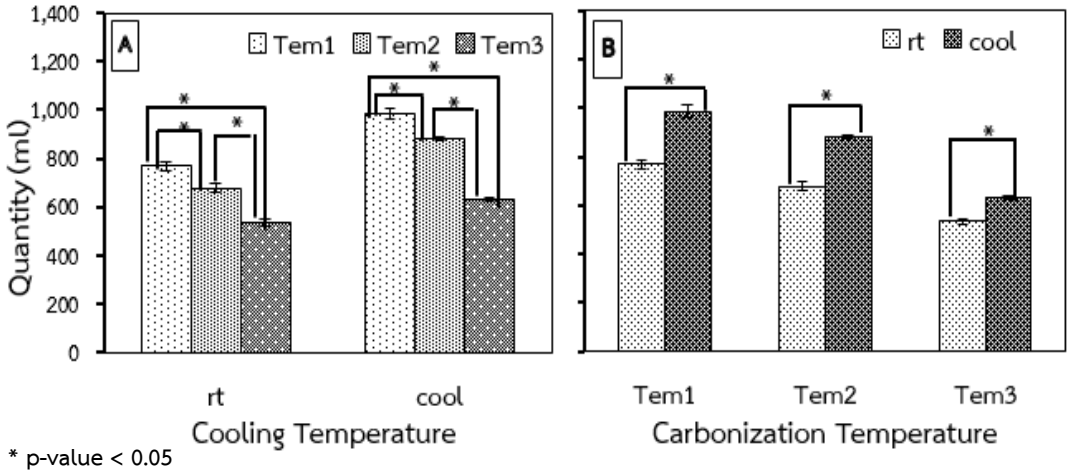
ผลการศึกษา การผลิตน้ำส้มควันไม้โดยการโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) เก็บน้ำส้มควันไม้โดยอุณหภูมิหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง และน้ำเย็น ปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากกระบวนการผลิต ปรากฏผล ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปริมาณน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก 20 กิโลกรัม

กระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้		ปริมาณน้ำส้มควันไม้ (ml)		อัตราการผลิต w/v (%)	
อุณหภูมิที่เผาถ่านเปลือกหมาก	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้	Mean	SD.	Mean	SD.
ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	น้ำอุณหภูมิห้อง	768.66	17.24	3.73	0.79
	น้ำเย็น	984.33	25.38	4.92	0.13
ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	น้ำอุณหภูมิห้อง	677.33	17.01	3.39	0.35
	น้ำเย็น	882.00	9.17	4.10	0.05
ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	น้ำอุณหภูมิห้อง	534.66	11.71	2.67	0.06
	น้ำเย็น	630.00	8.00	3.15	0.04

จากตารางที่ 5 พบว่า การผลิตน้ำส้มควันไม้โดยการเผาถ่านเปลือกหมาก ที่ได้ปริมาณมากที่สุด คือ การเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1) และ หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น เท่ากับ 984.33 ml อัตราการผลิต 4.92 % ของเปลือกหมากที่เผา

การเปรียบเทียบปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมาก ที่ช่วงอุณหภูมิและอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ต่างกัน ปรากฏดังภาพประกอบที่ 19



ภาพประกอบ 19 ปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากที่ช่วงอุณหภูมิและอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ต่างกัน

(A) = ปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากที่ช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3)

(B) = ปริมาณน้ำส้มควันไม้จากการเก็บน้ำส้มควันไม้ด้วยอุณหภูมิหล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้องและน้ำเย็น

Tem1 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (1)

Tem2 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (2)

Tem3 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (3)

rt = หล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง

cool = หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น

จากภาพประกอบ 19 พบว่า การเปรียบเทียบปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมาก ที่ช่วงอุณหภูมิที่ต่างกัน โดยใช้สถิติ nonparametric Kruskal Wallis Test พบว่า น้ำส้มควันไม้ที่หล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้องอย่างน้อย 1 คู่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ (p=0.027) และเมื่อนำมาเปรียบเทียบรายคู่โดยใช้สถิติ nonparametric The Mann-Whitney U Test พบว่า น้ำส้มควันไม้ที่หล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง ผลิตโดยการเผาเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) ทุกคู่ ให้ปริมาณการผลิตน้ำส้มควันไม้แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.046,0.46 และ 0.046) และพบว่า น้ำส้มควันไม้ที่หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น อย่างน้อย 1 คู่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.027) และเมื่อนำมาเปรียบเทียบรายคู่ ทุกคู่ ให้ปริมาณการผลิตน้ำส้มควันไม้แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.046,0.046 และ 0.046) (ตารางที่ 26 และ ตารางที่ 27 ในภาคผนวก ค)

การเปรียบเทียบปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการเก็บน้ำส้มควันไม้ที่อุณหภูมิหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ต่างกัน โดยใช้สถิติ nonparametric The Mann-Whitney U Test พบว่า น้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) เก็บน้ำส้มควันไม้อุณหภูมิหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ต่างกัน ให้ปริมาณน้ำส้มควันไม้แตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.046,0.046 และ 0.046 ตามลำดับ) (ตารางที่ 28 ในภาคผนวก ค)

4.2.2 การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้

4.2.2.1 การศึกษาค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของน้ำส้มควันไม้

ผลการศึกษา ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของน้ำส้มควันไม้ ที่ได้จากการผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) และเก็บน้ำส้มควันไม้ด้วยอุณหภูมิหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง และ น้ำเย็น แล้วนำไปผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ 3 วิธี ได้แก่ วิธีที่ (1) คือ กรองด้วยกรวดและทรายร่วมกับการดูดซับด้วยธูปฤษี วิธีที่ (2) คือ การเติมอากาศ-ถ่านกัมมันต์ ร่วมกับกรองด้วยกรวดและทราย และวิธีที่ (3) คือ การทิ้งให้ตกตะกอน 90 วัน เพื่อกำจัดน้ำมันดินเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มควันไม้ดิบ (มผช. 659/2553) ปรากฏผล ดังตารางที่ 6

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

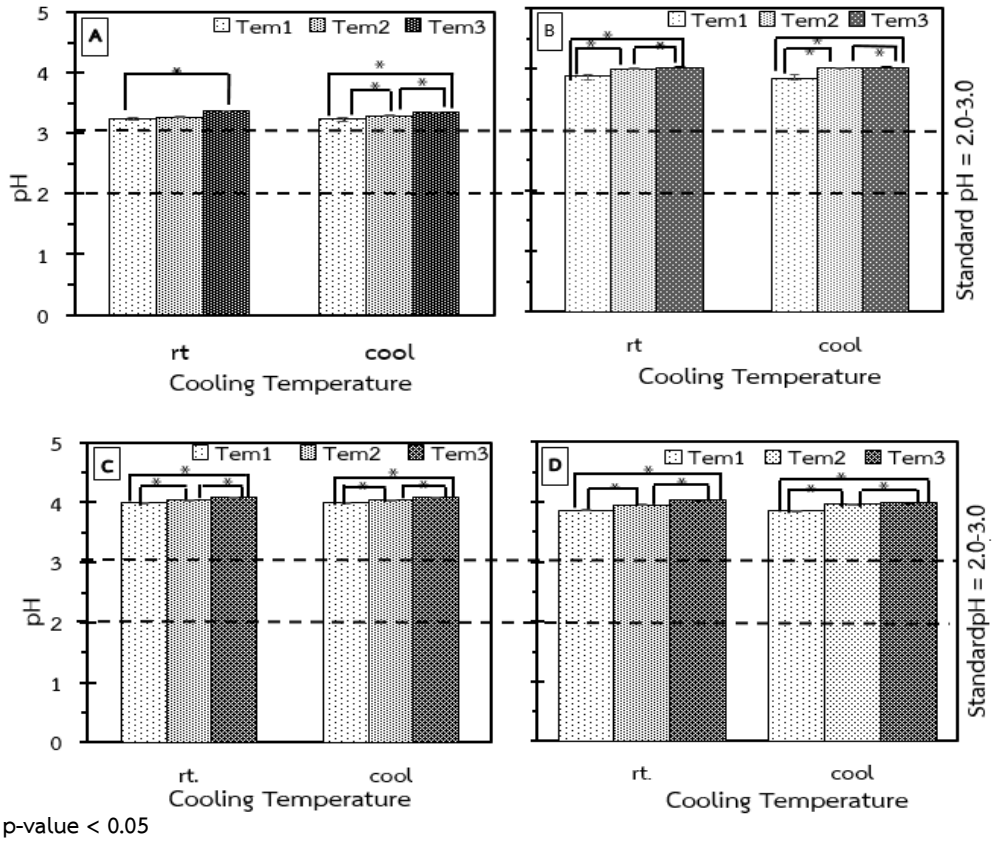
ตารางที่ 6 ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก

กระบวนการผลิต		ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของน้ำส้มควันไม้ *							
อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้	น้ำส้มควันไม้ก่อนการทำให้บริสุทธิ์		วิธีการที่ทำให้บริสุทธิ์					
				วิธีที่ (1)		วิธีที่ (2)		วิธีที่ (3)	
		Mean	SD.	Mean	SD.	Mean	SD.	Mean	SD.
ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	น้ำอุณหภูมิห้อง	3.24	0.025	3.89	0.025	3.99	0.006	3.86	0.006
	น้ำเย็น	3.23	0.031	3.84	0.010	3.99	0.010	3.85	0.006
ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	น้ำอุณหภูมิห้อง	3.27	0.006	4.00	0.020	4.04	0.010	3.95	0.006
	น้ำเย็น	3.29	0.006	4.02	0.012	4.04	0.011	3.96	0.006
ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	น้ำณหภูมิห้อง	3.37	0.006	4.03	0.006	4.08	0.012	4.03	0.006
	น้ำเย็น	3.35	0.025	4.02	0.025	4.08	0.006	3.98	0.006

* มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มควันไม้ดิบ (มผช.659/2553) ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของน้ำส้มควันไม้เท่ากับ 2.0-3.0

จากตารางที่ 6 พบว่า น้ำส้มควันไม้ก่อนการทำให้บริสุทธิ์ ทุกกระบวนการผลิตมีค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.659/2553) ซึ่งที่มีค่าต่ำที่สุด และมีค่าใกล้เคียงกับมาตรฐานมากที่สุด คือ เผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1) และ หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น เท่ากับ 3.23 เมื่อนำไปผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) จะสูงขึ้นทุกกระบวนการผลิต

การเปรียบเทียบ ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการเผาถ่านเปลือกหมากที่ช่วงอุณหภูมิต่างกัน ปรากฏดังภาพประกอบ 20



* p-value < 0.05

ภาพประกอบ 20 การเปรียบเทียบ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการเผาถ่านเปลือกหมากที่ช่วงอุณหภูมิต่างกัน

(A) = น้ำส้มควันไม้ก่อนการทำให้บริสุทธิ์

(B) = น้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (1)

(C) = น้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (2)

(D) = น้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (3)

Tem1 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (1)

Tem2 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (2)

Tem3 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (3)

rt = หล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง

cool = หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น

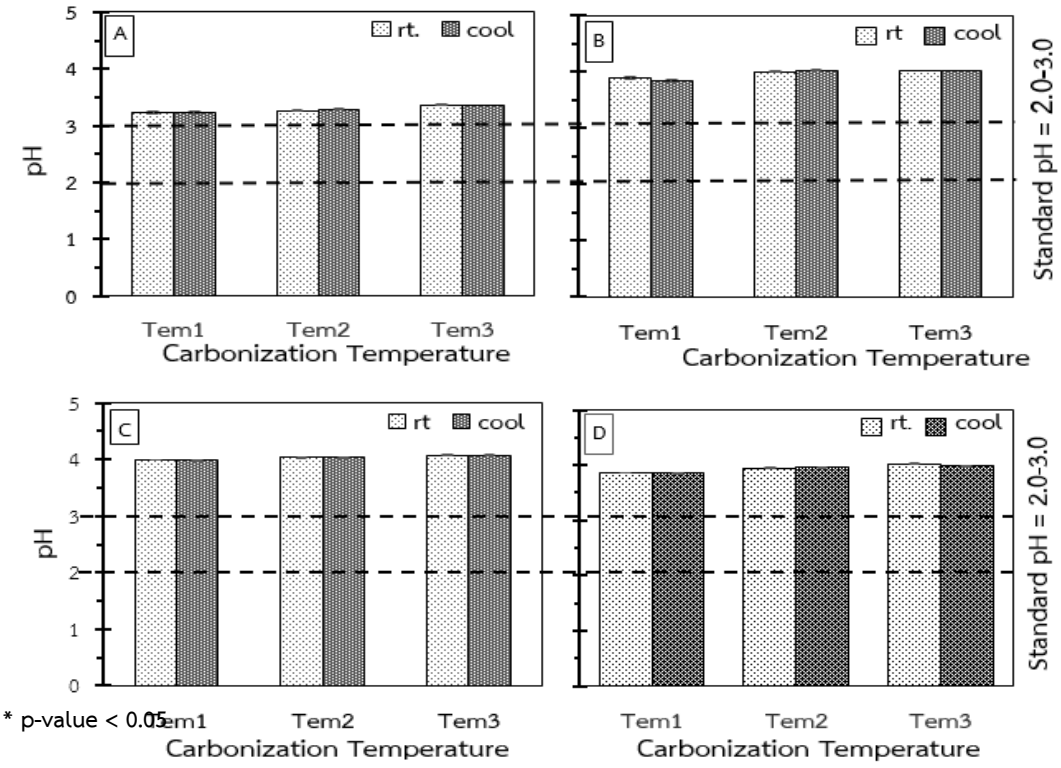
จากภาพประกอบที่ 20 ผลการเปรียบเค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) ทุกกระบวนการผลิต เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าความเป็นกรด - ด่าง จะสูงขึ้น ผลการวิเคราะห์ ด้วยสถิติ nonparametric Kruskal Wallis Test ปรากฏดังนี้

1) น้ำส้มควันไม้ที่หล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง ก่อนการทำให้บริสุทธิ์ จากนั้นนำไปทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1), (2) และ (3) ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมาก ในช่วงอุณหภูมิที่ต่างกัน มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.030, 0.027, 0.026, 0.023 ตามลำดับ) เมื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่โดยใช้สถิติ nonparametric The Mann-Whitney U Test พบว่าน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) ทุกคู่ มีค่าความเป็นกรด - ด่างแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วน น้ำส้มควันไม้ ก่อนการทำให้บริสุทธิ์ ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (2) ไม่แตกต่างกับช่วงอุณหภูมิที่ (1) และ (3)

2) น้ำส้มควันไม้ที่เก็บด้วยอุณหภูมิหล่อเย็นด้วยน้ำเย็น ก่อนการทำให้บริสุทธิ์และทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1), (2) และ (3) ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิต่างกัน มีค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.026, 0.027, 0.026, และ 0.029) และเมื่อนำมาเปรียบเทียบรายคู่โดยใช้สถิติ nonparametric The Mann-Whitney U Test พบว่าน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) ทุกคู่ มีค่าความเป็นกรด - ด่างแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 29-30 ในภาคผนวก ค)

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

การเปรียบเทียบ ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของน้ำส้มควันไม้ที่เก็บน้ำส้มควันไม้ด้วยอุณหภูมิหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ต่างกัน ปรากฏดังภาพประกอบ 4.5



ภาพประกอบ 21 การเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของน้ำส้มควันไม้ที่เก็บโดยอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในการควบแน่นต่างกัน

(A) = น้ำส้มควันไม้ที่ยังไม่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์

(B) = น้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (1)

(C) = น้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (2)

(D) = น้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (3)

Tem1 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (1)

Tem2 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (2)

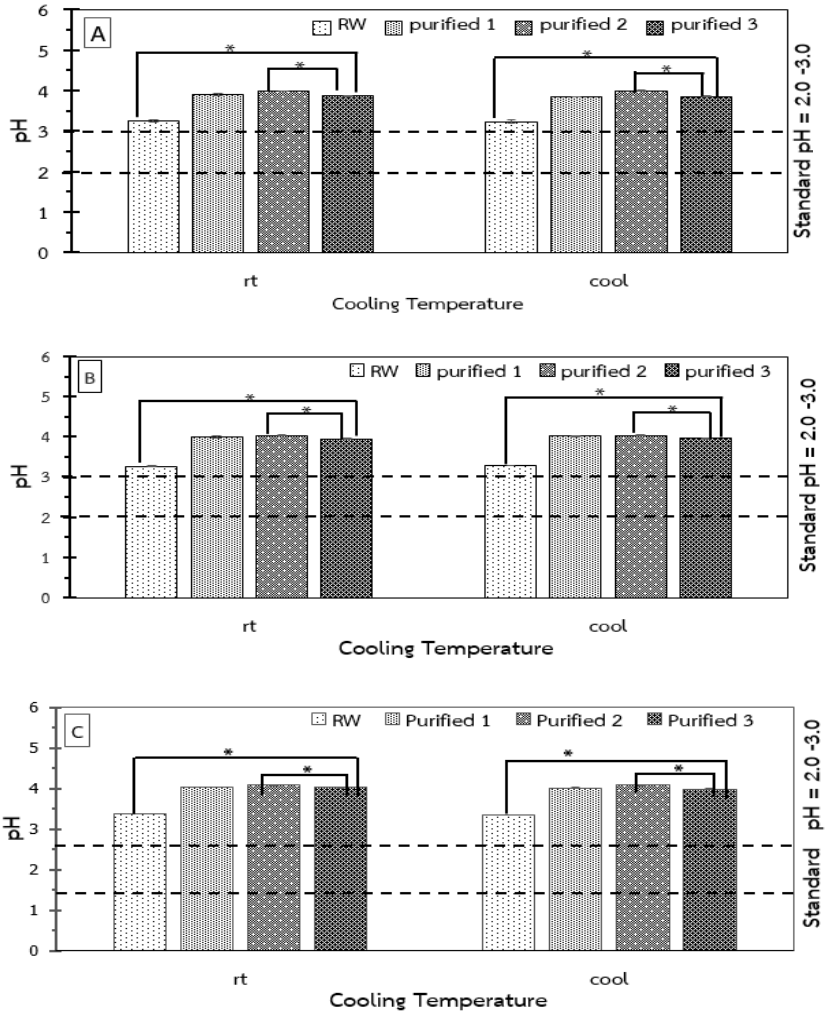
Tem3 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (3)

rt = หล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง

cool = หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น

จากภาพประกอบ 21 ผลการเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของน้ำส้มควันไม้ที่เก็บด้วยอุณหภูมิหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ต่างกันด้วยสถิติ nonparametric The Mann-Whitney U Test พบว่า น้ำส้มควันไม้มีค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ไม่แตกต่างกัน ในทุกกระบวนการผลิต (ตารางที่ (3)1 ในภาคผนวก ค)

การเปรียบเทียบ ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ต่างกัน ปรากฏดังภาพประกอบ 22



ภาพประกอบ 22 เปรียบเทียบ ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ต่างกัน

(A) = น้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (1)

(B) = น้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (2)

(C) = น้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (3)

RW = น้ำส้มควันไม้ก่อนการทำให้บริสุทธิ์

Purified 1 = การทำให้น้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (1)

Purified2 = การทำให้น้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (2)

Purified 3 = การทำให้น้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (3)

rt = หล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง

cool = หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น

จากภาพประกอบ 22 ผลการเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ต่างกัน ด้วยสถิติ nonparametric Kruskal Wallis Test พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีต่างกันในทุกกระบวนการผลิตมีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อนำไปเปรียบกับน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้น้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (3) ด้วยสถิติ nonparametric The Mann-Whitney U Test พบว่า ในทุกช่วงอุณหภูมิที่เผาถ่านเปลือกหมาก ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำส้มควันไม้ก่อนทำให้บริสุทธิ์ และ ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (2) แตกต่างกับ วิธีที่ (3) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนน้ำส้มควันไม่ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1) ไม่แตกต่างกับ วิธีที่ (3) (ตารางที่ 32-33 ในภาคผนวก ค)

4.2.2.2 ผลการศึกษาค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ของน้ำส้มควันไม้

ผลการศึกษา ค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ของน้ำส้มควันไม้ ที่ได้จากการผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) เก็บน้ำส้มควันไม้ด้วยอุณหภูมิหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง และ น้ำเย็น จากนั้นนำน้ำส้มควันไม้ไปผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ 3 วิธี ได้แก่ วิธีที่ (1) กรองด้วยกรวดและทรายร่วมกับการดูดซับด้วยธูปฤษี วิธีที่ (2) การเติมอากาศ-ถ่านกัมมันต์ ร่วมกับกรองด้วยกรวดและทราย และ วิธีที่ (3) การทิ้งให้ตกตะกอน 90 วัน เพื่อกำจัดน้ำมันดินเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มควันไม้ดิบ (มผช.659/2553) ปรากฏผลดังตารางที่ 7

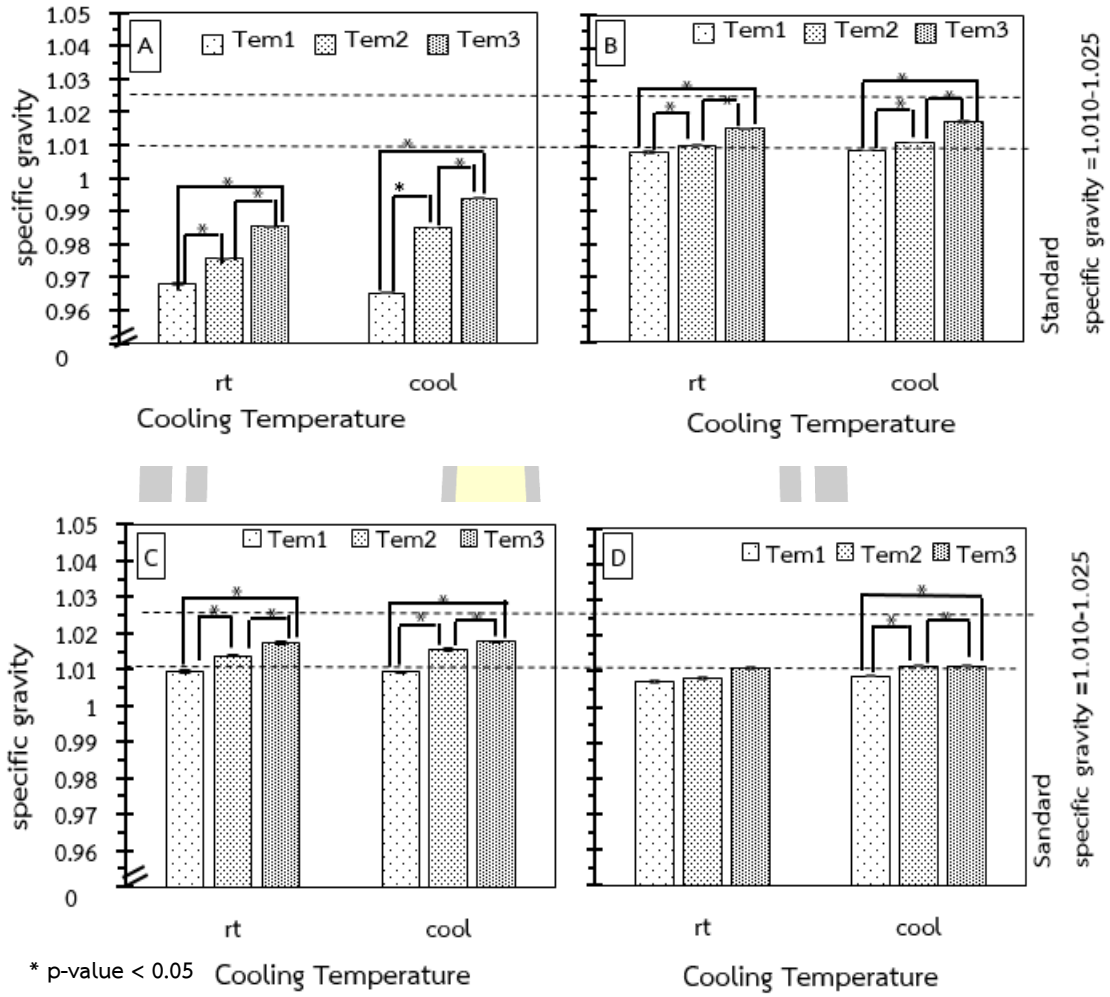
ตารางที่ **7** ค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ของน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก

กระบวนการผลิต		ค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ของน้ำส้มควันไม้*							
อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้	น้ำส้มควันไม้ก่อนการทำให้บริสุทธิ์		วิธีการที่ทำให้บริสุทธิ์					
				วิธีที่ (1)		วิธีที่ (2)		วิธีที่ (3)	
		Mean	SD.	Mean	SD.	Mean	SD.	Mean	SD.
ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	น้ำอุณหภูมิห้อง	0.9653	0.0003	1.0082	0.0004	1.0093	0.0003	1.0071	0.0004
	น้ำเย็น	0.9680	0.0003	1.0086	0.0002	1.0092	0.0004	1.0086	0.0002
ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	น้ำอุณหภูมิห้อง	0.9756	0.0004	1.0102*	0.0003	1.0138*	0.0004	1.0101*	0.0003
	น้ำเย็น	0.9850	0.0002	1.0111*	0.0001	1.0154*	0.0004	1.0115*	0.0003
ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	น้ำณหภูมิห้อง	0.9854	0.0002	1.0153*	0.0002	1.0173*	0.0003	1.0110*	0.0004
	น้ำเย็น	0.9938	0.0002	1.0175*	0.0003	1.0176*	0.0002	1.0116*	0.0004

* มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มควันไม้ดิบ (มผช.659/2553) ค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ของน้ำส้มควันไม้ 1.010-1.025

จากตารางที่ 7 พบว่า น้ำส้มควันไม้ก่อนกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ มีค่าความถ่วงจำเพาะ ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มควันไม้ (มผช.659/2553) เมื่อนำไปผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้สูงขึ้น ซึ่งน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณภูมิที่ (2) และ (3) ทุกกระบวนการผลิต จะอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ในช่วง 1.0101-1.0176 ส่วนการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณภูมิที่ (1) ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งน้ำส้มควันไม้ที่มีค่าความถ่วงจำเพาะสูงที่สุด คือ น้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (3) หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น ทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (2) เท่ากับ 1.0176

การเปรียบเทียบค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากในช่วงอุณหภูมิที่ต่างกัน ปรากฏผลดังภาพประกอบ 4.7



ภาพประกอบ 23 ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากในช่วงอุณหภูมิที่ต่างกัน

(A) = น้ำส้มควันไม้ก่อนการทำให้บริสุทธิ์

(B) = น้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (1)

(C) = น้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (2)

(D) = น้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (3)

Tem1 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (1)

Tem2 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (2)

Tem3 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (3)

rt = หล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง

cool = หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น

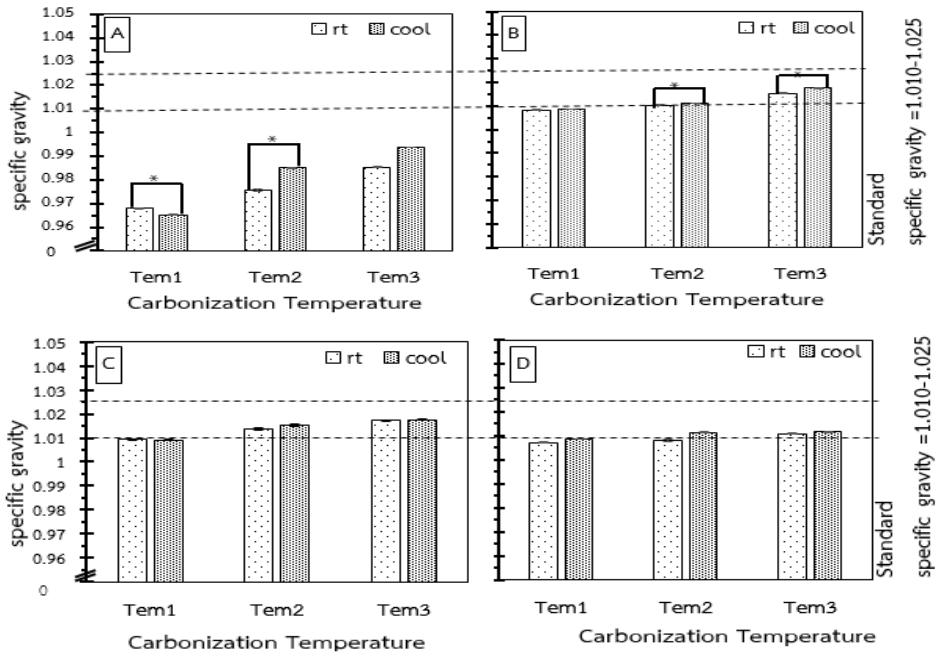
จากภาพประกอบ 23 ผลการเปรียบเทียบค่าความถ่วงจำเพาะ ของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมาก ในช่วงอุณหภูมิที่ต่างกัน ด้วยสถิติ nonparametric Kruskal Wallis Test พบผลดังนี้

1) น้ำส้มควันไม้ที่หล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง ก่อนการทำให้บริสุทธิ์ และทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1) และ (2) ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมาก ในช่วงอุณหที่ภูมิต่างกัน มีค่าความถ่วงจำเพาะ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.027, 0.027, 0.027 ตามลำดับ) ส่วนน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (3) ไม่แตกต่างกัน (p=0.061) เมื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่โดยใช้สถิติ nonparametric The Mann-Whitney U Test พบว่า ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้ก่อนการทำให้บริสุทธิ์ และทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1) และ (2) ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมาก ในช่วงอุณหภูมิที่ (1) , (2) และ (3) ทุกคู่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.005)

2) น้ำส้มควันไม้ชนิดที่เก็บด้วยอุณหภูมิหล่อเย็นด้วยน้ำเย็น ก่อนการทำให้บริสุทธิ์ ก่อนการทำให้บริสุทธิ์ และทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1), (2) และ (3) ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหที่ภูมิต่างกัน มีค่าความถ่วงจำเพาะ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p= 0.026, 0.027, 0.027,0.027 ตามลำดับ) เมื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่โดยใช้สถิติ nonparametric The Mann-Whitney U Test พบว่า ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้ ทุกช่วงอุณหภูมิในผลิต แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต (ตารางที่ 34-35 ในภาคผนวก ค)

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

การเปรียบเทียบ ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้ที่เก็บอุณหภูมิหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ต่างกัน ปรากฏดังภาพประกอบ 24



* p-value < 0.05

ภาพประกอบ 24 ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้ที่เก็บอุณหภูมิหล่อเย็นในการควบแน่นต่างกัน

(A)=น้ำส้มควันไม้ที่ยังไม่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์

(B) = น้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (1)

(C) = น้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (2)

(D) = น้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (3)

Tem1 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (1)

Tem2 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (2)

Tem3 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (3)

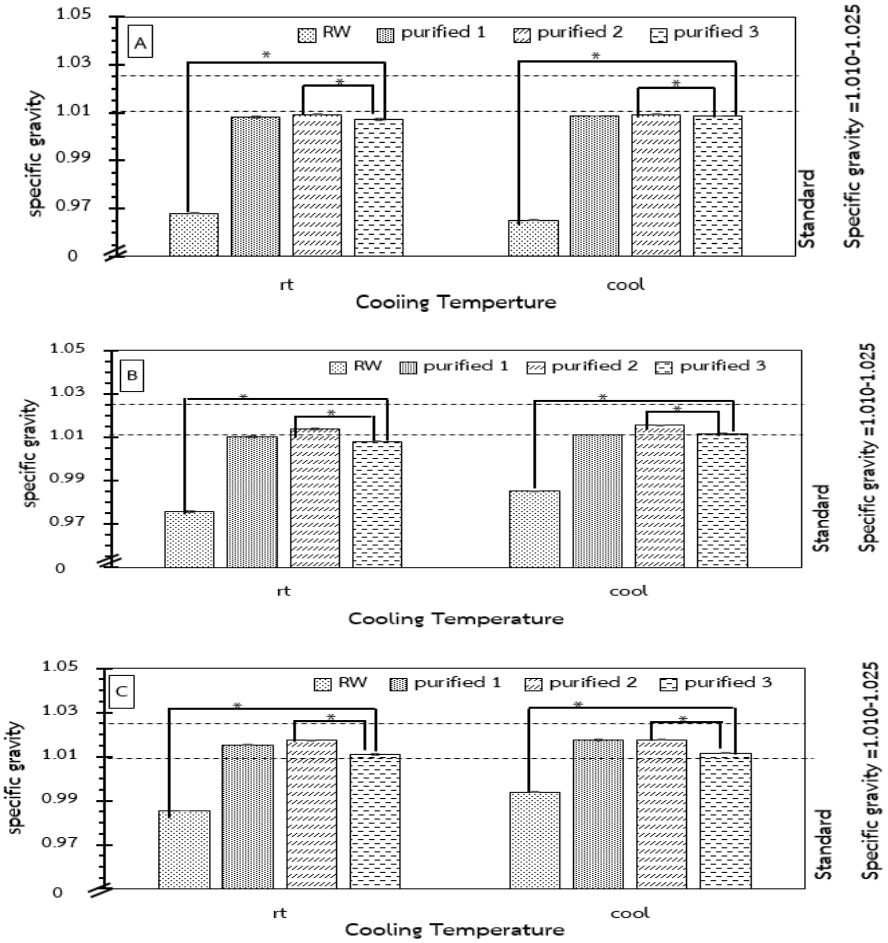
rt = หล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง

cool = หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น

จากภาพประกอบ 24 ผลการเปรียบเทียบค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้ที่เก็บด้วยอุณหภูมิหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ต่างกัน ด้วยสถิติ nonparametric The Mann-Whitney U Test พบว่า การเก็บน้ำส้มควันไม้ที่อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง และน้ำเย็น ไม่แตกต่างกัน มีเพียงน้ำส้มควันไม้ก่อนการทำให้บริสุทธิ์ที่

ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1) ทีผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (2), (3) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.46,0.43,0.46 และ 0.46 ตามลำดับ) (ตารางที่ 36 ในภาคผนวก ค)

การเปรียบเทียบค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ต่างกัน ปรากฏดังภาพประกอบ 25



ภาพประกอบ 25 เปรียบเทียบค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ต่างกัน

(A) = น้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (1)

(B) = น้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (2)

(C) = น้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (3)

RW = น้ำส้มควันไม้ก่อนการทำให้บริสุทธิ์

Purified 1 = การทำให้น้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (1)

Purified 2 = การทำให้น้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (2)

Purified 3 = การทำให้น้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (3)

rt = หล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง

cool = หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น

จากภาพประกอบ 4.9 ผลการเปรียบเทียบค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ต่างกัน ด้วยสถิติ nonparametric Kruskal Wallis Test พบว่า น้ำส้มควันผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากในทุกช่วงอุณหภูมิ ทั้งหล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง และน้ำเย็น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ ค-2.9 ในภาคผนวก ค) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (3) โดยใช้สถิติ nonparametric The Mann-Whitney U Test พบว่า น้ำส้มควันไม้ก่อนการทำให้บริสุทธิ์ และ ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (2) แตกต่างกับวิธีที่ (3) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนวิธีที่ (1) ไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 38 ในภาคผนวก ค)

4.2.2.3 ผลการศึกษาค่าความส่งผ่านของแสงในน้ำส้มควันไม้ (ความใส)

ผลการศึกษา ค่าความส่งผ่านของแสง (transmittrance) ในน้ำส้มควันไม้ ที่ได้จากการผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) เก็บน้ำส้มควันไม้ด้วยอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง และ น้ำเย็น จากนั้นนำน้ำส้มควันไม้ไปผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ 3 วิธี ได้แก่ วิธีที่ (1) กรองด้วยกรวดและทรายร่วมกับการดูดซับด้วยธูปฤษี วิธีที่ (2) การเติมอากาศ-ถ่านกัมมันต์ ร่วมกับกรองด้วยกรวดและทราย และ วิธีที่ (3) การทิ้งให้ตกตะกอน 90 วัน เพื่อกำจัดน้ำมันดินเปรียบเทียบกับน้ำส้มควันไม้ก่อนการทำให้บริสุทธิ์ ปรากฏผลดังตารางที่ 8

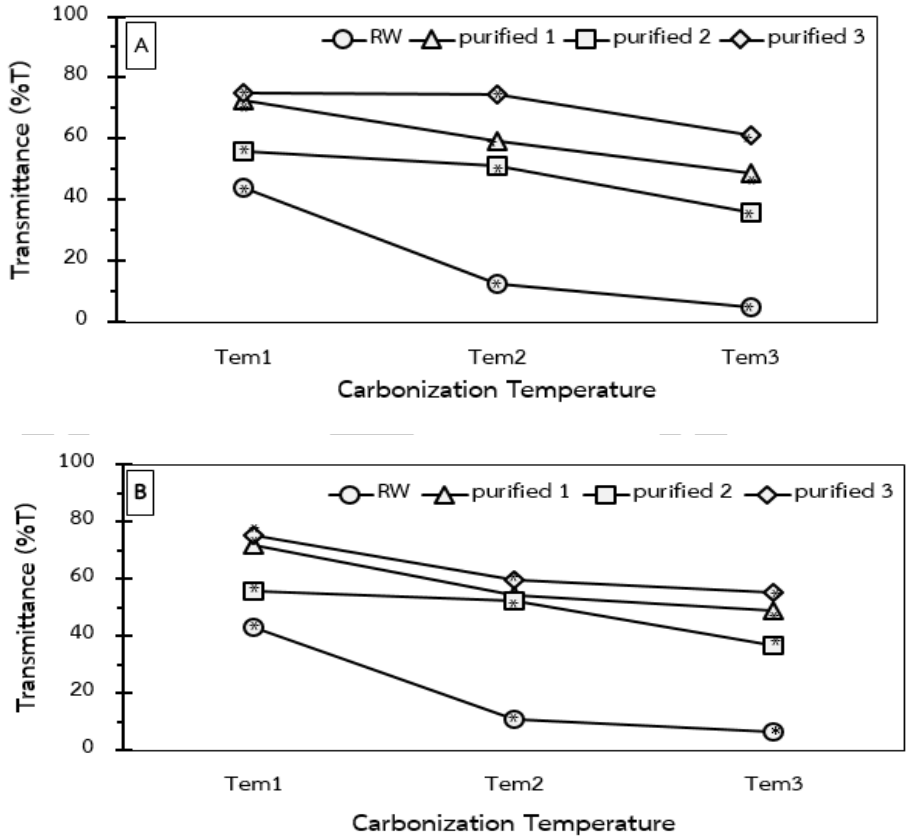
พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางที่ 8 ค่าความส่งผ่านของแสง (transmittance) ในน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก

กระบวนการผลิต		ค่าความส่งผ่านของแสง (%T) ในน้ำส้มควันไม้							
อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้	น้ำส้มควันไม้ก่อนการทำให้บริสุทธิ์		วิธีการที่ทำให้บริสุทธิ์					
				วิธีที่ (1)		วิธีที่ (2)		วิธีที่ (3)	
		Mean	SD.	Mean	SD.	Mean	SD.	Mean	SD.
ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	น้ำอุณหภูมิห้อง	43.9	0.06	72.4	0.46	55.9	0.17	75,2	0.74
	น้ำเย็น	42.9	0.06	71.7	1.10	59.4	0.15	**74.7**	0.95
ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	น้ำอุณหภูมิห้อง	12.6	1.15	59.0	0.26	51.3	0.26	61.2	0.29
	น้ำเย็น	10.8	0.00	54.5	0.006	52.3	0.10	59.8	0.36
ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	น้ำณหภูมิห้อง	5.0	0.00	48.5	0.06	35.7	0.36	54.9	0.12
	น้ำเย็น	6.3	0.00	49.1	0.12	36.6	0.15	55.4	0.12

จากตารางที่ 8 พบว่า ค่าความส่งผ่านของแสง (%T) ในน้ำส้มควันไม้ก่อนการทำให้บริสุทธิ์อยู่ในช่วง 5.0 - 43.9 % เมื่อนำไปการทำให้บริสุทธิ์ ค่าความส่งผ่านของแสง (%T) จะมากขึ้น (ใสมากขึ้น) โดย น้ำส้มควันไม้ที่มีค่าความส่งผ่านของแสงมากที่สุด (ใสที่สุด) คือ น้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1) และหล่อเย็นด้วยน้ำเย็น แล้วทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (3) %T เท่ากับ 75.2 %

การเปรียบเทียบค่าความส่งผ่านของแสง (%T) ในน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากในช่วงอุณหภูมิต่างกัน ปรากฏผลดังภาพประกอบ 26



* p-value < 0.05

ภาพประกอบ 26 ค่าความส่งผ่านของแสง (%T) ในน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากในช่วงอุณหภูมิที่ต่างกัน

(A) = น้ำส้มควันไม้ที่หล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง

(B) = น้ำส้มควันไม้ที่หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น

RW = น้ำส้มควันไม้ก่อนการทำให้บริสุทธิ์

purified 1 = น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (1)

purified 2 = น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (2)

purified 3 = น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (3)

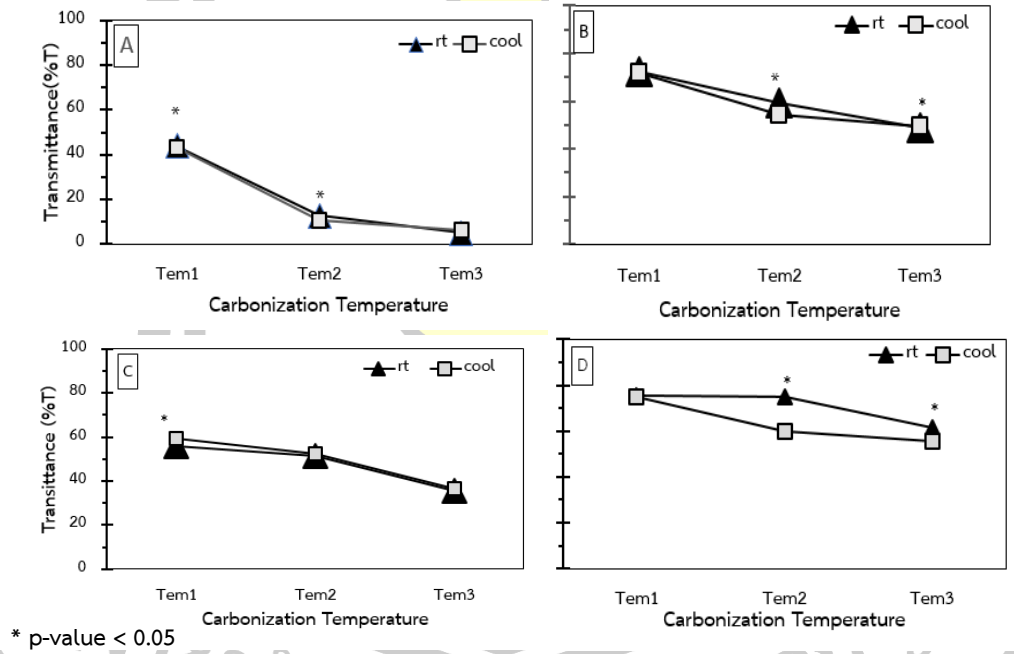
Tem1 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (1)

Tem2 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (2)

Tem3 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (3)

จากภาพประกอบ 26 ผลการเปรียบเทียบค่าความส่งผ่านของแสง (%T) ในน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากในช่วงอุณหภูมิต่างกัน พบว่า เมื่อเผาถ่านเปลือกหมากในช่วงที่อุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความส่งผ่านของแสง (%T) ในน้ำส้มควันไม้จะต่ำลง (ขุ่นขึ้น) ซึ่งจากการทดสอบ ด้วยสถิติ nonparametric Kruskal Wallis Test พบว่า น้ำส้มควันไม้ก่อนการทำให้บริสุทธิ์และที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (1), (2) และ (3) ทั้งหล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง และ น้ำเย็น ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.023, 0.026, 0.027, 0.026, 0.020, 0.026, 0.027 และ 0.027 ตามลำดับ) (ตารางที่ 39 ในภาคผนวก ค) เมื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่โดยใช้สถิติ nonparametric The Mann-Whitney U Test พบว่า ทุกช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมากมีค่าความส่งผ่านของแสง (%T) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.005$) (ตารางที่ 40 ในภาคผนวก ค)

การเปรียบเทียบค่าความส่งผ่านของแสง (%T) ในน้ำส้มควันที่เก็บด้วยอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นต่างกัน ปรากฏผลดังภาพประกอบ ภาพประกอบ 27



ภาพประกอบ 27 ค่าความส่งผ่านของแสง (%T) ในน้ำส้มควันไม้ที่เก็บด้วยอุณหภูมิในการหล่อเย็นในการควบแน่นต่างกัน

(A)=น้ำส้มควันไม้ที่ยังไม่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์

(B) = น้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (1)

(C) = น้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (2)

(D) = น้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (3)

Tem1 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (1)

Tem2 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (2)

Tem3 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (3)

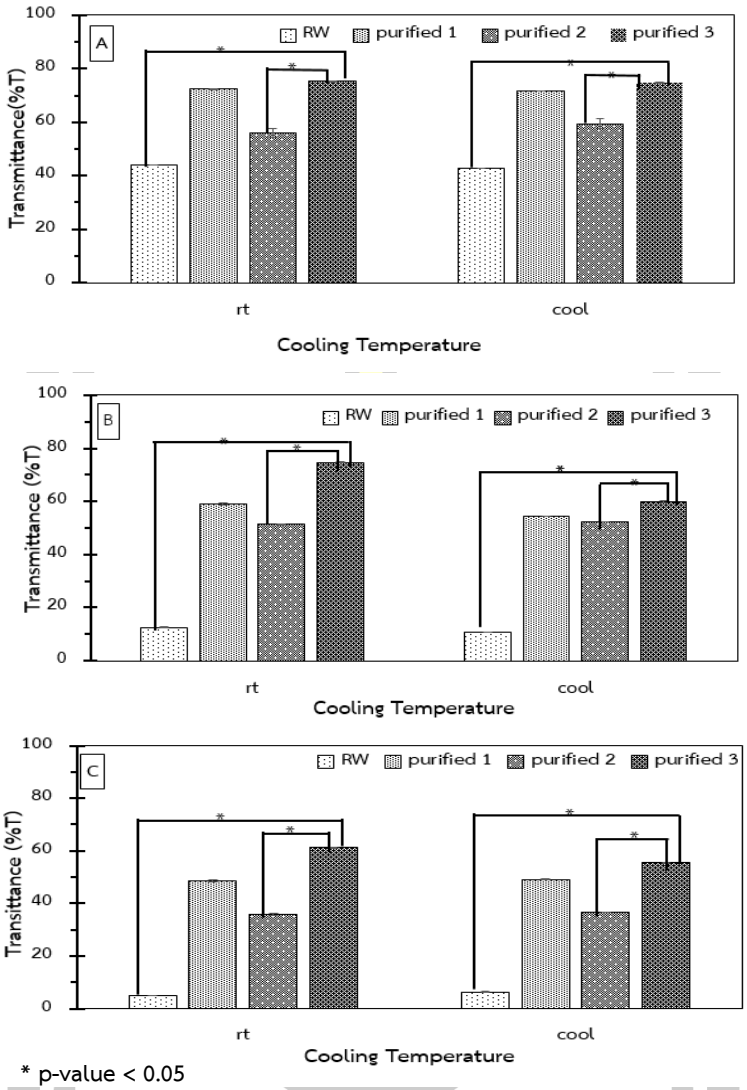
rt = หล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง

cool = หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น

จากภาพประกอบ 27 ผลการเปรียบเทียบค่าความส่งผ่านของแสง (%T) ในน้ำส้มควันไม้ที่เก็บด้วยอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ต่างกัน ด้วยสถิติ nonparametric The Mann-Whitney U Test พบว่า มีเพียงน้ำส้มควันไม้ที่ยังไม่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ เผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1) และ2, น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1) เผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (2) และ3, น้ำส้มควันไม้ที่ ให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (2) เผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1) และน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (3) ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากทุกช่วงอุณหภูมิที่ (2) และ (3) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p =0.046, 0.043 , 0.046, 0.043 ,0.046 และ 0.043 ตามลำดับ) (ตารางที่ 41 ในภาคผนวก ค)

การเปรียบเทียบค่าความส่งผ่านของแสง (%T) ในน้ำส้มควันไม้ที่นำไปผ่านการที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีต่างกัน ปรากฏผลดังภาพประกอบ 28

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาพประกอบ 28 ค่าความส่งผ่านของแสงในน้ำส้มควันไม้ที่ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีต่างกัน

(A) = น้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (1)

(B) = น้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (2)

(C) = น้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (3)

RW = น้ำส้มควันไม้ก่อนการทำให้บริสุทธิ์

Purified 1 = การทำให้น้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (1)

Purified 2 = การทำให้น้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (2)

Purified 3 = การทำให้น้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (3)

rt = หล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง

cool = หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น

จากภาพประกอบ 28 ผลการเปรียบเทียบค่าความส่งผ่านของแสง (%T) ในน้ำส้มควันไม้ทีทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ต่างกัน ด้วยสถิติ nonparametric Kruskal Wallis Test พบว่า น้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) ทั้ง หล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง และน้ำเย็น มีค่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกกระบวนการผลิต (p = 0.015, 0.015, 0.015, 0.014, 0.014 และ 0.014 ตามลำดับ) (ตารางที่ 42 ในภาคผนวก ค) เมื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่โดยใช้สถิติ nonparametric The Mann-Whitney U Test พบว่า น้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) ทั้ง หล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง และน้ำเย็น ก่อนการทำให้บริสุทธิ์ และทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (2) แตกต่างกับ วิธีที่ (3) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วน การทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (1) ไม่แตกต่างกัน (p=0.376, 0.513, 0.376, 0.376, 0.268 และ 0.268 ตามลำดับ) (ตารางที่ 43 ในภาคผนวก ค)

4.2.2.4 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้

ผลการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) เก็บน้ำส้มควันไม้ด้วยอุณหภูมิหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง และ น้ำเย็น จากนั้นนำน้ำส้มควันไม้ไปทำให้บริสุทธิ์ 3 วิธี ได้แก่ วิธีที่ (1) กรองด้วยกรวดและทรายร่วมกับการดูดซับด้วยธูปฤษี วิธีที่ (2) การเติมอากาศ - ถ่านกัมมันต์ ร่วมกับกรองด้วยกรวดและทราย และ วิธีที่ (3) การทิ้งให้ตกตะกอน 90 วัน เพื่อกำจัดน้ำมันดิน ปรากฏผลดังตารางที่ 9

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางที่ 9 คุณลักษณะทางกายภาพ และอัตราการผลิตน้ำส้มควันไม้

กระบวนการผลิต			คุณลักษณะทางกายภาพ			อัตราการผลิต w/v (%)
อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก	อุณหภูมิหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้	วิธีการทำให้บริสุทธิ์	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	ค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity)	ค่าความส่งผ่านของแสง (%T)	
ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	น้ำอุณหภูมิห้อง	ก่อนทำให้บริสุทธิ์	3.24	0.9680	43.9	3.73
		วิธีที่ (1)	3.89	1.0082	72.4	
		วิธีที่ (2)	3.99	1.0093	55.9	
		วิธีที่ (3)	3.86	1.007	75.2	
	น้ำเย็น	ก่อนทำให้บริสุทธิ์	3.23	0.9653	42.9	4.92
		วิธีที่ (1)	3.84	1.0086	71.7	
		วิธีที่ (2)	3.99	1.0092	59.4	
		วิธีที่ (3)	3.85	1.0086	74.7	
ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	น้ำอุณหภูมิห้อง	ก่อนทำให้บริสุทธิ์	3.27	0.9756	12.6	3.39
		วิธีที่ (1)	4.00	1.0102	59.0	
		วิธีที่ (2)	4.04	1.0138	51.5	
		วิธีที่ (3)	3.95	1.0101	52.3	
	น้ำเย็น	ก่อนทำให้บริสุทธิ์	3.29	0.9850	10.8	4.10
		วิธีที่ (1)	4.02	1.0110	54.5	
		วิธีที่ (2)	4.04	0.0154	52.3	
		วิธีที่ (3)	3.96	1.0115	59.8	

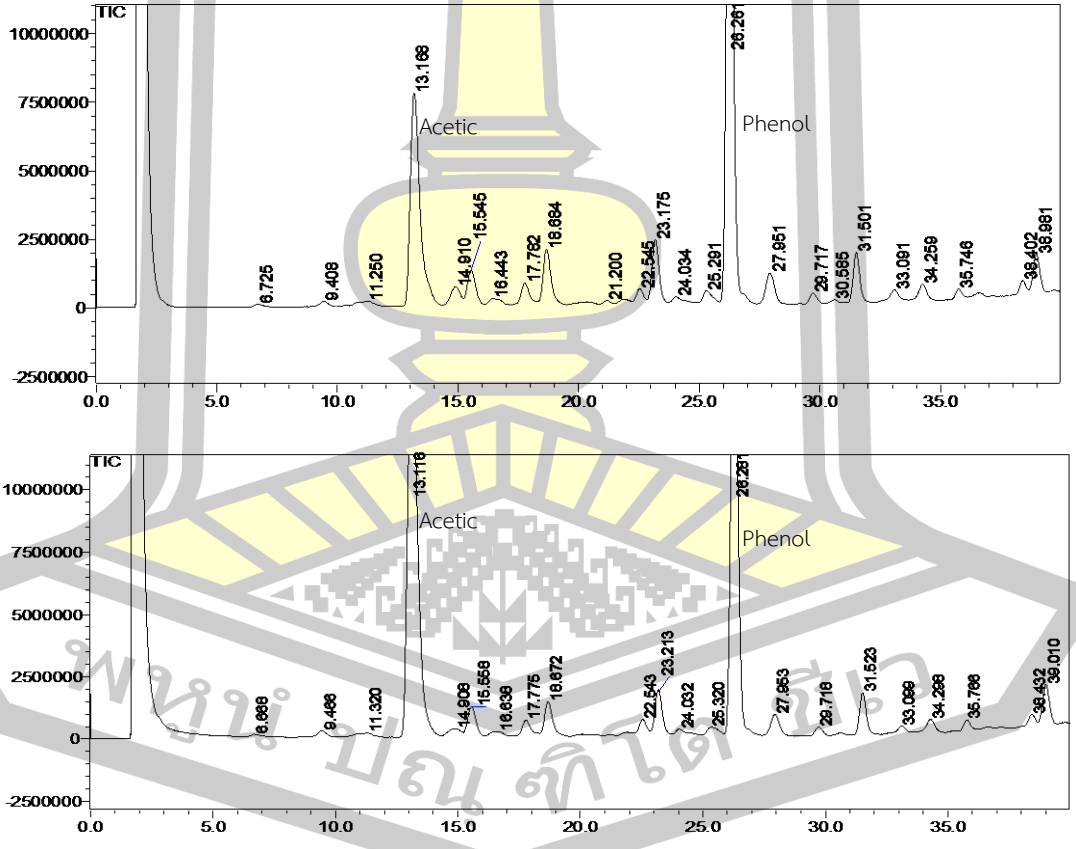
ตารางที่ 9 คุณลักษณะทางกายภาพ และเปอร์เซ็นต์การผลิตน้ำส้มควันไม้ ที่ได้จากการผลิต (ต่อ)

กระบวนการผลิต			คุณลักษณะทางกายภาพ			อัตราการผลิต w/v (%)
อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก	อุณหภูมิหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้	วิธีการทำให้บริสุทธิ์	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	ค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity)	ค่าความส่งผ่านของแสง (%T)	
ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	น้ำอุณหภูมิห้อง	ก่อนทำให้บริสุทธิ์	3.37	0.9854	5.0	2.67
		วิธีที่ (1)	4.03	1.0154	48.5	
		วิธีที่ (2)	4.08	1.0173	35.7	
		วิธีที่ (3)	4.03	1.0110	54.9	
	น้ำเย็น	ก่อนทำให้บริสุทธิ์	3.35	0.9938	6.3	3.15
		วิธีที่ (1)	4.02	1.0175	49.1	
		วิธีที่ (2)	4.08	1.0176	36.6	
		วิธีที่ (3)	3.98	1.0116	5.54	
มาตรฐานผลิตภัณฑ์น้ำส้มควันไม้			2.0-3.0	1.010-1.025	ใส	

จากตารางที่ 9 พบว่า คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้ ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.659/2553) ซึ่งกระบวนการผลิตเหมาะสม มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับมาตรฐานมากที่สุด คือ การผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (2) และหล่อเย็นด้วยน้ำเย็น จากนั้นนำไปทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (3) มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3.96 ค่าความถ่วงจำเพาะ เท่ากับ 1.0115 และค่าความส่งผ่านของแสง (%T) เท่ากับ 59.8 % และอัตราการผลิต เท่ากับ 4.10 %

4.2.3 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ(3) เก็บน้ำส้มควันไม้ด้วยอุณหภูมิหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง และ น้ำเย็น จากนั้นนำน้ำส้มควันไม้ไปผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ซึ่งโดยทั่วไปในการผลิตน้ำส้มควันไม้นิยมตั้งทิ้งไว้ 90 วัน เพื่อกำจัดน้ำมันดินที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2558) เพื่อลดระยะเวลาในกระบวนการทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์ผู้วิจัยได้ใช้วิธีที่ (1) การกรองด้วยกรวดและทรายร่วมกับการดูดซับด้วยธูปฤษี และ วิธีที่ (2) การเติมอากาศ-ถ่านกัมมันต์ ร่วมกับกรองด้วยกรวดและทราย เปรียบเทียบกับ วิธีที่ (3) ตั้งทิ้งให้ตกตะกอน 90 วัน เพื่อกำจัดน้ำมันดิน โดยนำสารที่สกัดได้จาก ไดเอทธิลอีเทอร์ ไปละลายด้วยไดเอทธิลอีเทอร์ แล้วนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่อง GC-MS ผลการทดลอง ปรากฏดังภาพประกอบที่ 29



ภาพประกอบ 29 แสดงโครมาโทแกรมขององค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้ที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS

4.2.3.1 องค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้

องค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก ประกอบด้วย สารประกอบหลัก จำนวน 22 ชนิด จำแนกตามกลุ่มสารประกอบสำคัญในน้ำส้มควันไม้ ได้แก่

1. กลุ่มกรดอินทรีย์ (Organic acid) เป็นกลุ่มที่ออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรค เชื้อรา แบคทีเรีย และไวรัส

2. กลุ่มสารประกอบฟีนอล (Phenol compound) เป็นกลุ่มสารที่ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

3. กลุ่มแอลกอฮอล์ (Alcohol) เป็นกลุ่มสารออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรค เชื้อรา แบคทีเรีย และไวรัส ซึ่งเป็นกลุ่มสารออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรค เชื้อรา แบคทีเรีย และไวรัส

4. กลุ่มสารประกอบคาร์บอนิค (Carbonyl compound) เป็นกลุ่มสารออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรคและแมลงศัตรูพืช

5. กลุ่มอื่นๆ (Basic ingredients) ได้แก่ Pyridine

1) องค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1)

ผลการทดลอง พบว่า องค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1)พบสารประกอบหลักที่เป็นสารสำคัญในน้ำส้มควันไม้ในสัดส่วนที่มาก คือ สารประกอบกลุ่ม Phenol compound และ Organic acid ซึ่งจะพบ สารประกอบกลุ่ม Phenol compound มากที่สุด จากการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (3) หล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง และสารประกอบกลุ่ม Organic acid จากการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1) หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น โดยพบปริมาณ(Relative Quantity) เท่ากับ 48.83 และ 46.85 % ตามลำดับ ปรากฏดังตารางที่ 10

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

ตารางที่ 10 องค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (1)

ลำดับ	ชื่อ	องค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้											
		ช่วงอุณหภูมิที่ (1)				ช่วงอุณหภูมิที่ (2)				ช่วงอุณหภูมิที่ (3)			
		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น	
		Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.
	Organic acid												
1	Acetic acid	41.43	0.73	42.47	0.39	40.38	0.17	41.47	0.21	37.66	0.31	37.25	0.67
2	Propanoic acid	2.33	0.14	2.33	0.1	2.36	0.23	2.34	0.04	2.26	0.11	2.32	0.21
3	Butanoic acid	1.23	0.2	1.07	0.08	1.17	0.18	1.1	0.14	1.09	0.1	1.1	0.16
4	2-Butenoic acid	0	0	0.2	0.35	0	0	0	0	0	0	0.35	
5	Benzoic acid	1.17	0.17	0.78	0.12	1.07	0.13	0.66	0.29	0.95	0.08	0.99	0.09
	total	**46.16**		**46.85**		**44.98**		**45.57**		**41.96**		**42.01**	
	Phenol compound												
6	2-Methoxy-4-methylphenol	0.7	0.1	0.65	0.13	0.76	0.04	0.69	0.12	0.68	0.07	0.72	0.08

ตารางที่ 10 องค์ประกอบางเคมีในน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (1) (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ	องค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้											
		ช่วงอุณหภูมิที่ (1)				ช่วงอุณหภูมิที่ (2)				ช่วงอุณหภูมิที่ (3)			
		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น	
		Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.
7	Phenol	**34.91**	**1.92**	**36.23**	**0.15**	**35.39**	**0.04**	**37.12**	**2.02**	**39.15**	**0.28**	**38.42**	**0.45**
8	4,6-Dimethylphenol	1.83	0.1	1.85	0.13	1.83	0.04	1.88	0.12	2.04	0.07	2.04	0.08
9	2,4-Dimethylphenol	0.55	0.07	0.57	0.05	0.65	0.03	0.56	0.05	0.56	0.02	0.53	0.02
10	2,6-Dimethoxyphenol	2.69	0.17	2.35	0.03	40.38	0.17	2.88	0.36	2.8	0.07	2.77	0.09
11	4-Methoxy-3-phenol	1.02	0.95	0.36	0.1	2.36	0.23	0.11	0.19	0.42	0.08	0.46	0.09
12	3-Methoxy-pyrocatechol	0.7	0.1	0.65	0.13	0.76	0.04	0.69	0.12	0.68	0.07	0.72	0.08
13	1,2-Benzenediol	2.45	0.31	2.06	0.18	2.66	0.11	2.36	0.43	2.61	0.13	2.58	0.13
	total	**44.73**		**44.56**		**44.26**		**46.00**		**48.83**		**48.04**	
	Alcohol												

ตารางที่ 10 องค์ประกอบางเคมีในน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (1) (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ	องค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้											
		ช่วงอุณหภูมิที่ (1)				ช่วงอุณหภูมิที่ (2)				ช่วงอุณหภูมิที่ (3)			
		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น	
		Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.
14	Cyclopropanemethanol	0.76	0.17	0.68	0.05	0.73	0.17	0.74	0.16	0.63	0.16	0.85	0.1
15	2-Furanmethanol	2.54	0.26	2.31	0.13	2.41	0.01	2.41	0.17	2.55	0.17	2.63	0.22
16	Benzeneethanol	0.07	0.06	0.27	0.29	1.05	1.5	0.05	0.04	0.03	0.06	0.04	0.06
	total	**3.37**		**3.26**		**4.19**		**3.2**		**3.21**		**3.52**	
	Carbonyl compound												
17	**2-Propanone**	0.46	0.24	0.36	0.06	0.47	0.05	0.28	**0.02**	0.38	0.03	0.5	0.01
18	**Ethanone**	0.57	0.03	0.61	0.02	0.56	0.02	0.58	**0.03**	0.57	0.06	0.6	0.03

ตารางที่ 10 องค์ประกอบางเคมีในน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (1) (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ	องค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้											
		ช่วงอุณหภูมิที่ (1)				ช่วงอุณหภูมิที่ (2)				ช่วงอุณหภูมิที่ (3)			
		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น	
		Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.
19	3-Methyl-1,2-cyclopentanedione	0.67	0.06	1.42	1.4	0.93	0.01	0.73	0.07	0.82	0.07	0.7	0.02
20	2-Cyclopenten-1-one	2.35	1.24	2.24	1.76	3.13	0.07	3.07	0.12	3.15	0.13	3.03	0.13
21	Guaiacylacetone	0.58	0.23	0.4	0.13	0.7	0.15	0.47	0.23	0.63	0.11	0.54	0.06
	total	**4.63**		**5.03**		**5.79**		**5.13**		**5.55**		**5.37**	
	Basic ingredients												
22	Pyridine	0	0	0.09	0.15	0.07	0.12	0.08		0.12		0.24	0.01
	total	**0**		**.09**		**.07**		**0.08**		**.12**		**.24**	
	TOTAL	**98.89**		**99.79**		**99.29**		**99.98**		**99.67**		**99.18**	

2) องค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (2)

ผลการทดลองพบว่า องค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (2) สารประกอบหลักซึ่งเป็นสารสำคัญในน้ำส้มควันไม้ในสัดส่วนที่มาก คือ สารประกอบกลุ่ม Phenol compound และ Organic acid ซึ่งจะพบ สารประกอบกลุ่ม Phenol compound มากที่สุดในทุกกระบวนการผลิต การเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (3) และหล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง จะพบสารประกอบกลุ่ม Phenol compound มากที่สุด โดยพบปริมาณ (Relative Quantity) เท่ากับ 63.87 % ปรากฏดังตารางที่ 11

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางที่ 11 องค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (2)

ลำดับ	ชื่อ	องค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้											
		ช่วงอุณหภูมิที่ (1)				ช่วงอุณหภูมิที่ (2)				ช่วงอุณหภูมิที่ (3)			
		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น	
		Relative Quantity (%)	Relative Quantity (%)	Relative Quantity (%)	Relative Quantity (%)	Relative Quantity (%)	Relative Quantity (%)	Relative Quantity (%)	Relative Quantity (%)	Relative Quantity (%)	Relative Quantity (%)	Relative Quantity (%)	Relative Quantity (%)
	Organic acid												
1	Acetic acid	22.85	0.51	29.67	4.08	19.09	0.52	19.54	0.13	16.12	3.72	14.51	0.52
2	Propanoic acid	2.88	0.37	2.14	0.12	2.36	0.10	2.20	0.38	2.49	0.36	2.06	0.43
3	Butanoic acid	1.50	0.05	1.30	0.17	1.39	0.04	1.10	0.03	1.13	0.06	1.53	0.37
4	2-Butenoic acid	0.14	0.12	0.11	0.09	0.06	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.81
5	Benzoic acid	1.15	0.10	1.23	0.94	1.45	0.05	1.58	0.08	1.13	0.48	1.90	0.09
	total	**28.52**		**34.45**		**24.35**		**24.42**		**20.87**		**20.38**	

ตารางที่ 11 องค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (2) (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ	องค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้											
		ช่วงอุณหภูมิที่ (1)				ช่วงอุณหภูมิที่ (2)				ช่วงอุณหภูมิที่ (3)			
		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง	
		Relative Quantity (%)	Relative Quantity (%)	Relative Quantity (%)	Relative Quantity (%)	Relative Quantity (%)	Relative Quantity (%)	Relative Quantity (%)	Relative Quantity (%)	Relative Quantity (%)	Relative Quantity (%)	Relative Quantity (%)	Relative Quantity (%)
	Phenol compound												
6	2-Methoxy-4-methylphenol	1.02	0.08	0.61	0.52	1.03	0.26	1.13	0.11	0.98	0.79	0.73	0.12
7	Phenol	46.74	2.44	42.69	4.45	46.64	1.91	46.43	0.52	49.50	3.63	47.29	1.57
8	4,6-Dimethylphenol	2.73	0.10	1.95	0.06	3.10	0.26	3.01	0.11	2.96	0.79	3.11	0.12
9	2,4-Dimethylphenol	0.76	0.05	0.61	0.52	0.79	0.10	0.96	0.10	0.74	0.23	1.07	0.04
10	2,6-Dimethoxyphenol	3.30	0.06	3.18	0.28	3.90	0.28	4.23	0.19	3.27	1.00	4.83	0.16
11	4-Methoxy-3-phenol	0.76	0.13	0.89	0.76	0.77	0.07	1.17	0.30	2.79	3.05	1.18	0.25

ตารางที่ 11 องค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (2) (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ	องค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้											
		ช่วงอุณหภูมิที่ (1)				ช่วงอุณหภูมิที่ (2)				ช่วงอุณหภูมิที่ (3)			
		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง	
		Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.
12	3-Methoxy-pyrocatechol	0.56	0.05	0.00	0.00	0.93	0.08	0.86	0.18	1.16	0.82	1.27	0.24
13	1,2-Benzenediol	2.64	0.09	2.24	0.96	3.26	0.30	3.43	0.26	2.47	0.88	4.37	0.48
	total	**58.51**		**52.17**		**60.42**		**61.22**		**63.87**		**63.85**	
	Alcohol												
14	Cyclopropanemethanol	1.85	0.01	1.06	0.21	2.10	0.21	1.61	0.43	1.99	0.21	2.02	0.45
15	2-Furanmethanol	3.96	0.45	5.24	0.15	4.65	0.10	3.53	0.09	4.43	0.33	4.39	0.39
16	Benzeneethanol	0.18	0.01	0.00	0.00	0.31	0.05	0.23	0.01	0.26	0.22	0.33	0.12
	total	**5.99**		**6.3**		**7.06**		**3.57**		**6.68**		**6.74**	

ตารางที่ 11 องค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (2) (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ	องค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้											
		ช่วงอุณหภูมิที่ (1)				ช่วงอุณหภูมิที่ (2)				ช่วงอุณหภูมิที่ (3)			
		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง	
		Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.
	Carbonyl compound												
17	2-Propanone	0.38	0.04	0.62	0.54	0.48	0.07	0.43	0.07	0.49	0.15	0.57	0.06
18	Ethanone	0.47	0.41	0.01	0.02	0.47	0.41	0.66	0.02	0.47	0.41	0.52	0.16
19	3-Methyl-1,2-cyclopentanedione	0.78	0.16	0.80	0.25	0.96	0.11	0.98	0.14	0.85	0.25	2.27	1.61
20	2-Cyclopenten-1-one	3.95	0.46	3.06	0.09	4.19	0.17	4.89	0.39	4.83	0.97	3.39	2.53
21	Guaiacylacetone	0.91	0.55	0.43	0.75	1.06	0.12	1.14	0.10	1.20	0.75	1.18	0.31
	total	**6.49**		**4.92**		**7.16**		**8.1**		**7.84**		**7.93**	
	Basic ingredients												
22	Pyridine	0.22	0.03	0.08	0.13	0.32	0.05	0.19	0.17	0.40	0.13	0.34	0.01
	total	**0.22**		**0.08**		**0.32**		**0.19**		**0.40**		**0.34**	
	TOTAL	**99.73**		**97.92**		**99.31**		**99.3**		**99.66**		**99.24**	

3) องค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (3)

ผลการทดลองพบว่า องค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (3) มีสารประกอบหลักซึ่งเป็นสาระสำคัญในน้ำส้มควันไม้ในสัดส่วนที่มาก คือ สารประกอบกลุ่ม Phenol compound และ Organic acid โดย พบ Phenol compound มากที่สุด จากการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (3) และ หล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง โดยพบปริมาณ(Relative Quantity) เท่ากับ 59.59 % และในทุกกระบวนการผลิตจะพบสารประกอบ Phenol มากที่สุด ยกเว้น การเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1) และ หล่อเย็นด้วยน้ำเย็นจะพบสารประกอบกลุ่ม Organic acid มากที่สุด โดยพบปริมาณ(Relative Quantity) เท่ากับ 45.77 % ปรากฏดังตารางที่ 12

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางที่ 12 องค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (3)

ลำดับ	ชื่อ	องค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้											
		ช่วงอุณหภูมิที่ (1)				ช่วงอุณหภูมิที่ (2)				ช่วงอุณหภูมิที่ (3)			
		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง	
		Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantiy (%)	S.D.	Relativ Quantiy (%)	S.D.	Relative quantity (%)	S.D.	Relative Quantiy (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.
	Organic acid												
1	Acetic acid	38.10	0.63	41.20	0.52	33.27	7.51	37.52	3.08	30.43	11.41	29.66	0.76
2	Propanoic acid	2.61	0.05	2.17	0.12	2.61	0.23	2.32	0.03	2.00	0.87	2.35	0.08
3	Butanoic acid	1.12	0.16	1.02	0.11	1	0.07	1.44	0.02	0.76	0.28	1.17	0.18
4	2-Butenoic acid	0.00	0.00	0.28	0.48	0.06	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.55
5	Benzoic acid	1.04	0.04	1.10	0.09	0.72	0.76	1.44	0.13	0.31	0.54	1.30	0.20
	total	**42.87**		**45.77**		**37.66**		**42.72**		**33.50**		**34.86**	
	Phenol compound												
6	2-Methoxy-4-methylphenol	0.78	0.11	0.84	0.04	0.87	0.05	0.84	1.32	0.62	0.21	0.98	0.22

ตารางที่ 12 องค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (3) (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ	องค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้											
		ช่วงอุณหภูมิที่ (1)				ช่วงอุณหภูมิที่ (2)				ช่วงอุณหภูมิที่ (3)			
		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง	
		Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantiy (%)	S.D.	Relativ Quantiy (%)	S.D.	Relative quantity (%)	S.D.	Relative Quantiy (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	**S.D.**
7	Phenol	36.32	0.59	34.46	0.67	40.3	0.64	35.16	3.12	41.28	4.91	41.48	0.29
8	4,6-Dimethylphenol	2.02	0.11	2.10	0.04	2.26	0.05	1.52	1.32	2.17	0.21	2.17	0.22
9	2,4-Dimethylphenol	0.77	0.04	0.67	0.08	0.91	0.24	0.19	0.33	0.86	0.20	1.12	0.09
10	2,6-Dimethoxyphenol	3.11	0.05	3.05	0.17	2.88	0.55	1.99	1.39	4.11	1.37	3.45	0.07
11	4-Methoxy-3-phenol	0.67	0.18	0.69	0.21	0.68	0.21	2.51	1.48	0.77	0.06	0.72	0.27
12	3-Methoxy-pyrocatechol	0.63	0.07	0.67	0.12	0.48	0.54	0.86	0.28	5.94	10.28	0.68	0.17
13	1,2-Benzenediol	2.44	0.10	2.51	0.01	2.07	0.71	3.31	-0.34	3.84	1.41	2.77	0.07
	total	**46.74**		**44.99**		**50.45**		**46.38**		**59.59**		**53.37**	

ตารางที่ 12 องค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (3) (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ	องค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้											
		ช่วงอุณหภูมิที่ (1)				ช่วงอุณหภูมิที่ (2)				ช่วงอุณหภูมิที่ (3)			
		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง	
		Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.
	Alcohol												
14	Cyclopropanemethanol	0.93	0.10	0.47	0.42	0.78	0.25	0.66	0.11	0.82	0.34	0.83	0.08
15	2-Furanmethanol	2.21	0.16	2.78	0.21	2.06	0.25	2.94	0.18	1.95	0.74	2.12	0.38
16	Benzeneethanol	0.25	0.03	0.14	0.14	0.25	0.07	0.13	0.23	0.00	0.00	0.26	0.05
	total	**3.39**		**3.39**		**3.09**		**3.73**		**2.77**		**3.21**	
	Carbonyl compound												
17	**2-Propanone**	**0.34**	**0.12**	**0.56**	**0.04**	**0.42**	**0.2**	**0.80**	**0.17**	**0.10**	**0.18**	**0.81**	**0.22**

ตารางที่ 12 องค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (3) (ต่อ)

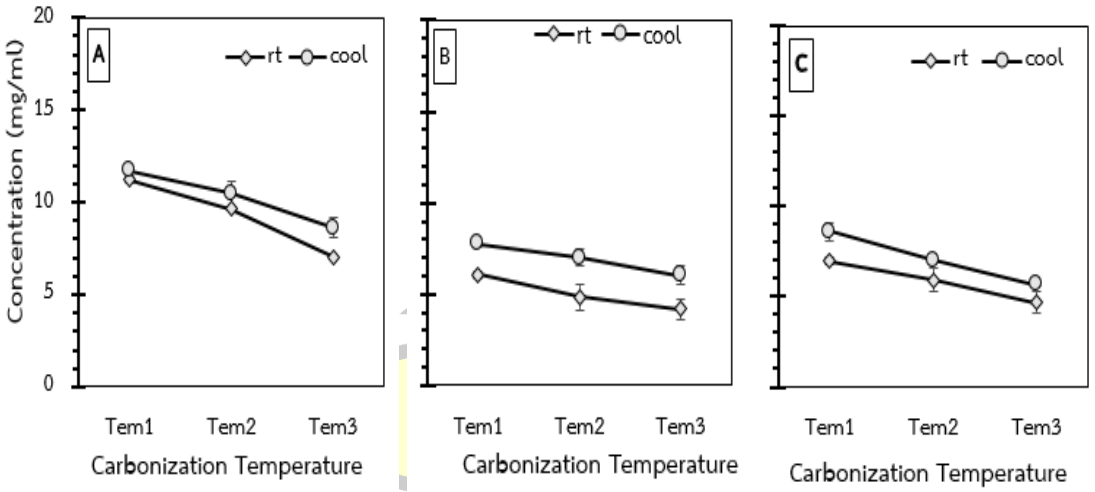
ลำดับ	ชื่อ	องค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้											
		ช่วงอุณหภูมิที่ (1)				ช่วงอุณหภูมิที่ (2)				ช่วงอุณหภูมิที่ (3)			
		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง		หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น		หล่อเย็นด้วยน้ำณหภูมิห้อง	
		Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.	Relative Quantity (%)	S.D.
18	Ethanone	0.58	0.04	0.17	0.30	0.6	0.02	0.17	0.29	0.39	0.38	0.58	0.03
19	3-Methyl-1,2-cyclopentanedione	0.78	0.01	0.55	0.48	0.59	0.2	0.94	0.07	0.50	0.20	0.89	0.11
20	2-Cyclopenten-1-one	3.93	0.03	3.03	0.03	4.12	0 .31	2.63	0.28	2.90	1.24	4.66	0.04
21	Guaiacylacetone	0.98	0.18	0.96	0.06	0.7	0.23	0.91	0.18	0.30	0.53	0.97	0.04
	total	**6.61**		**5.27**		**6.43**		**5.45**		**4.19**		**7.91**	
	Basic ingredients												
22	Pyridine	0.17	0.00	0.21	0.02	0.06	0.1	0.37	0.09	0.05	0.08	0.26	0.06
	total	**0.17**		**0.21**		**0.06**		**0.37**		**0.05**		**0.26**	
	TOTAL	**99.78**		**99.63**		**97.69**		**98.65**		**100.1**		**99.61**	

4.2.3.2 ปริมาณสารเคมีในน้ำส้มควันไม้

สารเคมีที่เป็นสารประกอบหลักในน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก คือ Acetic acid และ Phenol ซึ่งนำมาวิเคราะห์ปริมาณได้ดังนี้

1) การวิเคราะห์ปริมาณ Acetic acid ในน้ำส้มควันไม้

ปริมาณ Acetic acid ในน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) และเก็บน้ำส้มควันไม้ด้วยการหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง และ น้ำเย็น จากนั้นนำไปทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (1) และ (2) เปรียบเทียบกับ วิธีที่ (3) เพื่อกำจัดน้ำมันดินซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้โดยทั่วไป ปรากฏดังภาพประกอบ 30



ภาพประกอบ 30 ปริมาณ Acetic acid น้ำส้มควันไม้

(A)=น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (1)

(B)=น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (2)

(C)= น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (3)

Tem1 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (1)

Tem2 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (2)

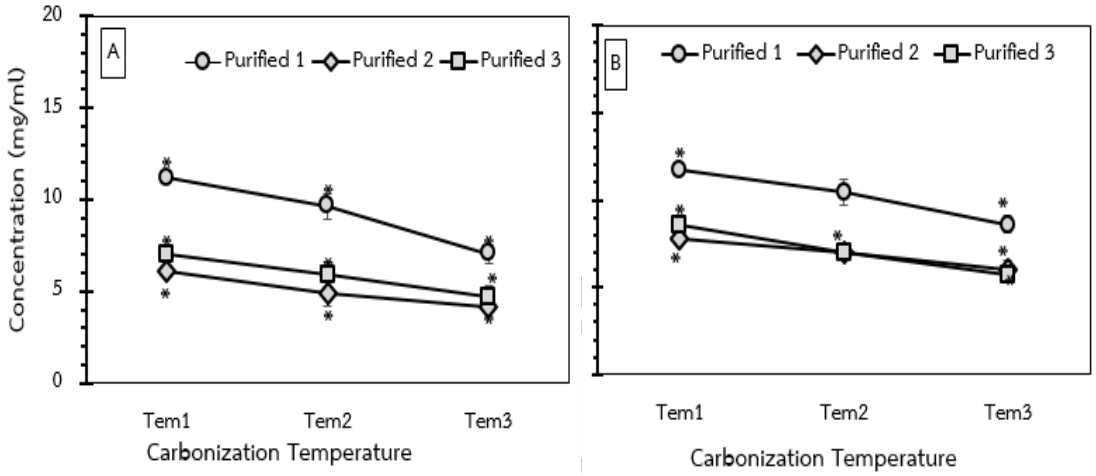
Tem3 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (3)

rt = หล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง

cool = หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น

จากภาพประกอบ 30 การผลิตที่ได้ปริมาณ Acetic acid มากที่สุดคือ การเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1) และหล่อเย็นด้วยน้ำเย็น แล้วนำไปทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1) ความเข้มข้น เท่ากับ 11.72 mg/ml ส่วนที่พบ น้อยที่สุดคือ การเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (3) และหล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง แล้วนำไปทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (2) ความเข้มข้น เท่ากับ 4.18 mg/ml โดยมีข้อสังเกตพบว่า การเผาถ่านเปลือกหมากในช่วงอุณหภูมิที่สูงขึ้น ปริมาณ Acetic acid ที่ได้มีแนวโน้มน้อยลงและการเก็บน้ำส้มควันไม้โดยการหล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้องจะได้ปริมาณ Acetic acid น้อยกว่าน้ำเย็น

การเปรียบเทียบปริมาณ Acetic acid ในน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านในช่วงอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ในช่วงอุณหภูมิต่างกัน ปรากฏผลดังภาพประกอบ 31



ภาพประกอบ 31 การเปรียบเทียบปริมาณ Acetic acid ในน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านในช่วงอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ในช่วงอุณหภูมิต่างกัน

(A) = น้ำส้มควันไม้ที่หล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง

(B) = น้ำส้มควันไม้ที่หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น

purified 1 = น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (1)

purified 2 = น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (2)

purified 3 = น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (3)

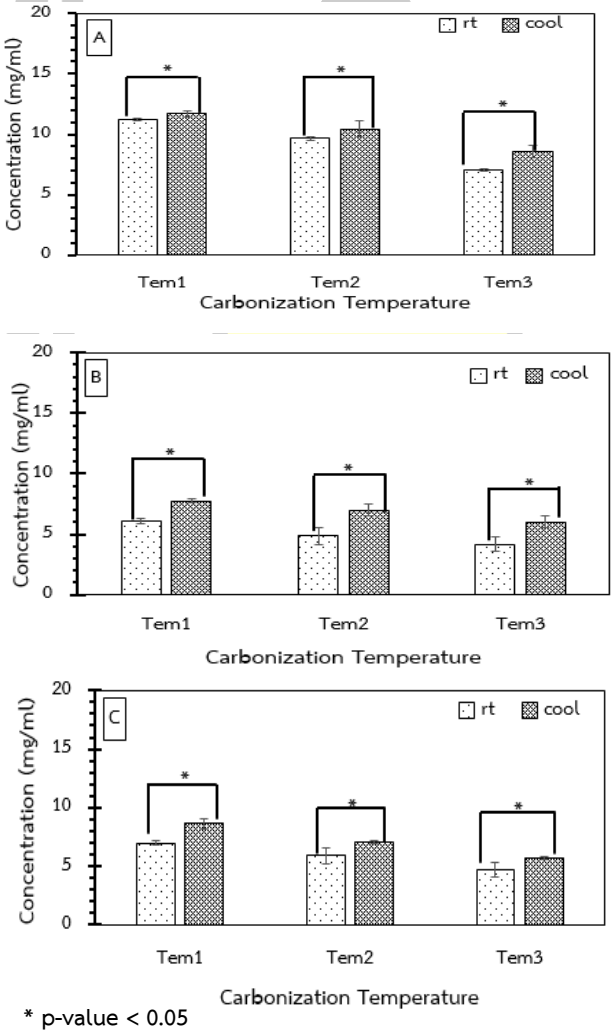
Tem1 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (1)

Tem2 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (2)

Tem3 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (3)

จากภาพประกอบ 31 พบว่า ผลการเปรียบเทียบปริมาณ Acetic acid ที่ได้จากการเผาถ่านเปลือกหมากในช่วงอุณหภูมิต่างกัน ด้วยสถิติ nonparametric Kruskal Wallis Test พบว่า น้ำส้มควันไม้ ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1), (2) และ (3) ทั้งหล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้องและหล่อเย็นด้วยน้ำเย็น ที่เผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิต่างกัน มีปริมาณ Acetic acid แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.027 ในทุกกระบวนการผลิต) (ตารางที่ 44 ในภาคผนวก ค) เมื่อเปรียบเทียบรายคู่ ด้วย ด้วยสถิติ nonparametric The Mann-Whitney U Test พบว่า น้ำส้มควันไม้ ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1), (2) และ (3) ทั้งหล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้องและหล่อเย็นด้วยน้ำเย็นทุกคู่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 45 ในภาคผนวก ค)

การเปรียบเทียบปริมาณ Acetic acid ที่เก็บด้วยอุณหภูมิหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ต่างกัน ปรากฏผลดังภาพประกอบ 32



* p-value < 0.05

ภาพประกอบ 32 การเปรียบปริมาณ Acetic acid ที่เก็บด้วยอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ต่างกัน

(A) = น้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (1)

(B) = น้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (2)

(C) = น้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (3)

Tem1 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (1)

Tem2 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (2)

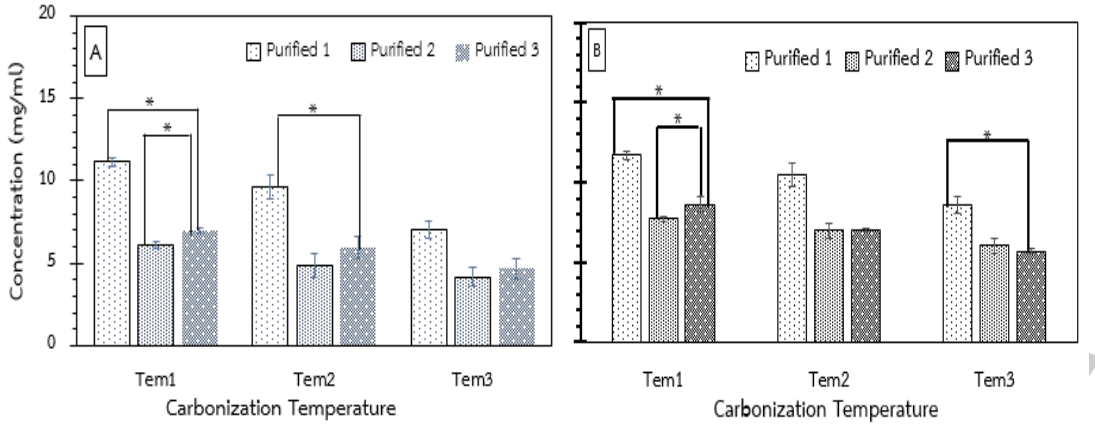
Tem3 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (3)

rt = หล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง

cool = หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น

จากภาพประกอบ 32 การเก็บน้ำส้มควันไม้ด้วยอุณหภูมิหล่อเย็นในการควบแน่นด้วยน้ำเย็น จะได้น้ำส้มควันไม้ที่มีปริมาณ Acetic acid มากกว่า น้ำอุณหภูมิห้อง ซึ่ง ผลการเปรียบเทียบปริมาณ Acetic acid ด้วยสถิติ nonparametric The Mann-Whitney U Test พบว่า การเก็บน้ำส้มควันไม้ที่อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในการควบแน่นด้วยน้ำเย็น แตกต่างกับ น้ำอุณหภูมิห้อง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทุกกระบวนการผลิต (p-value < 0.05) (ตารางที่ 46 ในภาคผนวก ค)

การเปรียบเทียบ ปริมาณ Acetic acid ในน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ต่างกัน ปรากฏผลดังภาพประกอบ 33



* p-value < 0.05

ภาพประกอบ 33 ปริมาณ Acetic acid ในน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ต่างกัน

A = น้ำส้มควันไม้ที่หล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง

B = น้ำส้มควันไม้ที่หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น

purified 1 = น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (1)

purified 2 = น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (2)

purified 3 = น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (3)

Tem1 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (1)

Tem2 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (2)

Tem3 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (3)

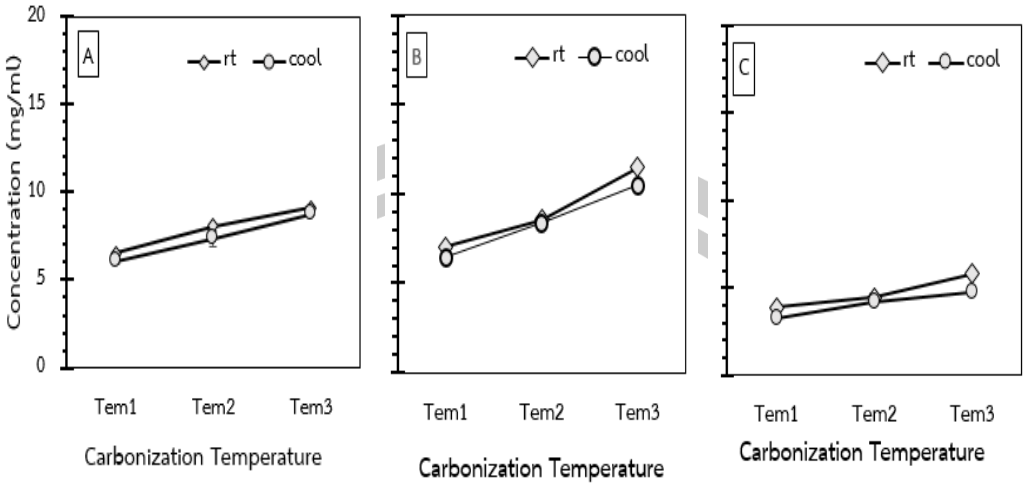
จากภาพประกอบ 33 ผลการเปรียบเทียบปริมาณ Acetic acid ในน้ำส้มควันไม้ ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ต่างกัน ด้วยสถิติ nonparametric Kruskal Wallis Test พบว่า

(1) น้ำส้มควันไม้หล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1) และ (2) มีปริมาณ Acetic acid แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.027, 0.039) เมื่อนำน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1) และ (2) ไปเปรียบกับวิธีที่ (3) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้โดยทั่วไป พบว่า การเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1) แล้วนำไปทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1) และ (2) แตกต่างกับวิธีที่ (3) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.046 และ 0.046) ส่วนการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (2) แล้วนำไปทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1) แตกต่างกับวิธีที่ (3) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.046) ส่วน วิธีที่ (2) กับ วิธีที่ (3) ไม่แตกต่างกัน

(2) น้ำส้มควันไม้ที่หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น ที่เผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1) และ (3) มีปริมาณ Acetic acid แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.027, 0.027) เมื่อนำน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1) และ (2) ไปเปรียบกับวิธีที่ (3) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้โดยทั่วไป พบว่า การเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1) แล้วนำไปทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1) และ (2) แตกต่างกับวิธีที่ (3) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.046, 0.046) ส่วนการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (2) แล้วนำไปทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1) แตกต่างกับวิธีที่ (3) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.046) ส่วน วิธีที่ (2) กับ วิธีที่ (3) ไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 47-48 ในภาคผนวก ค)

2) การวิเคราะห์ปริมาณ Phenol ในน้ำส้มควันไม้

ปริมาณ Phenol ในน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) เก็บน้ำส้มควันไม้ด้วยการหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง และ น้ำเย็น นำมาผ่านกระบวนการที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (1) และ (2) เปรียบเทียบกับ วิธีที่ (3) เพื่อกำจัดน้ำมันดินซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้โดยทั่วไป ปรากฏดังภาพประกอบ 34



ภาพประกอบ 34 ปริมาณ Phenol ในน้ำส้มควันไม้

(A)=น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (1)

(B)=น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (2)

(C)= น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (3)

Tem1 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (1)

Tem2 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (2)

Tem3 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (3)

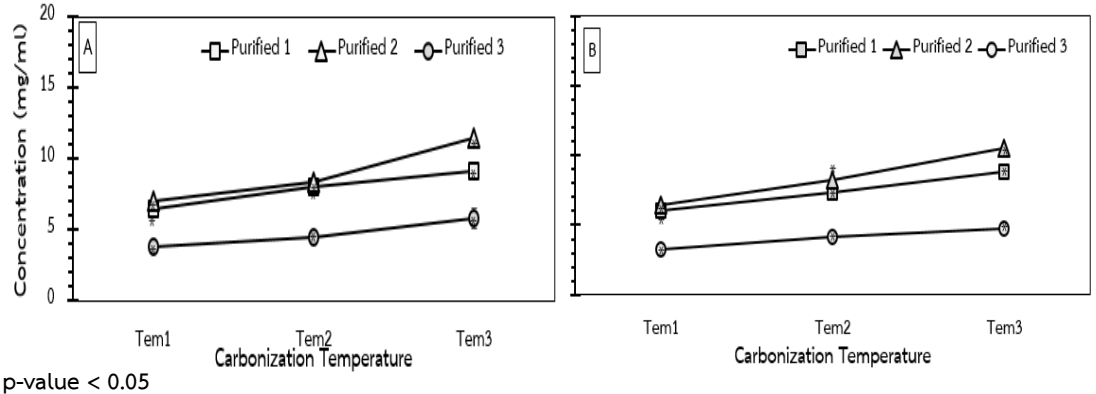
rt = หล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง

cool = หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น

จากภาพประกอบ 34 พบว่า กระบวนการผลิตที่ ให้ปริมาณPhenol มากที่สุดคือ การการเผาถ่านเปลือกหมากอุณหภูมิช่วงที่ (3) และหล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง แล้วนำไปทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (2) ความเข้มข้น เท่ากับ 11.49 mg/ml ส่วนที่พบปริมาณ Phenol น้อยที่สุดคือ การการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1) หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (3) ความเข้มข้น เท่ากับ 3.28 mg/ml

โดยพบข้อสังเกตว่า เมื่อเผาถ่านเปลือกหมากในช่วงอุณหภูมิสูง ปริมาณ Phenol มีแนวโน้มมากขึ้น และการเก็บน้ำส้มควันไม้โดยการหล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้องจะได้ ปริมาณ Phenol มากกว่า การหล่อเย็นด้วยน้ำเย็น

การเปรียบเทียบปริมาณPhenol ในน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากในช่วงอุณหภูมิต่างกัน ปรากฏผลดังภาพประกอบ 35



* p-value < 0.05

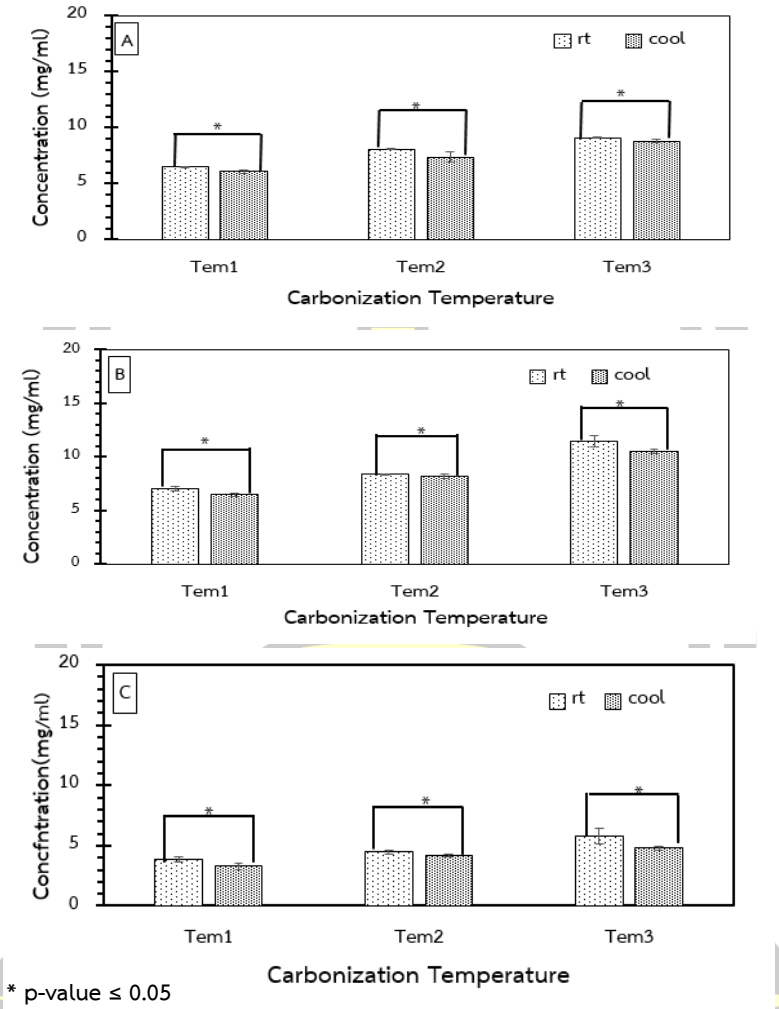
ภาพประกอบ 35 การเปรียบเทียบปริมาณ Phenol ในน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากในช่วงอุณหภูมิต่างกัน

(A) = น้ำส้มควันไม้ที่หล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง
(B) = น้ำส้มควันไม้ที่หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น
purified 1 = น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (1)
purified 2 = น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (2)
purified 3 = น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (3)
Tem1 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (1)
Tem2 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (2)
Tem3 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (3)

จากภาพประกอบ 35 การเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (3) จะได้น้ำส้มควันไม้ที่มีปริมาณ Phenol มากที่สุดในทุกกระบวนการผลิต ซึ่งผลการเปรียบเทียบปริมาณ Phenol ที่ได้จากการผลิตน้ำส้มควันไม้โดยการเผาถ่านเปลือกหมากในที่ช่วงอุณหภูมิที่ต่างกัน ด้วยสถิติ nonparametric Kruskal Wallis Test พบว่า น้ำส้มควันไม้ ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1), (2) และ (3) ทั้งหล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง และหล่อเย็น มีปริมาณ Phenol แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.027 ในทุกกระบวนการผลิต) (ตารางที่ 49 ในภาคผนวกค) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ Phenol ที่ได้จากการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) ด้วย ด้วยสถิติ

nonparametric The Mann-Whitney U Test พบว่า ทุกคู่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 50 ในภาคผนวก ค)

การเปรียบเทียบปริมาณ Phenol ในน้ำส้มควัน ที่เก็บด้วยอุณหภูมิหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ต่างกัน ปรากฏผลดังภาพประกอบ 36



ภาพประกอบ 36 การเปรียบปริมาณ Phenol ในน้ำส้มควันไม้ ที่เก็บด้วยอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ต่างกัน

(A) = น้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (1)

(B) = น้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (2)

(C) = น้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (3)

Tem1 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (1)

Tem2 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (2)

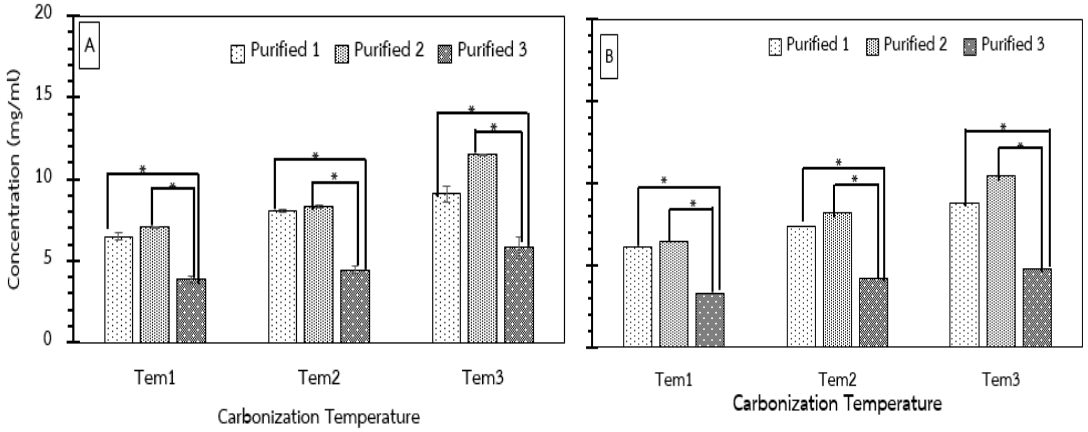
Tem3 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (3)

rt = หล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง

cool = หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น

จากภาพประกอบ 36 การเก็บน้ำส้มควันไม้ ด้วยอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ ด้วยน้ำอุณภูมิห้อง จะได้น้ำส้มควันไม้ที่มีปริมาณ Phenol มากกว่า น้ำเย็น ซึ่งผลการเปรียบเทียบปริมาณ Phenol ในน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตด้วยอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ ต่างกัน ด้วยสถิติ nonparametric The Mann-Whitney U Test พบว่า การหล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง แตกต่างกับ หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทุกกระบวนการผลิต โดยกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน มากที่สุด คือ น้ำส้มควันไม้ที่เผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (3) จากนั้นนำไปทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (2) (p-value = 0.043) (ตารางที่ 51 ในภาคผนวก ค)

การเปรียบเทียบ ปริมาณสารของ Phnol ในน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ต่างกัน ปรากฏผลดังภาพประกอบ 37



ภาพประกอบ 37 ปริมาณของ Phenol ในน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ต่างกัน

A = น้ำส้มควันไม้ที่หล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง

B = น้ำส้มควันไม้ที่หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น

purified 1 = น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (1)

purified 2 = น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (2)

purified 3 = น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (3)

Tem1 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (1)

Tem2 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (2)

Tem3 = ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (3)

จากภาพประกอบ 37 ผลการเปรียบเทียบปริมาณ Phenol ในน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ต่างกัน พบว่า การทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (2) จะได้น้ำส้มควันไม้ที่มีปริมาณ Phenol มากที่สุดในทุกกระบวนการผลิต ซึ่งผลการเปรียบเทียบด้วยสถิติ nonparametric Kruskal Wallis Test พบว่า น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีต่างกันทุกกระบวนการผลิต จะได้ปริมาณ Phenol แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 52 ในภาคผนวก ค) เมื่อนำน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1) และ (2) เปรียบกับวิธีที่ (3) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้โดยทั่วไป พบว่า การทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1) และ (2) จะได้ปริมาณ Phenol แตกต่างกับวิธีที่ (3) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกกระบวนการผลิต (ตารางที่ 53 ในภาคผนวก ค)

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาการผลิตน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมากโดยการเผาถ่านเปลือกหมากที่อุณหภูมิต่างๆ ได้แก่ ช่วงอุณหภูมิที่ (1) 301-320 °C, (2) 321-340°C และ (3) 341-360 °C เก็บน้ำส้มควันไม้โดยอุณหภูมิหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง (27 °C) และน้ำเย็น (20 °C) จากนั้นนำน้ำส้มควันไม้ไปทำให้บริสุทธิ์ 3 วิธี ได้แก่ วิธีที่ (1) กรองด้วยกรวดและทรายร่วมกับการดูดซับด้วยธูปฤษี, (2) การเติมอากาศ-ถ่านกัมมันต์ ร่วมกับกรองด้วยกรวดและทราย และ (3) การทิ้งให้ตกตะกอน 90 วัน เพื่อกำจัดน้ำมันดิน แล้วจึงนำน้ำส้มควันไม้ไปตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ได้ข้อสรุป และข้อเสนอแนะเป็นแนวทางในการศึกษาครั้งต่อไป ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้

5.1.1.1 ปริมาณการผลิตน้ำส้มควันไม้

การผลิตน้ำส้มควันไม้ที่ได้ปริมาณมากที่สุด คือ การเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1) และ หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น ได้ปริมาณน้ำส้มควันไม้ เท่ากับ 984.33 ml คิดเป็นอัตราการผลิต 4.92 % v/w ของเปลือกหมากที่นำมาผลิต ซึ่งพบว่า ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก และ การเก็บอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ที่ต่างกันจะทำให้ได้ปริมาณน้ำส้มควันไม้ต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

5.1.2 การศึกษาคุณสมบัติของน้ำส้มควันไม้

5.1.2.1 คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

น้ำส้มควันไม้ก่อนการทำให้บริสุทธิ์ ทุกกระบวนการผลิต มีค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มควันไม้ดิบ (มผช.659/2553) เมื่อนำไปผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) จะสูงขึ้น ซึ่งการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1) และหล่อเย็นด้วยน้ำเย็น จากนั้นนำไปทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1) มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) น้อยที่สุด (มีความเป็นกรดมากที่สุด) คือ เท่ากับ 3.84 ซึ่งพบว่า ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก และ วิธีการทำให้บริสุทธิ์ แตกต่างกัน จะทำให้ ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของน้ำส้ม

ควันไม้ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อนำไปเปรียบกับน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (3) พบว่า ไม่แตกต่างกันกับวิธีที่ (1)

ค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity)

น้ำส้มควันไม้ก่อนกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ มีค่าความถ่วงจำเพาะ ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มควันไม้ (มผช.659/2553) เมื่อนำไปผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้สูงขึ้น ซึ่งการผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณภูมิที่ (2) และ (3) ทุกกระบวนการผลิต จะอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ในช่วง 1.0101-1.0176 ส่วนการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณภูมิที่ (1) ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งน้ำส้มควันไม้ที่มีค่าความถ่วงจำเพาะสูงที่สุด คือ น้ำส้มควันไม่ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (2) ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (3) และหล่อเย็นด้วยน้ำเย็น เท่ากับ 1.0176 ซึ่งพบว่า อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก และการทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีต่างกัน จะทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อนำไปเปรียบกับน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (3) พบว่า ไม่แตกต่างกันกับวิธีที่ (1)

ค่าความส่งผ่านแสงของน้ำส้มควันไม้ (transmittance)

ค่าความส่งผ่านของแสง (%T) ในน้ำส้มควันไม้ก่อนกระบวนการทำให้บริสุทธิ์อยู่ในช่วง 5.0 ถึง 43.9 % เมื่อนำไปผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ ค่าความส่งผ่านของแสง (%T) จะมากขึ้น (ใสมากขึ้น) โดย การผลิตน้ำส้มควันไม้ ที่มีค่าความส่งผ่านของแสง (%T) มากที่สุด (ใสที่สุด) คือ การเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1) และหล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (3) เท่ากับ 75.2 % ซึ่งพบว่า ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก และการทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีต่างกัน จะทำให้ค่าความส่งผ่านของแสง (%T) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อนำไปเปรียบกับน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วย วิธีที่ (3) พบว่า ไม่แตกต่างกันกับ วิธีที่ (1)

การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ

คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้ ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.659/2553) ซึ่งกระบวนการผลิตเหมาะสม มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับมาตรฐานมากที่สุด คือ การผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (2) และหล่อเย็นด้วยน้ำเย็น จากนั้นนำไปทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (3) มีค่าความเป็นกรด - ด่างเท่ากับ 3.96 ค่าความถ่วงจำเพาะ เท่ากับ 1.0115 ค่าความส่งผ่านของแสง (%T) เท่ากับ 59.8 % และอัตราการผลิต 4.10 % w/v

5.1.2.2 การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีของน้ำส้มควันไม้

สารประกอบหลักในน้ำส้มควันไม้

สารประกอบหลักที่พบในน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก ประกอบด้วยสารกลุ่ม Organic acid, Phenol compound, Alcohol, Carbonyl compound และ Basic ingredients ถึง 22 ชนิด โดยมี สารกลุ่ม Organic acid และ Phenol compound เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำส้มควันไม้ ซึ่งพบ สารประกอบกลุ่ม Phenol compound มากที่สุด 63.87 % ในน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (3)และหล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (2) และพบสารประกอบกลุ่ม Organic acid มากที่สุด 46.85 % ในน้ำส้มควันไม้

ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1) และหล่อเย็นด้วยน้ำเย็น จากนั้นนำไปทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1) ซึ่งในทุกกระบวนการผลิต พบสารเคมีที่เป็นสารประกอบหลักในน้ำส้มในน้ำส้มควันไม้ คือ Acetic acid และ Phenol

ปริมาณ Acetic acid ในน้ำส้มควันไม้

กระบวนการผลิตที่ได้ปริมาณ Acetic acid มากที่สุดคือ การเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1) และหล่อเย็นด้วยน้ำเย็น จากนั้นนำไปทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1) ความเข้มข้นเท่ากับ 11.72 mg/ml ซึ่งผลการทดสอบ พบว่า ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก และอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ ต่างกัน จะได้ปริมาณAcetic acid แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ปริมาณ Phenol ในน้ำส้มควันไม้

กระบวนการผลิตที่ได้ปริมาณPhenol มากที่สุดคือ การเผาถ่านช่วงอุณหภูมิที่ (3) หล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (2) ความเข้มข้น เท่ากับ 11.49 mg/ml ซึ่งผลการทดสอบ พบว่า ช่วงอุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก และอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ รวมถึง วิธีการทำให้น้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์ ต่างกัน จะได้ปริมาณ Phenol แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สรุปได้ว่า ในการผลิตน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมากโดยวิธีการดั้งเดิมของชาวบ้านสามารถเพิ่มผลผลิตมากขึ้นโดยการลดอุณหภูมิน้ำในการหล่อเย็น เพื่อเพิ่มอัตราการควบแน่นของน้ำส้มควันไม้ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิตน้ำส้มควันไม้ อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 321--340 °C ซึ่ง จะทำให้การสลายตัวของสารประกอบต่างๆ ในน้ำส้มควันไม้มีความสมบูรณ์ขึ้นมาก ซึ่งพบว่าในการทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์วิธีที่นิยมใช้โดยทั่วไป คือการตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน 90 วัน และ ในขอบข่ายของเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มควันไม้ (มผช.659/2553) จะต้องตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนอย่างน้อย 45 วัน เพื่อเป็นการลดระยะเวลาในการทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์ การเลือกวิธีการกรองด้วยกรวดและทราย แล้วนำไปดูดซับด้วยธูปฤษี ซึ่งใช้เวลาเพียง 2 วัน มีคุณสมบัติทางกายภาพไม่แตกต่างจากการตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน 90 วัน นอกจากนี้ สารประกอบสำคัญในน้ำส้มควันไม้ยังมีปริมาณมากกว่า

5.2 อภิปรายผล

5.2.1 ประสิทธิภาพในการผลิตน้ำส้มควันไม้

ในการผลิตน้ำส้มควันไม้โดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1) 301-320 °C, (2) 321-340°C และ (3) 341-360 °C และ เก็บน้ำส้มควันไม้ด้วยอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง (27 °C) และ น้ำเย็น (20 °C) พบว่า ที่ช่วงอุณหภูมิที่ (1) หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น จะได้ปริมาณน้ำส้มควันไม้มากที่สุด เท่ากับ 984.33 ml คิดเป็นอัตราการผลิต 4.92 % w/v ของเปลือกหมากที่นำมาผลิต ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ กิตติกร สาสุจิตต์ (2557) ที่ได้มีการนำไม้ที่ได้จากการตัดแต่งกิ่งต้นลำไยมาเผาถ่านด้วยเตาแบบดั่งเดิมที่มีอยู่ และเตาเผาถ่านแบบใช้ถังขนาด 200

ลิตร ซึ่งผลพลอยได้จากการเผาถ่านไม้ คือ น้ำส้มควันไม้ ร้อยละ 5 ของน้ำหนักไม้ ในการทดลองนี้พบว่า การเผาถ่านเปลือกหมากในช่วงอุณหภูมิที่ต่างกันจะทำให้ได้ปริมาณน้ำส้มควันไม้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีข้อสังเกตว่า เมื่อเผาถ่านเปลือกหมากด้วยอุณหภูมิที่สูงขึ้นปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ได้จะลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากช่วงอุณหภูมิในการเก็บน้ำส้มควันไม้จะอยู่ในช่วงที่ไม้กำลังเปลี่ยนเป็นถ่าน (Carbonization) อุณหภูมิในเตาอยู่ระหว่าง 300-400 °C สารประกอบต่างๆ จะถูกสลายตัวด้วยความร้อนเกิดเป็น สารประกอบใหม่มากมาย (สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม, 2549) การเผาถ่านเปลือกหมาก ช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) สารประกอบต่างๆ ย่อมสลายตัวต่างกัน เมื่อเผาถ่านเปลือกหมากด้วยอุณหภูมิสูงขึ้นอาจส่งผลให้ สารประกอบที่สลายตัวที่อุณหภูมิต่ำ และสารที่ระเหยง่าย ระเหยหรือสลายไป ซึ่งส่งผลให้ปริมาณน้ำส้มควันไม้ลดลง ส่วนการเก็บน้ำส้มควันไม้ด้วยอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในการควบแน่นที่ต่างกันจะทำให้ได้ปริมาณน้ำส้มควันไม้ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในการทดลองนี้พบว่าการหล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้องจะได้ปริมาณน้ำส้มควันไม้น้อยกว่าน้ำเย็น เนื่องจากการเก็บน้ำส้มควันไม้ เริ่มเก็บเมื่ออุณหภูมิปากปล่องควันอยู่ระหว่าง 80 – 150 เมื่อกลุ่มควันพุ่งออกมากระทบกับความเย็นของกระบอกไม้ไผ่ที่มีระบบหล่อเย็นทำให้ควันควบแน่นกลายเป็นน้ำส้มควันไม้ เมื่อลดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นให้ต่ำลง จึงเป็นการเพิ่มอัตราเร่งของการควบแน่น ส่งผลให้ อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในการควบแน่นที่ต่างกันจะทำให้ได้ปริมาณน้ำส้มควันไม้ด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง ได้น้อยกว่า น้ำเย็น ซึ่งสอดคล้องกับ ขนิษฐา ทวีการ (2546) ที่กล่าวว่า ในการเก็บน้ำส้มควันไม้ หากต้องการเพิ่มผลผลิตของน้ำส้มควันไม้สามารถทำได้โดยการนำท่อหล่อเย็น ติดตั้งในปล่องดักควันก็จะได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (กิตติกร สาสุจิตต์, 2557)

5.2.2 การศึกษาคุณสมบัติของน้ำส้มควันไม้

5.2.2.1 คุณลักษณะทางกายภาพ ของน้ำส้มควันไม้

1) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

น้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก ที่ได้จากกระบวนการผลิต ก่อนนำมาทำให้บริสุทธิ์ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 3.24-3.37 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มควันไม้ (มผช.659/2553) ในการผลิตน้ำส้มควันไม้พบข้อสังเกตว่า เมื่อเผาถ่านเปลือกหมากที่อุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความกรดเป็นด่าง (pH) จะสูงขึ้น (ความเป็นกรดจะลดลง) ทั้งนี้เนื่องจากผลการทดลองนี้พบสารประกอบหลักของน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก คือ Acetic acid และ Phenol ซึ่ง Acetic acid มีความเป็นกรดมากกว่า Phenol จะสลายตัวที่อุณหภูมิต่ำกว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น Phenol ซึ่งมีความเป็นกรดน้อยกว่า Acetic acid สลายตัวมากขึ้น ย่อมส่งผลให้ ความเป็นกรดของน้ำส้มควันไม้ลดลง เมื่อ เผาถ่านเปลือกหมากที่อุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำส้มควันไม้สูงขึ้น

ดังนั้น ผลการทดสอบจึงปรากฏว่า การเผาถ่านเปลือกหมากที่ช่วงอุณหภูมิต่างกันค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำส้มควันไม้ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เมื่อนำน้ำส้มควันไม้ไปทำให้บริสุทธิ์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ควันไม้สูงขึ้น (ความเป็นกรดลดลง) ซึ่งพบว่าวิธีการทำให้บริสุทธิ์ที่ต่างกันทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำส้มควันไม้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในการทดลองนี้ได้นำน้ำส้มควันไม้ไปทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1) การกรองด้วยกรวดและทรายร่วมกับการดูดซับด้วยธูปฤษี, วิธีที่ (2) การเติมอากาศ-ถ่านกัมมันต์ ร่วมกับกรองด้วยกรวดและทราย และ วิธีที่ (3) การทิ้งให้ตกตะกอน 90 วัน เพื่อกำจัดน้ำมันดิน ซึ่งในกระบวนการที่ทำให้บริสุทธิ์ทั้ง 3 วิธี เป็นการนำน้ำส้มควันไม้ ไปผ่านกระบวนการกรอง ดูดซับ และตกตะกอน ย่อมทำให้คุณสมบัติของน้ำส้มควันไม้เปลี่ยนแปลงไป ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติ ของวัสดุที่นำมาใช้ในการให้บริสุทธิ์ ทั้งนี้ การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นด่าง ใช้ในการลดความกรด ทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างเพิ่มขึ้น (สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2558) ต่างกับ การดูดซับด้วยธูปฤษี ซึ่งเป็นวัสดุทางธรรมชาติไม่มีคุณสมบัติในการลดความเป็นกรด จึงไม่ทำให้ค่าเป็นกรดเป็นด่างของน้ำส้มควันไม้เปลี่ยนแปลงมากนัก ซึ่งไม่แตกต่างกับการทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (3) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันทั่วไป ดังนั้น การเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1) จะมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่ำที่สุด เมื่อนำมาทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1) การกรองด้วยกรวดและทรายร่วมกับการดูดซับด้วยธูปฤษี ซึ่งเป็นวัสดุที่ไม่ก่อให้การเปลี่ยนแปลงทางเคมี ไม่ทำให้ค่าเป็นกรดเป็นด่างของน้ำส้มควันไม้เปลี่ยนแปลงมาก คือ เท่ากับ 3.84

2) ค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity)

น้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมากก่อนการทำให้บริสุทธิ์ มีค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) อยู่ในช่วง 0.9653-0.9938 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มควันไม้ (มผช.659/2553) ทั้งนี้เนื่องจาก น้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการควบแน่นจากการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 301-360 °C มีน้ำมันดิน (Tar) สารระเหย (Volatile) และน้ำมันดินที่ละลายน้ำไม่ได้ (Oil Base) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นน้ำมันปนออกมาด้วยโดยมีข้อสังเกตว่า ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 1 ซึ่งเบากว่าน้ำ (ลอยน้ำ) และพบว่า น้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1),(2) และ (3) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยที่เมื่อเผาถ่านเปลือกหมากด้วยอุณหภูมิที่สูงขึ้น ค่าความถ่วงจำเพาะจะสูงขึ้น ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่า การเผาถ่านเปลือกหมากที่อุณหภูมิสูงขึ้นอาจทำให้สารระเหยง่ายที่ปนออกมากับน้ำส้มควันไม้ระเหยออกไปทำให้เหลืออยู่ในน้ำส้มควันไม้น้อยกว่าอุณหภูมิที่ต่ำกว่า ดังนั้นในการเผาถ่านเปลือกหมากแต่ละช่วงอุณหภูมิจึงแตกต่างกัน

เมื่อนำไปผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้สูงขึ้น ผลิตน้ำส้มควันไม้โดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (2) และ (3) ทุกกระบวนการผลิต จะอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ในช่วง 1.0101-1.0176 ส่วนการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1) ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1) ซึ่งอุณหภูมิ เท่ากับ 301-320 °C เป็นช่วงที่อุณหภูมิต่ำที่สุดของกระบวนการ Carbonization การสารประกอบต่างๆเกิดโดยความร้อน ซึ่งอาจยังไม่สมบูรณ์ ทำให้น้ำส้มควันไม้ที่ได้มีความถ่วงจำเพาะต่ำ และพบว่า การทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีต่างกันในทุกกระบวนการผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ

นัยสำคัญ 0.05 เนื่องจากสารต่างๆ ที่มีคุณสมบัติเป็นน้ำมันจะถูกดูดซับโดยธูปฤษี ด้วยวิธีที่ (1), ถ่านกัมมันต์ด้วยวิธีที่ (2) และตกตะกอนแยกชั้นด้วยวิธีที่ (3) ส่งผลให้น้ำส้มควันไม้มีความหนืดมากขึ้น โดยในกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (2) มีการเติมอากาศเพื่อให้ออกซิเจนทำปฏิกิริยากับสารประกอบในน้ำสมควันไม้เกิดปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชั่น (polymerization) เกิดเป็นน้ำมันดิน จากนั้นจึงดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ จึงทำให้กำจัดน้ำมันดินได้ดีกว่า วิธีที่ (1) ที่นำมาดูดซับด้วยธูปฤษี และ วิธีที่ (3) เป็นการทิ้งให้เกิดเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชั่น (polymerization) เกิดเป็นน้ำมันดินและทิ้งให้ตกตะกอน ซึ่งในการทดลองนี้ กระบวนการผลิตที่น้ำส้มควันไม้ถ่วงจำเพาะมากที่สุด คือ การเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (3) และหล่อเย็นด้วยน้ำเย็น จากนั้นนำไปทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (2) เท่ากับ 1.0176

3) ค่าความส่งผ่านของแสงในน้ำส้มควันไม้ (Transmittance)

ค่าความส่งผ่านของแสง (ความใส) ในน้ำส้มควันไม้ ก่อนทำให้บริสุทธิ์ อยู่ในช่วง 5.0 – 43.9 % ซึ่งพบว่า การเผาถ่านเปลือกหมากที่ช่วงอุณหภูมิที่ต่างกัน ในทุกกระบวนการผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในการทดลองครั้งนี้ได้เก็บน้ำส้มควันไม้จากการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) ซึ่งอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 301-360 °C สีของน้ำส้มควันไม้จะแตกต่างกันไปตามสารประกอบที่สลายตัวออกมาแต่ละช่วงอุณหภูมิ ซึ่งในการการเผาถ่านในช่วงที่ไม้ กำลังเปลี่ยนเป็นถ่าน (Carbonization) อุณหภูมิในเตาอยู่ระหว่าง 300 – 400 °c สารประกอบต่าง ๆ ในไม้จะถูกสลายตัวด้วยความร้อนเกิดเป็นสารประกอบใหม่มากมาย ที่สลายตัวออกมาในแต่อุณหภูมิ (เทคโนโลยีเกษตรแนวใหม่, 2546) การเก็บน้ำส้มควันไม้ในแต่ละช่วงอุณหภูมิสีของควันที่ดักเก็บจะไม่เหมือนกัน มีตั้งแต่ น้ำตาลปนเทา จนถึงน้ำตาลปนขาว (สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม, 2550) ดังนั้น การเก็บน้ำส้มควันไม้ช่วงอุณหภูมิ ต่างกัน จะได้ ปริมาณสารต่างๆ ความเข้มข้น ตลอดจนสารแขวนลอย ต่างกัน ย่อมทำให้ความใส ของน้ำส้มควันไม้ต่างกัน

เมื่อนำไปผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ค่าความส่งผ่านของแสง (%T) จะมากขึ้น (ใสมากขึ้น) เนื่องจากการนำน้ำส้มควันไม้ไปผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ สารต่างๆ น้ำมันเบาและน้ำมันดิน ที่ปนอยู่ในน้ำส้มควันไม้ จะถูกกำจัดด้วย การกรองด้วยกรวดและทราย เพื่อการกักตะกอนสารแขวนลอย และดูดซับ ด้วยธูปฤษีซึ่งวัสดุทางธรรมชาติเป็นตัวดูดซับน้ำมันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในวิธีที่ (1), มีการเติมอากาศเพื่อให้ออกซิเจนทำปฏิกิริยากับสารประกอบในน้ำสมควันไม้เกิดปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชั่น (polymerization) เกิดเป็นน้ำมันดิน จากนั้นจึงดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ แล้วกรองด้วยกรวดและทราย และ ทิ้งให้เกิดเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชั่น (polymerization) เกิดเป็นน้ำมันดินและทิ้งให้ตกตะกอน ในวิธีที่ (3) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมทำโดยทั่วไป เมื่อสารต่างๆ และน้ำมันดินถูกกำจัดไปทำให้ ค่าความส่งผ่านของแสง (%T) มากขึ้น และแตกต่างกันตามวิธีการกำจัดน้ำมันดิน โดย วิธีการที่ค่าความส่งผ่านของแสง (%T) มากที่สุด คือ วิธีที่ (3) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมทำโดยทั่วไป ซึ่งกระบวนการผลิตที่มีค่าความส่งผ่านของแสงมากที่สุดคือ การเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1) และ หล่อเย็นด้วยน้ำเย็นจากนั้นนำไปทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (3) เท่ากับ เท่ากับ 75.2 % แต่อย่างไรก็ตามผลการทดสอบทางสถิติพบว่า ค่าความส่งผ่านของแสงของน้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1) กับวิธีที่ (3) ไม่แตกต่างกัน หากต้องการลดระยะเวลาในการำให้น้ำส้มควันไม้ใสขึ้น สามารถเลือกใช้วิธีการที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1)ได้เช่นกัน

4) การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ

คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้ก่อน และ การทำให้บริสุทธิ์ โดยรวมยังไม่ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มควันไม้ (มผช.659/2553) แม้ว่าการนำน้ำส้มควันไม้ไปทำให้บริสุทธิ์ทั้ง 3 วิธี จะทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะ (ความหนืด) และค่าความส่งผ่านของแสง (ความใส) สูงขึ้น โดยที่ในกระบวนการผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (2) และ (3) ทั้งหล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้องและน้ำเย็นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานก็ตาม ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ก็สูงเพิ่มขึ้นจากกระบวนการทำให้บริสุทธิ์เช่นกัน ทั้งนี้น้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมากที่คุณสมบัติใกล้เคียงกับมาตรฐานมากที่สุด มีค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และมีความใสมากกว่ากระบวนการผลิตอื่นๆ ในช่วงอุณหภูมิเดียวกัน และได้บริมาณน้ำส้มควันไม้รองลงมาจากการผลิตในช่วงอุณหภูมิที่ (1) คือ การผลิตโดยการเผ่าถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (2) หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (3) มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3.96 ค่าความถ่วงจำเพาะ เท่ากับ 1.0115 และค่าความส่งผ่านของแสง (%T) เท่ากับ 59.8 % และอัตราการผลิต เท่ากับ 4.10 % v/w ซึ่งสอดคล้องกับ ลือพงษ์ ลือนาม, (2556) การวิจัยเตาผลิตถ่าน และน้ำส้มควันไม้จากเปลือกมังคุดที่เหลือทิ้ง พบว่า คุณภาพของน้ำส้มควันไม้จากเปลือกมังคุดเมื่อเก็บไว้นานเกิน 60 วัน จะมีค่าความเป็นกรด - ด่างเฉลี่ย 4.56 มีค่าความถ่วงจำเพาะ 1.020 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำส้มควันไม้ดิบมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มควันไม้ดิบ ทั้งนี้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑชุมชน (มผช. 659/2553) นี้ครอบคลุมเฉพาะน้ำส้มควันไมที่ใชทั่วไปทางดานเกษตรกรรม ไมครอบคุลมน้ำสมควันไมที่ใชเปนสารกำจัดศัตรูพืช ใชในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง อุตสาหกรรม อาหารสัตว และอุตสาหกรรมยา (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2553) จึงต้องมีการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของน้ำส้มควันไม้เพื่อใช้ประโยชน์ เป็นสารกำจัดศัตรูพืช หรือในอุตสาหกรรมทดแทนการใช้สารเคมี เช่นเดียวกับ ผลการศึกษาน้ำส้มควันไม้ 5 ชนิด คือ น้ำส้มควันไม้จากกระท้อนมะขามเทศ มะม่วง ลิ้นจี่ และพืชหลายชนิดรวมกัน พบว่า น้ำส้มควันไม้แต่ละชนิดมีสีแตกต่างกัน ตั้งแต่สีน้ำตาลอ่อนออกเหลืองจนถึงสีน้ำตาลเข้ม ค่าความเป็นกรด - ด่างมีค่าตั้งแต่ 2.86 ถึง 3.69 และมีค่าความถ่วงจำเพาะตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์น้ำส้มควันไม้ชุมชน (มผช.659/2547) คือ ไม่น้อยกว่า 1.005 สามารถนำองค์ประกอบในส่วนที่เป็นน้ำส้มควันไม้ ไม่รวมน้ำมันเบา และน้ำมันทาร์ ในมาใช้ประโยชน์ในการไล่แมลงสาบได้ (ทศพร คมกริช และอัญชลี สวาสดิ์ธรรม, 2555)

5.2.2.2 คุณลักษณะทางเคมีของน้ำส้มควันไม้

สารประกอบหลักที่พบในน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก ประกอบด้วยสารกลุ่ม Organic acid, Phenol compound, Alcohol, Carbonyl compound และ Basic ingredients รวมถึง 22 ชนิด ที่เสริมฤทธิ์กัน สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในด้าน การเกษตร ปศุสัตว์ สิ่งแวดล้อมได้ดีเช่นเดียวกันกับสารเคมี แต่ที่ดีกว่าสารเคมี คือ ไม่มีสารพิษตกค้างและก่อให้เกิดอันตรายแก่มนุษย์

สัตว์ และสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการทำเกษตรอินทรีย์ ซึ่งต้องมีระบบการผลิตที่ปลอดภัยจากสารเคมีสูงทั้งต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค สารประกอบหลักๆ ในน้ำส้มควันไม้สามารถนำไปช่วยให้การทำเกษตรกรรมประสบความสำเร็จ ไม่มีโรคพืช และแมลงรบกวน ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบของน้ำส้มควันไม้

ในน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก มีสารกลุ่ม Organic acid เป็นสารกลุ่มออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรคเชื้อรา แบคทีเรีย และไวรัส และ Phenol compound เป็นสารในกลุ่มการควบคุมการเจริญเติบโตของพืช และ มีคุณสมบัติเป็นสารต้านเชื้อรา เชื้อแบคทีเรียเป็นองค์ประกอบหลัก โดย พบสารประกอบกลุ่ม Phenol compound มากที่สุด 63.87 % ซึ่งมีปริมาณPhenol ถึง 11.49 mg/ml ในน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (3) และ หล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้องจากนั้นนำไปทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (2) และพบสารประกอบกลุ่ม Organic acid มากที่สุด 46.85 % มีปริมาณAcetic acid ถึง 11.72 mg/ml ในน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1)หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1)ซึ่งในทุกกระบวนการผลิต พบสารเคมีที่เป็นสารประกอบหลักในน้ำส้มในน้ำส้มควันไม้ คือ Acetic acid และ Phenol ซึ่งสอดคล้องกับ พนิดา สุมาณตระกูล และคณะ (2555) ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพเตาเผาเพื่อผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้จากไม้ไผ่ตงลืมแล้ง พบว่า องค์ประกอบของน้ำส้มควันไม้ ที่ผลิตได้ พบว่า มีกรดอะซิติก และสารประกอบฟินอลเป็นหลัก ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง และนิลุบล นุ่มสกุล (2551) พบว่า น้ำส้มควันไม้ หลังทำให้บริสุทธิ์ ซึ่งมี Acetic acid 53.32% มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา กลุ่ม *Pythium* sp. ที่ก่อโรคกับไม้ผลยืนต้น และ วิลาสินี แสงนาค (2553) พบว่า น้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัสและสะเดา ที่มีความเข้มข้นตั้งแต่ 2 % (v/v) ขึ้นไปสามารถยับยั้งการเจริญเติบโต ของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ได้ 2 % เชื้อรา โดยได้สรุปว่า น้ำสมควันไม้ยูคาลิปตัส มีศักยภาพในการควบคุมโรคโรคแอนแทรคโนสในผลมะม่วง

อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก และอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ที่ต่างกัน ทุกกระบวนการผลิต จะได้ปริมาณ Acetic acid และ Phenol แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งในการเผาถ่านเปลือกหมากที่ช่วงอุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาณ Acetic acid จะลดลง แต่ phenol จะมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากมวลโมเลกุลของ Acetic acid น้อยกว่า Phenol จึงสลายตัว และควบแน่นได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ ส่วน Phenol มีมวลโมเลกุลมากว่า จึงใช้อุณหภูมิสูงกว่าในการสลายตัว ซึ่งผลจากวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS โครมาโทแกรมที่แสดง retention time องค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก ได้แสดงเวลาที่ Acetic acid เคลื่อนตัวผ่านคอลัมภ์ ในนาทีที่ 13.16 ซึ่งก่อน Phenol ที่เคลื่อนตัวผ่านคอลัมภ์ ในนาทีที่ 26.26 ดังนั้น Acetic acid ที่สลายตัวออกมาก่อน มีจุดเดือด 118.1 ℃ จากการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิ 301-360 ℃ อาจส่งผลให้ Acetic acid ระเหยหรือสลายไปขณะที่เผาถ่าน ส่งผลให้เมื่อเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่สูงขึ้น ปริมาณAcetic acid จะน้อยลง และ น้อยกว่า Phenol ที่การ

สลายตัวช้ากว่า ส่วนอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ด้วยน้ำเย็น จะได้ปริมาณ Acetic acid มากกว่า น้ำอุณหภูมิห้อง ตรงกันข้ามกับ ปริมาณ Phenol ที่หล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้องมากกว่าน้ำเย็น ทั้งนี้เนื่องจากลดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น เป็นการเพิ่มอัตราเร่งในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ซึ่งทำให้ลดการสูญเสีย Acetic acid จากการระเหยไป

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัยในการนำไปใช้ประโยชน์

5.3.1.1 การผลิตเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ น้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมากมีคุณสมบัติไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มควันไม้ (มผช.659/2553) ซึ่งมีขอบข่ายให้ใช้เพื่อการเกษตรเท่านั้น แต่สามารถนำคุณสมบัติทางเคมี ที่มีสารประกอบ Organic Acid สามารถนำไปใช้แทนสารเคมีในการ กำจัดเชื้อโรค เชื้อรา แบคทีเรีย และไวรัส ของพืชได้ และกลุ่ม Phenol compound โดยเฉพาะ Phenol สามารถนำไปใช้ในประโยชน์ ในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืชและมีการนำไปใช้อย่างแพร่หลาย ในอุตสาหกรรม เป็นสารเคมีทางการเกษตร อุตสหกรมการผลิตยาและน้ำยาทำความสะอาด

5.3.1.2 น้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในประโยชน์ ในการกำจัดเชื้อเชื้อโรค เชื้อรา แบคทีเรีย และไวรัส เนื่องจากมีองค์ประกอบของ Acetic adcid และ Phenol ก่อนนำไปใช้ประโยชน์ ก่อนที่จะนำไปใช้ควรจะนำมาเจือจางให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน

5.3.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

5.3.2.1 ศึกษาการนำน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมากไปใช้ประโยชน์ เช่น ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา แบคทีเรีย ที่ก่อโรคในพืช หรือ ศึกษาประสิทธิภาพการลดกลิ่นในลานรับซื้อยางพาราซึ่งเป็นปัญหาในพื้นที่

5.3.2.2 ในการทดลองการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ เพื่อให้เห็นแนวโน้มในการเพิ่มอัตราการผลิต ควรเพิ่มช่วงอุณหภูมิน้ำในการหล่อเย็นให้มี 3 ระดับ และออกแบบการทดลองให้สามารถลดอุณหภูมิน้ำในการหล่อเย็นจนถึง 0°C

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรมควบคุมมลพิษ. (2547). *การจัดการมูลฝอยชุมชนอย่างครบวงจร*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

กรมพลังงานทดแทนและการอนุรักษ์พลังงาน. (2550). *การผลิตน้ำส้มควันไม้คุณภาพสูง*. กรุงเทพฯ: กระทรวงพลังงาน.

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2542). *การจัดการมูลฝอย*. กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กิตติกร สาสุจิตต์. (2557). การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์น้ำส้มควันไม้เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ ชุมชนของศูนย์เรียนรู้ การเกษตรพอเพียงบ้านหนองไซ ตำบลป่าสัก จังหวัดลำพูน. *วารสารพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต*, 2(2), 125–132.

กิติชัย รักตะนิษฐ์. (2558). ทางเลือกในการกำจัดขยะอินทรีย์ โดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพในประเทศไทย. *รัฐธุราภิรักษ์*, *57*(1), 68–81.

ขนิษฐา ทวีการ. (2546). *ถ่านไม้และน้ำส้มควันไม้*. กรุงเทพฯ: เกษตรธรรมชาติ.

จิระพงษ์ คูหากาญจ์. (2552). *การผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้.* พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ออฟเซ็ทคีเอชั่น.

จิระศักดิ์ ผุยมูลตรี. (2548). เทคนิคการผลิตถ่าน. *วารสารเกษตรกรรมธรรมชาติ,* (6), 21–34.

ชูชาติ จิตรานุสรณ์. (2544). *เครื่องมือวิทยาศาสตร์.* พิมพ์ครั้งที่ 4. ขอนแก่น: คลังนานาวิทยา.

ทศพร คมกริช และ อัญชลี สวาสดิ์ธรรม. (2555). ประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้จากกระท้อน มะขามเทศ มะม่วง และลิ้นจี่ ต่อการไล่แมลงสาบอเมริกัน (Periplanetaamericana L.). *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ*, 15(3), 190–199.

ทิพย์วรรณ ช่วยทอง. (2557). สมบัติของถ่านจากเปลืองหมาก. *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ*, 13(3), 68–75.

นิลุบล นุ่มสกุล. (2551). การทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์โดยวิธีเติมอากาศร่วมกับถ่านกัมมันต์. *วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง*, *17*(2), 93–103.

ปริญญา นูวบุตร. (2558). ถ่านและน้ำส้มควันไม้จากการคาร์บอไนเซชัน ของเปลือกไม้และเปลือกผลไม้. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 35(5), 519-524.

ปรีดา แย้มเจริญวงศ์. (2532). การจัดการขยะมูลฝอย. ขอนแก่น: คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พนิดา สุมาณตระกูล, จตุพร แก้วอ่อน และปริชาติ เทพองพลากร บุญใส. (2555). *การเพิ่มประสิทธิภาพเตาเผาเพื่อผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้จากไม้ ไผ่ตงลืมแล้ง*. รายงานการวิจัย. สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ.

พุฒินันท์ พึ่งวงศ์ญาติ. (2547). *ถ่านไม้และน้ำส้มควันไม้*. นครราชสีมา: ชมรมสวนป่า ผลิตภัณฑ์และพลังงานจากไม้.

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. (2558). *Gas Chromatograph-Mass Spectrometer (GCMS).* Retrieved October 22, 2558, from www.env.eng.chula.ac.th/?q=content/gas-chromatograph-mass-spectrometer-gcms%0D.

เมดไทย. (2558). *หมาก*. Retrieved October 22, 2558, from https://medthai.com/หมาก/.

ลือพงษ์ ลือนาม. (2556). เตาผลิตถ่าน และน้ำส้มควันไม้จากเปลือกมังคุดที่เหลือทิ้ง. Retrieved October 22, 2558, from http://www.repository.rmutt.ac.th/xmlui/ handle/ 123456789/1810

วิไลจิตร ศรีจันโท. (2555). *การทำให้น้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีการกรองร่วมกับการดูดซับด้วยวัสดุจากธรรมชาติ*. รายงานการวิจัย. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

วิสุทธิ์ กังวานตระกูล. (2558). *ปฏิบัติการเคมีคลินิก*. Retrieved October 22, 2558, from https://home.kku.ac.th/wiskun/book/05Photometry_WK.pdf%0D.

ศุภลักษณ์ แป้นเพชร และ สมพิศ เดชทอง. (2551). *ผลของกรดควันไม้ (Pyroligneous acid) ที่ได้จากไม้ยูคาลิปตัสสำหรับปราบหอยเชอรี่*. รายงานการวิจัย. นครสวรรค์: สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย. (2558). *ฐานความรู้เรื่องความปลอดภัยด้านสารเคมี*. Retrieved October 22, 2558, from www.chemtrack.org.

ศูนย์ระบาดวิทยา สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดชัยภูมิ. (2559). *รายงานการเฝ้าระวังทางระบาดวิทยา ปี 2558*. ชัยภูมิ: สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดชัยภูมิ.

สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม. (2549). *คู่มือเตาเผาถ่าน 200 ลิตร*. กรุงเทพฯ: พิฆเณศ พริ้นติ้ง เซนเตอร์.

สัจจะ ประสงค์รัพย์. (2555). *ฐานข้อมูลพันธุกรรมพืช*. Retrieved October 22, 2558, from http://hort.ezathai.org/?p=17.

สำนักงานเกษตรจังหวัดฉะเชิงเทรา. (2555). *หมาก*. Retrieved October 22, 2558, from http://www.chachoengsao.doae.go.th/%0Aecoplants/mak.html%0A.

สำนักงานเกษตรอำเภอคอนสาร. (2558). *รายงานสรุปข้อมูลการผลิตพืชอำเภอคอนสาร*. ชัยภูมิ: สำนักงานเกษตรอำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2553). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มควันไม้*. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.

สำนักงานสาธารณสุขอำเภอคอนสาร. (2560). *ผลการดำเนินงานจัดบริการอาชีวอนามัยในหนวยบริการปฐมภูมิอำเภอคอนสาร*. รายงานการวิจัย. ชัยภูมิ: สำนักงานสาธารณสุขอำเภอคอนสาร.

สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. (2558). *น้ำส้มควันไม้*. Retrieved October 22, 2558, from http://research.rae.mju.ac.th/.

สุชาดา อินทะศรี. (2549). *การศึกษาการใช้น้ำส้มควันไม้เพื่อเกษตรกรรม อินทรีย์*. รายงานการวิจัย. กรุงเทพฯ: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน.

สุบรรณ์ ทุมมา. (2551). *อิทธิผลของน้ำส้มควันไม้ ต่อปริมาณเพลี้ยจักจั่นทำลายช่อดอก อัตราส่วนคาร์โบไฮเดรต ต่อไนโตรเจนในใบ และคุณภาพผลผลิตมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์*. รายงานการวิจัย. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุพรชัย มั่งมีสิธิ์. (2551). *คู่มือการผลิตถ่านคุณภาพสูงและน้ำส้มควันไม้เพื่อใช้ในครัวเรือน*. นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

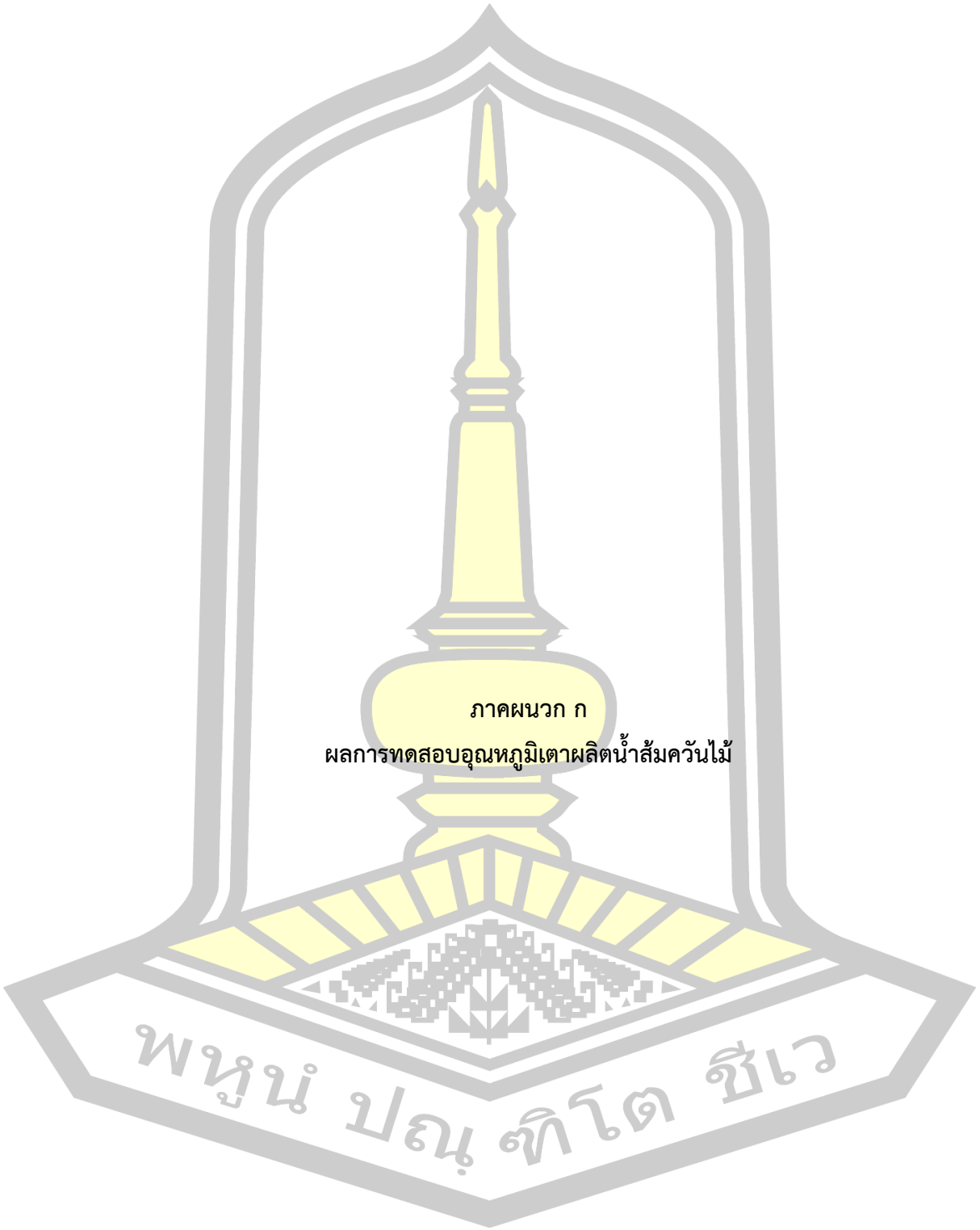
Budy Rahmat, Dwi Pangesti, Dedi Natawijaya and Dedi Sufyadi. (2014). Generation of Wood-waste Vinegar and Its Effectiveness as a Plant Growth Regulator and Pest Insect Repellent. *BioResources, 9*(4), 6350–6360.

Jahangir Payamara. (2011). Usage of Wood Vinegar as New Organic Substance. *ChemTech Research*, *3*(3), 1658–1662.

Lee S.H., H`ng P.S., Lee A.N., Sajap A.S., Tey B.T. and Salmiah U. (2010). Production of Pyroligneous Acid from Lignocellulosic Biomass and their Effectiveness Against Biological Attacks. *Applied Sciences*, *10*(20), 2440–2446.

Zhang Rui, Dai Wei, Yao Zhibin, Zhao Chao and An Xiaojuan. (2014). Effects of Wood Vinegar on the Soil Microbial Characteristics. *Chemical and Pharmaceutical Research*, *6*(3), 1254–1260.

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

ผลการทดสอบอุณหภูมิเตาผลิตน้ำส้มควันไม้

ตารางที่ 13 อุณหภูมิเตาและระยะเวลาในเผาถ่านจำแนกตามตามอุณหภูมิหน้าเตา หลังเตา และปากปล่อง ของเตาเผาถ่านเตาที่ 1

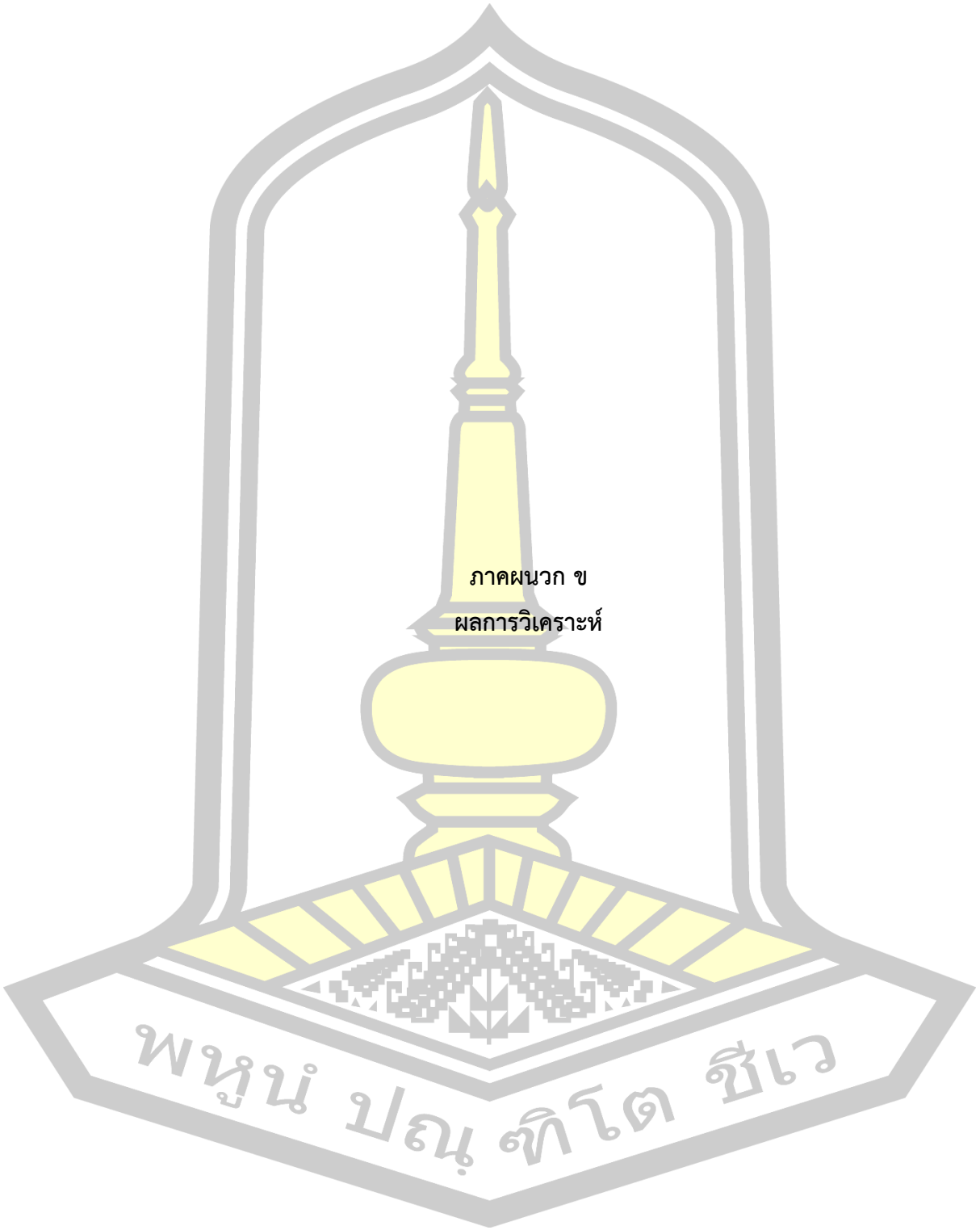
ระยะเวลา (นาที)	อุณหภูมิเตา		อุณหภูมิเตาเฉลี่ย (°C)	อุณหภูมิปากปล่อง (°C)	หมายเหตุ
	อุณหภูมิหน้าเตา (°C)	อุณหภูมิหลังเตา (°C)			
0	28.4	28.4	28.4	28.4	เริ่มจุดไฟหน้าเตา
30	31.2	29.2	30.2	28.4	
60	72.9	65.4	69.15	30.2	
90	147.6	121.4	134.5	37.9	
120	175.3	162.8	169.05	45.4	
150	198.3	187.4	192.85	49.7	
180	232.5	220.4	226.45	57.8	
210	257.4	245.1	251.25	69.6	
240	272.8	269.1	270.95	81.4	ควันบ้าพุ่งออกมา
270	303.4	299.7	301.55	83.4	เตาติด หยุดป้อนเชื้อเพลิง
300	327.7	320.9	324.3	85.5	ปิดหน้าเตา ควันเป็นสีขาวอมเหลือง
330	344.2	337.5	340.85	89.4	เก็บน้ำส้ม (ขั้นตอนไม้กลายเป็นถ่าน)
360	355.7	347.6	351.65	97.7	ควันน้ำตาลปนเทา ของเหลวเป็นสีน้ำตาล
390	362.1	356.3	359.2	106.9	
420	377.6	370.8	374.2	117.4	
450	384.3	374.1	379.2	126.3	สีน้ำส้มเข้มขึ้น
480	390.5	380.8	385.65	137.7	สีน้ำส้มเข้มขึ้น
510	404.2	395.7	399.95	148.2	หยุดเก็บ ควันน้ำตาลปนขาว (หยุดเก็บ)
540	453.4	440.2	446.8	-	ควันสีขาวปนน้ำเงิน
570	502.3	478.6	490.45	-	ควันเป็นสีน้ำเงิน
600	556.3	547.1	551.7	-	ปิดเตา ควันใส
630	-	-	-	-	
660	-	-	-	-	

ตารางที่ 14 อุณหภูมิเตาและระยะเวลาในเผาถ่านจำแนกตามตามอุณหภูมิหน้าเตา หลังเตา และปากปล่องของเตาเผาถ่านเตาที่ (2)

ระยะเวลา (นาที)	อุณหภูมิเตา		อุณหภูมิเตาเฉลี่ย (°C)	อุณหภูมิปากปล่อง (°C)	หมายเหตุ
	อุณหภูมิหน้าเตา (°C)	อุณหภูมิหลังเตา (°C)			
0	28.4	28.4	28.4	28.4	เริ่มจุดไฟหน้าเตา
30	30.5	29.2	29.85	28.4	
60	75.1	63.4	69.25	31.2	
90	149.3	124.7	137	39.2	
120	178.2	164.7	171.45	47.4	
150	197.1	189.9	193.5	50.2	
180	234.5	222.4	228.45	58.9	
210	259.4	246.1	252.75	69.7	
240	275.8	270.1	272.95	79.8	ควันบ้าพุ่งออกมา
270	305.7	304.6	305.15	82.1	เตาติด หยุดป้อนเชื้อเพลิง
300	329.6	324.3	326.95	85.1	ปิดหน้าเตา ควันเป็นสีขาวอมเหลือง
330	347.1	339.8	343.45	91.4	เก็บน้ำส้ม (ขั้นตอนไม้กลายเป็นถ่าน)
360	358.7	349.3	354	98.3	ควันน้ำตาลปนเทา ของเหลวเป็นสีน้ำตาล
390	365.1	359.8	362.45	107.4	
420	380.6	374.8	377.7	120.1	
450	387.3	377.1	382.2	129.3	สีน้ำส้มเข้มขึ้น
480	394.5	385.8	390.15	137.5	สีน้ำส้มเข้มขึ้น
510	407.2	399.7	403.45	150.3	หยุดเก็บ ควันน้ำตาลปนขาว (หยุดเก็บ)
540	457.6	442.4	450		ควันสีขาวปนน้ำเงิน
570	501.3	480.5	490.9		ควันเป็นสีน้ำเงิน
600	559.7	551.3	555.5		ปิดเตา ควันใส
630	-	-	-	-	
660	-	-	-	-	

ตารางที่ 15 อุณหภูมิเตาและระยะเวลาในเผาถ่านจำแนกตามตามอุณหภูมิหน้าเตา หลังเตา และปากปล่อง ของเตาเผาถ่านเตาที่ (3)

ระยะเวลา (นาที)	อุณหภูมิเตา		อุณหภูมิเตาเฉลี่ย (°C)	อุณหภูมิปากปล่อง (°C)	หมายเหตุ
	อุณหภูมิหน้าเตา (°C)	อุณหภูมิหลังเตา (°C)			
0	28.4	28.4	28.4	28.4	เริ่มจุดไฟหน้าเตา
30	31.5	28.9	30.2	28.4	
60	89.7	77.4	83.55	32.7	
90	149.3	124.7	137	39.2	
120	178.2	164.7	171.45	46.9	
150	197.1	189.9	193.5	51.2	
180	234.5	222.4	228.45	57.4	
210	259.4	246.1	252.75	68.6	
240	275.8	270.1	272.95	77.9	ควันบ้าพุ่งออกมา
270	305.7	304.6	305.15	81.1	เตาติด หยุดป้อนเชื้อเพลิง
300	329.6	315.3	322.45	82.5	ปิดหน้าเตา ควันเป็นสีขาวอมเหลือง
330	344.1	337.8	340.95	90.3	เก็บน้ำส้ม (ขั้นตอนไม้กลายเป็นถ่าน)
360	354.2	345.7	349.95	96.2	ควันน้ำตาลปนเทา ของเหลวเป็นสีน้ำตาล
390	360.1	352.8	356.45	105.8	
420	377.6	370.8	374.2	114.5	
450	386.3	375.3	380.8	129.7	สีน้ำส้มเข้มขึ้น
480	392.5	381.7	387.1	141.3	สีน้ำส้มเข้มขึ้น
510	405.2	397.5	401.35	149.1	หยุดเก็บ ควันน้ำตาลปนขาว (หยุดเก็บ)
540	455.7	440.6	448.15		ควันสีขาวปนน้ำเงิน
570	504.6	491.2	497.9		ควันเป็นสีน้ำเงิน
600	549.7	541.3	545.5		ปิดเตา ควันใส
630					
660					



ภาคผนวก ข

ผลการวิเคราะห์

การหาปริมาณน้ำส้มควันไม้ และถ่าน จากเปลือกหมากที่ได้จากกระบวนการผลิต

ตารางที่ 16 ปริมาณน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมากที่ได้จากกระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้			ปริมาณน้ำส้มควันไม้ (ml) จากเปลือกหมาก 20 Kg	Mean	SD.	อัตราการผลิต w/v (%)	Mean	SD.
อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	ตัวอย่างที่						
ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	น้ำอุณหภูมิห้อง	1	772	768.66	17.24	3.86	3.73	0.79
		2	750			3.75		
		3	784			3.92		
	น้ำเย็น	1	956	984.33	25.38	4.78	4.92	0.13
		2	992			4.96		
		3	1005			5.03		
ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	น้ำอุณหภูมิห้อง	1	684	677.33	17.01	3.42	3.39	0.35
		2	658			3.29		
		3	690			3.45		
	น้ำเย็น	1	784	882.00	9.17	4.40	4.10	0.05
		2	880			4.37		
		3	892			4.46		
ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	น้ำอุณหภูมิห้อง	1	530	534.66	11.71	2.65	2.67	0.06
		2	526			2.63		
		3	548			2.74		
	น้ำเย็น	1	622	630.00	8.00	3.11	3.15	0.04
		2	638			3.19		
		3	630			3.15		

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

คุณลักษณะทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้

ตารางที่ 17 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก

กระบวนการผลิตถ่าน			น้ำส้มควันไม้ก่อนการกำจัดน้ำมันดิน			วิธีการทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์								
อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	ตัวอย่างที่				วิธีที่ (1)			วิธีที่ (2)			วิธีที่ (3)		
			pH	Mean	SD.	pH	Mean	SD.	pH	Mean	SD.	pH	Mean	SD.
ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	น้ำอุณหภูมิห้อง	1	3.22	3.24	0.02	3.86	3.89	0.025	4.00	3.99	0.006	3.86	3.86	0.006
		2	3.24			3.89			3.99			3.86		
		3	3.27			3.91			3.99			3.87		
	น้ำเย็น	1	3.20	3.23	0.03	3.83	3.84	0.010	3.99	3.99	0.010	3.86	3.85	0.006
		2	3.24			3.85			3.98			3.85		
		3	3.26			3.84			4.00			3.85		
ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	น้ำอุณหภูมิห้อง	1	3.28	3.27	0.00	4.01	4.00	0.020	4.04	4.04	0.010	3.95	3.95	0.006
		2	3.28			4.02			4.05			3.96		
		3	3.27			3.98			4.03			3.95		
	น้ำเย็น	1	3.29	3.29	0.00	4.01	4.02	0.012	4.03	4.04	0.011	3.97	3.96	0.06
		2	3.28			4.01			4.05			3.96		
		3	3.29			4.03			4.05			3.96		

ตารางที่ 17 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก (ต่อ)

กระบวนการผลิตถ่าน			น้ำส้มควันไม้ก่อนการกำจัดน้ำมันดิน			วิธีการทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์								
						วิธีที่ (1)			วิธีที่ (2)			วิธีที่ (3)		
อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	ตัวอย่างที่	pH	Mean	SD.	pH	Mean	SD.	pH	Mean	SD.	pH	Mean	SD.
ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	น้ำอุณหภูมิห้อง	1	3.36	3.37	0.00	4.03	4.03	0.006	4.07	4.08	0.012	4.03	4.03	0.006
		2	3.37			4.04			4.07			4.04		
		3	3.37			4.03			4.09			4.03		
	น้ำเย็น	1	3.35	3.35	0.00	4.02	4.02	0.005	4.06	4.08	0.017	3.97	3.98	0.012
		2	3.35			4.02			4.09			3.99		
		3	3.36			4.03			4.09			3.99		

ตารางที่ 18 ค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ของน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก

กระบวนการผลิตถ่าน			น้ำส้มควันไม้ก่อนการกำจัดน้ำมันดิน			วิธีการทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์								
						วิธีที่ (1)			วิธีที่ (2)			วิธีที่ (3)		
อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก	อุณหภูมิหล่อเย็น	ตัวอย่างที่	SG	Mean	SD.	SG	Mean	SD.	SG	Mean	SD.	SG	Mean	SD.
ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	น้ำอุณหภูมิห้อง	1	0.96808	0.9680	0.0001	1.00814	1.0082	0.0001	1.00924	1.0093	0.00	1.00705	1.0071	0.0001
		2	0.96801			1.00809			1.00927			1.00714		
		3	0.96792			1.00839			1.00929			1.00708		
	น้ำเย็น	1	0.96534	0.9653	0.0001	1.00863	1.0086	0.0002	1.00927	1.0092	0.00	1.00856	1.0086	0.0001
		2	0.96536			1.00861			1.00922			1.00858		
		3	0.96534			1.00865			1.00925			1.00862		
ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	น้ำอุณหภูมิห้อง	1	0.97562	0.9756	0.0001	1.01012	1.0102	0.0001	1.01375	1.0138	0.00	1.01001	1.0101	0.0001
		2	0 .97552			1.01018			1.01382			1.00999		
		3	0 .97562			1.01016			1.01376			1.0102		
	น้ำเย็น	1	0.98497	0.9850	0.0001	1.01108	1.0111	0.0001	1.01537	1.0154	0.00	1.01152	1.0115	0.0001
		2	0.98499			1.01108			1.01532			1.01149		
		3	0.98497			1.01103			1.01543			1.01157		

ตารางที่ 18 ค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ของน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก

กระบวนการผลิตถ่าน			น้ำส้มควันไม้ก่อนการกำจัดน้ำมันดิน			วิธีการทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์								
						วิธีที่ (1)			วิธีที่ (2)			วิธีที่ (3)		
อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก	อุณหภูมิหล่อเย็น	ตัวอย่างที่	SG	Mean	SD.	SG	Mean	SD.	SG	Mean	SD.	SG	Mean	SD.
ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	น้ำอุณหภูมิห้อง	1	0.98544	0.9854	0.0001	1.01525	1.0153	0.0002	1.01736	1.0173	0.00	1.01103	1.0110	0.0001
		2	0.98542			1.01527			1.01738			1.01106		
		3	0.98542			1.01525			1.01735			1.01098		
	น้ำเย็น	1	0.99384	0.9938	0.0001	1.01752	1.0175	0.0003	1.01768	1.0176	0.00	1.01156	1.0116	0.0001
		2	0.99379			1.01757			1.01759			1.01164		
		3	0 .99377			1.01751			1.01751			1.01168		

ตารางที่ 19 ค่าความส่งผ่านของแสง (transmittance) ของน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก

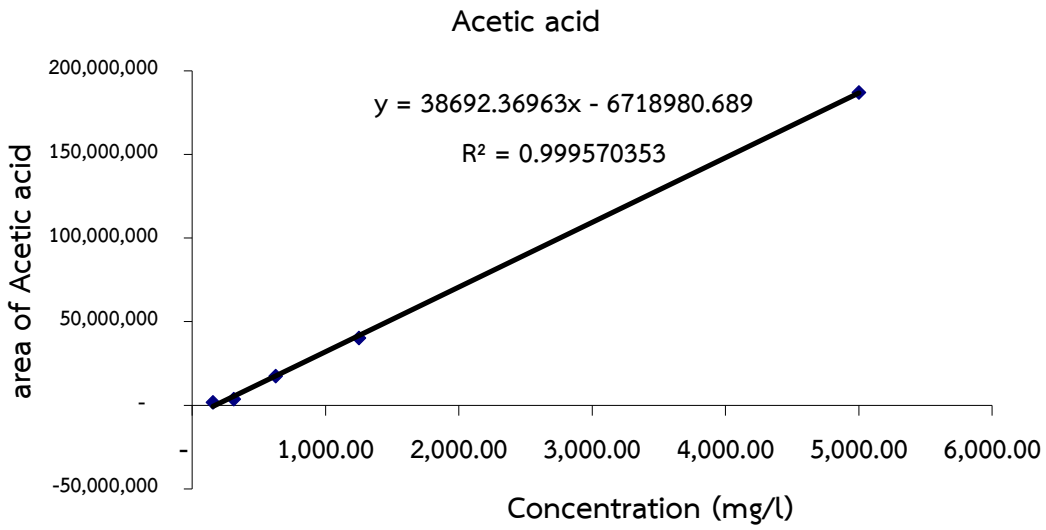
กระบวนการผลิตถ่าน			น้ำส้มควันไม้ก่อนการกำจัดน้ำมันดิน			วิธีการทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์								
						วิธีที่ (1)			วิธีที่ (2)			วิธีที่ (3)		
อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	ตัวอย่าง	%T	Mea	SD.	%T	Mean	SD.	%T	Mean	SD.	%T	Mean	SD.
ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	น้ำอุณหภูมิห้อง	1	44.4	43.9	0.06	71.9	72.4	0.46	55.8	55.9	0.17	75.5	75.2	0.74
		2	43.7			72.7			56.1			75.8		
		3	43.5			72.7			55.8			74.4		
	น้ำเย็น	1	43.0	42.9	0.06	70.4	071.7	1.10	59.2	59.4	0.15	73.7	74.7	0.95
		2	42.9			72.2			59.5			75.6		
		3	42.9			72.4			59.4			74.8		
ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	น้ำอุณหภูมิห้อง	1	13.3	12.6	1.15	58.7	59.0	0.26	51.0	51.3	0.26	61.5	61.2	0.29
		2	11.3			59.2			51.5			61.0		
		3	13.3			59.1			51.4			61.0		
	น้ำเย็น	1	10.8	10.8	0.00	54.4	54.5	0.06	52.2	52.3	0.10	60.1	59.8	0.36
		2	10.8			54.5			52.3			59.4		
		3	10.8			54.5			52.4			59.9		

ตารางที่ 19 ค่าความส่งผ่านของแสง (transmittance) ของน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก

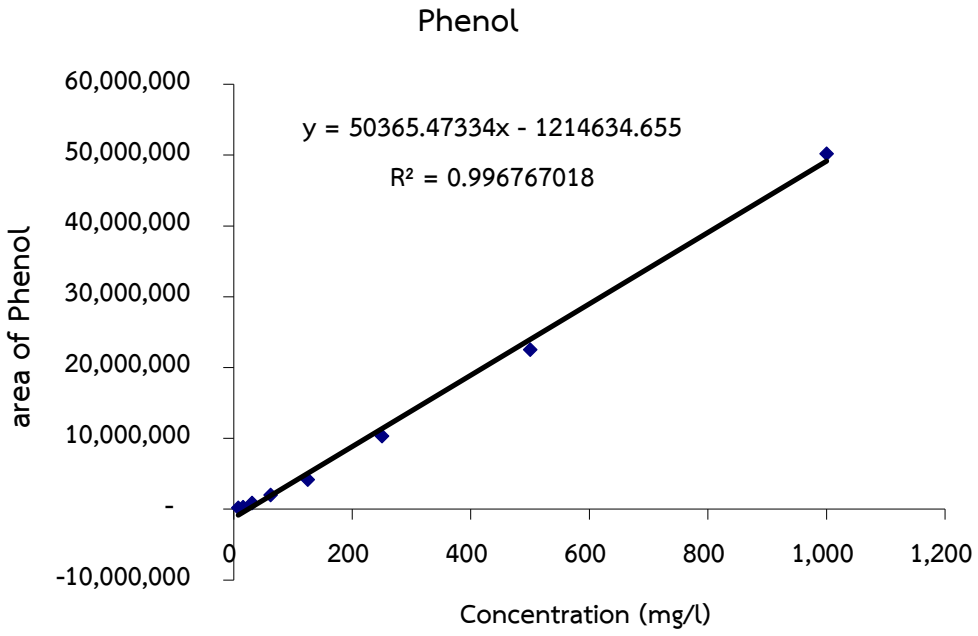
กระบวนการผลิตถ่าน			น้ำส้มควันไม้ก่อนการกำจัดน้ำมันดิน			วิธีการทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์								
						วิธีที่ (1)			วิธีที่ (2)			วิธีที่ (3)		
อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	ตัวอย่าง	%T	Mea	SD.	%T	Mean	SD.	%T	Mean	SD.	%T	Mean	**SD.**
ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	น้ำอุณหภูมิห้อง	1	5.0	5.0	0.00	48.4	4.85	0.06	35.4	35.7	0.36	55.0	54.9	0.12
		2	5.0			48.5			36.1			55.0		
		3	5.0			48.5			35.6			54.8		
	น้ำเย็น	1	6.3	6.3	0.000	49.2	0.491	0.12	36.7	36.6	0.15	55.3	55.4	0.12
		2	6.3			49			36.4			55.5		
		3	6.3			49.2			36.6			55.3		

คุณลักษณะทางเคมีของน้ำส้มควันไม้

กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐาน



ภาพประกอบ 38 กราฟมาตรฐานสมการเส้นตรง (Linear Equation) และค่า R2 ของ Actic acid



ภาพประกอบ 39 กราฟมาตรฐานสมการเส้นตรง (Linear Equation) และค่า R2 ของ Phenol

ตารางที่ 20 ปริมาณ Acetic acid ในน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1)

กระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้		ตัวอย่างที่	ปริมาณ Acetic acid					
อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น		area (y)	38692	6718981	mg/ml	Mean	SD.
ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	น้ำอุณหภูมิห้อง	1	423875741	38692	6718981	11.13	11.19	0.10
		2	423892143	38692	6718981	11.13		
		3	430620323	38692	6718981	11.30		
	น้ำเย็น	1	448021552	38692	6718981	11.75	11.72	0.25
		2	455645449	38692	6718981	11.95		
		3	436106650	38692	6718981	11.44		
ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	น้ำอุณหภูมิห้อง	1	350565152	38692	6718981	9.23	9.66	0.11
		2	370315403	38692	6718981	9.74		
		3	379884650	38692	6718981	9.99		
	น้ำเย็น	1	401732034	38692	6718981	10.56	10.46	0.71
		2	401732034	38692	6718981	10.56		
		3	390177348	38692	6718981	10.26		
ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	น้ำอุณหภูมิห้อง	1	264937515	38692	6718981	7.02	7.05	0.11
		2	265198930	38692	6718981	7.03		
		3	268567955	38692	6718981	7.11		
	น้ำเย็น	1	332404967	38692	6718981	8.76	8.61	0.51
		2	305527471	38692	6718981	8.07		
		3	341688563	38692	6718981	9.00		

วิเคราะห์โดยแทนค่า สมการเส้นตรง (Linear Equation) ของ Acrtic acid

$y = 38692.36963x - 6718980.689$

$R^2 = 0.999570353$

ตารางที่ 21 ปริมาณ Acetic acid ในน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (2)

กระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้		ตัวอย่างที่	ปริมาณ Acetic acid					
อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น		area (y)	38692	6718981	mg/ml	Mean	SD.
ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	น้ำอุณหภูมิห้อง	1	230422000	38692	6718981	6.13	6.07	0.21
		2	235242561	38692	6718981	6.25		
		3	219213731	38692	6718981	5.84		
	น้ำเย็น	1	288567955	38692	6718981	7.63	7.74	0.16
		2	290315403	38692	6718981	7.68		
		3	299884650	38692	6718981	7.92		
ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	น้ำอุณหภูมิห้อง	1	182009125	38692	6718981	4.88	4.86	0.71
		2	181730230	38692	6718981	4.87		
		3	180469986	38692	6718981	4.84		
	น้ำเย็น	1	264937515	38692	6718981	7.02	6.99	0.47
		2	265198930	38692	6718981	7.03		
		3	260565152	38692	6718981	6.91		
ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	น้ำอุณหภูมิห้อง	1	166623348	38692	6718981	4.48	4.18	0.56
		2	154642771	38692	6718981	4.17		
		3	144161327	38692	6718981	3.90		
	น้ำเย็น	1	223875741	38692	6718981	5.96	6.02	0.52
		2	223892143	38692	6718981	5.96		
		3	230620323	38692	6718981	6.13		

วิเคราะห์โดยแทนค่า สมการเส้นตรง (Linear Equation) ของ Acrtic acid

$y = 38692.36963x - 6718980.689$

$R^2 = 0.999570353$

ตารางที่ 22 ปริมาณ Acetic acid ในน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (3)

กระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้		ตัวอย่างที่	ปริมาณ Acetic acid					
อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น		area (y)	38692	6718981	mg/ml	Mean	SD.
ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	น้ำอุณหภูมิห้อง	1	269817989	38692	6718981	7.15	6.98	0.18
		2	264068516	38692	6718981	7.00		
		3	256049556	38692	6718981	6.79		
	น้ำเย็น	1	332404967	38692	6718981	8.76	8.61	0.49
		2	305527471	38692	6718981	8.07		
		3	341688563	38692	6718981	9.00		
ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	น้ำอุณหภูมิห้อง	1	214870078	38692	6718981	5.73	5.94	0.68
		2	215400369	38692	6718981	5.74		
		3	238578852	38692	6718981	6.34		
	น้ำเย็น	1	248021552	38692	6718981	6.58	7.01	0.12
		2	255645449	38692	6718981	6.78		
		3	290177348	38692	6718981	7.67		
ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	น้ำอุณหภูมิห้อง	1	169213705	38692	6718981	4.55	4.68	0.61
		2	197644753	38692	6718981	5.28		
		3	155855184	38692	6718981	4.20		
	น้ำเย็น	1	236106650	38692	6718981	6.28	5.68	0.13
		2	201732034	38692	6718981	5.39		
		3	201732034	38692	6718981	5.39		

วิเคราะห์โดยแทนค่า สมการเส้นตรง (Linear Equation) ของ Acrtic acid

$y = 38692.36963x - 6718980.689$

$R^2 = 0.999570353$

ตารางที่ 23 ปริมาณ Phenol ในน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1)

กระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้		ตัวอย่างที่	ปริมาณ Phenol					
อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น		area (y)	50365.47	1214635	mg/ml	Mean	SD.
ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	น้ำอุณหภูมิห้อง	1	327508831	50365.47	1214635	6.53	6.50	0.05
		2	323248620	50365.47	1214635	6.44		
		3	327265950	50365.47	1214635	6.52		
	น้ำเย็น	1	310974803	50365.47	1214635	6.20	6.09	0.15
		2	308022430	50365.47	1214635	6.14		
		3	296857449	50365.47	1214635	5.92		
ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	น้ำอุณหภูมิห้อง	1	409521663	50365.47	1214635	8.16	8.08	0.09
		2	407441482	50365.47	1214635	8.11		
		3	400901926	50365.47	1214635	7.98		
	น้ำเย็น	1	392626511	50365.47	1214635	7.82	7.37	0.47
		2	345443803	50365.47	1214635	6.88		
		3	372156557	50365.47	1214635	7.41		
ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	น้ำอุณหภูมิห้อง	1	455745544	50365.47	1214635	9.07	9.10	0.08
		2	461411356	50365.47	1214635	9.19		
		3	453813525	50365.47	1214635	9.03		
	น้ำเย็น	1	443890607	50365.47	1214635	8.84	8.79	0.13
		2	434051654	50365.47	1214635	8.64		
		3	446321471	50365.47	1214635	8.89		

วิเคราะห์โดยแทนค่า สมการเส้นตรง (Linear Equation) ของ Phenol

$y = 50365.47334 x - 1214634.655$

$R^2 = 0.996767018$

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางที่ 24 ปริมาณ Phenol ในน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (2)

กระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้		ตัวอย่างที่	ปริมาณ Phenol					
อุณหภูมิในการผลิต	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น		area (y)	50365.47	1214635	mg/ml	Mean	SD.
ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	น้ำอุณหภูมิห้อง	1	340666706	50365.47	1214635	6.79	7.05	0.23
		2	358110142	50365.47	1214635	7.13		
		3	362156557	50365.47	1214635	7.21		
	น้ำเย็น	1	328263853	50365.47	1214635	6.54	6.46	0.20
		2	330865959	50365.47	1214635	6.59		
		3	312694352	50365.47	1214635	6.23		
ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	น้ำอุณหภูมิห้อง	1	424527468	50365.47	1214635	8.45	8.36	0.07
		2	433660576	50365.47	1214635	8.63		
		3	429499953	50365.47	1214635	8.55		
	น้ำเย็น	1	417860693	50365.47	1214635	8.32	8.21	0.20
		2	417990664	50365.47	1214635	8.32		
		3	424249249	50365.47	1214635	8.45		
ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	น้ำอุณหภูมิห้อง	1	547360672	50365.47	1214635	10.89	11.49	0.51
		2	592200401	50365.47	1214635	11.78		
		3	592200401	50365.47	1214635	11.78		
	น้ำเย็น	1	514514484	50365.47	1214635	10.24	10.39	0.22
		2	532052377	50365.47	1214635	10.59		
		3	534568809	50365.47	1214635	10.64		

วิเคราะห์โดยแทนค่า สมการเส้นตรง (Linear Equation) ของ Phenol

$y = 50365.47334 x - 1214634.655$

$R^2 = 0.996767018$

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางที่ 25 ปริมาณ Phenol ในน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (3)

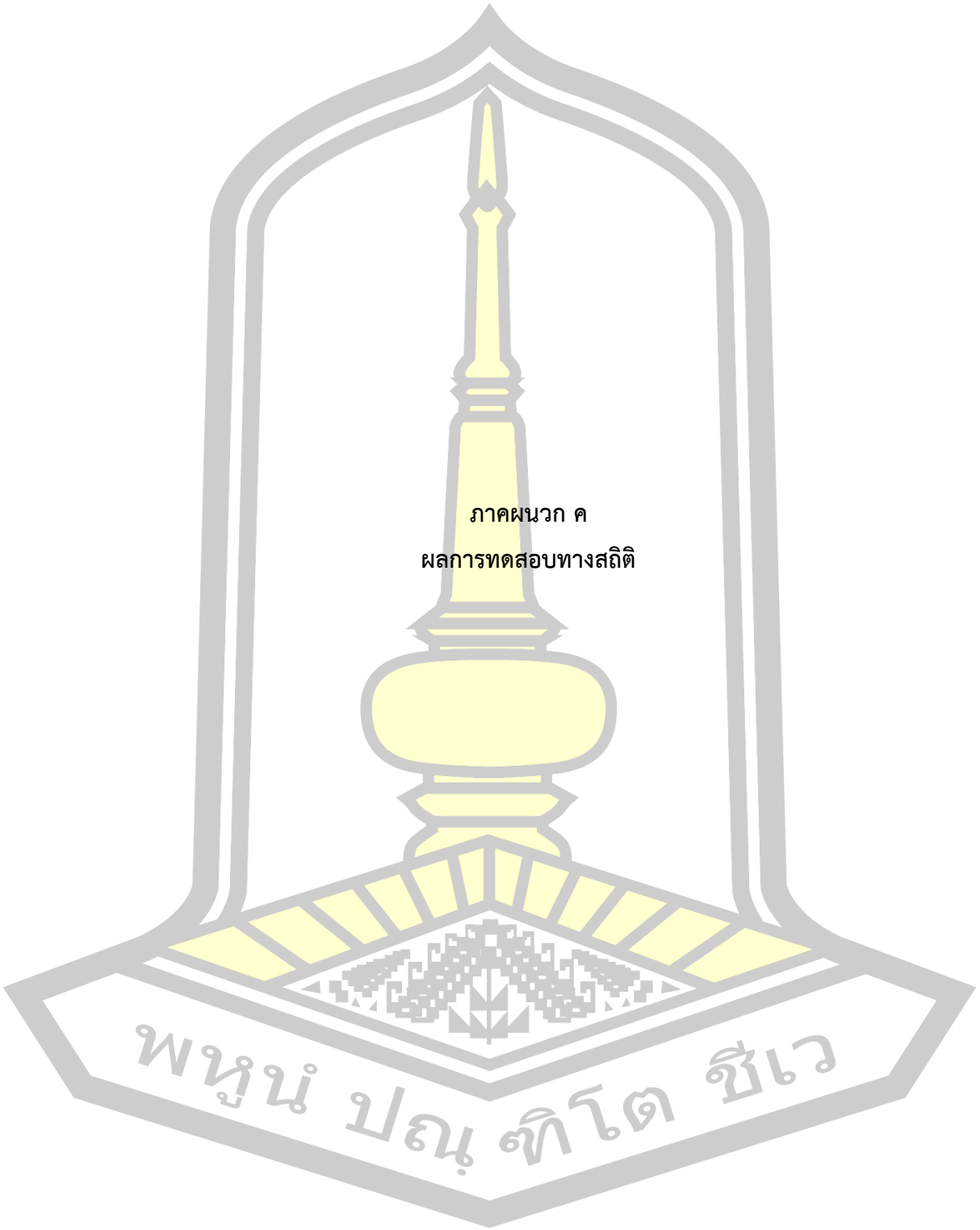
กระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้		ตัวอย่างที่	ปริมาณ Phenol					
อุณหภูมิในการผลิต	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น		area (y)	50365.47	1214635	mg/ml	Mean	SD.
ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	น้ำอุณหภูมิห้อง	1	181284002.00	50365.47	1214635	3.62	3.85	0.20
		2	199964211.00	50365.47	1214635	3.99		
		3	197227564.00	50365.47	1214635	3.94		
	น้ำเย็น	1	150102647.00	50365.47	1214635	3.00	3.28	0.24
		2	168503026.00	50365.47	1214635	3.37		
		3	173222263.00	50365.47	1214635	3.46		
ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	น้ำอุณหภูมิห้อง	1	233956853.00	50365.47	1214635	4.67	4.46	0.19
		2	221333261.00	50365.47	1214635	4.42		
		3	214757576.00	50365.47	1214635	4.29		
	น้ำเย็น	1	212828889.00	50365.47	1214635	4.25	4.19	0.12
		2	202929041.00	50365.47	1214635	4.05		
		3	214298181.00	50365.47	1214635	4.28		
ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	น้ำอุณหภูมิห้อง	1	269049921.00	50365.47	1214635	5.37	5.81	0.67
		2	275019214.00	50365.47	1214635	5.48		
		3	330496860.00	50365.47	1214635	6.59		
	น้ำเย็น	1	234127099.00	50365.47	1214635	4.67	4.79	0.15
		2	237181597.00	50365.47	1214635	4.73		
		3	248253381.00	50365.47	1214635	4.95		

วิเคราะห์โดยแทนค่า สมการเส้นตรง (Linear Equation) ของ Phenol

$y = 50365.47334 x - 1214634.655$

$R^2 = 0.996767018$

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว



ภาคผนวก ค

ผลการทดสอบทางสถิติ

การเปรียบเทียบปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากกระบวนการผลิต

ตารางที่ 26 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตที่ช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3)

ตัวแปร		ปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากกระบวนการผลิต			
		จำนวน (N=9)	Chi-Square	df	Asymp. Sig.
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	**อุณหภูมิที่เผาถ่านเปลือกหมาก**				
น้ำอุณหภูมิห้อง	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	3	7.200	2	0.027*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	3			
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	3			
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	**อุณหภูมิที่เผาถ่านเปลือกหมาก**				
น้ำเย็น	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	3	7.200	2	0.027*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	3			
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	3			

* p-value < 0.05

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางที่ 27 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตที่ช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) รายคู่

ตัวแปร		ปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากกระบวนการผลิต					
		อุณหภูมิที่เผาถ่านเปลือกหมาก					
		ช่วงอุณหภูมิที่ (1)		ช่วงอุณหภูมิที่ (2)		ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	
		Z	Asym. Sig.	Z	Asym. Sig.	Z	Asym. Sig.
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	**อุณหภูมิที่เผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำอุณหภูมิห้อง	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)			-	-	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)					-	-
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	**อุณหภูมิที่เผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำเย็น	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)			-	-	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)					-	-

* p-value < 0.05

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางที่ 28 เปรียบเทียบปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่การเก็บด้วยอุณหภูมิในการหล่อเย็นน้ำส้มควันไม้ด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง และน้ำเย็น

ตัวแปร		ปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากกระบวนการผลิต			
		จำนวน (N=6)	Mann-Whitney U	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
เผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิ ที่ (1)	**อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น**				
	1. น้ำอุณหภูมิห้อง	3	6.000	-1.993	0.046*
	2. น้ำเย็น	3			
เผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิ ที่ (2)	**อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น**				
	1. น้ำอุณหภูมิห้อง	3	6.000	-1.993	0.046*
	2. น้ำเย็น	3			
เผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิ ที่ (3)	**อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น**				
	1. น้ำอุณหภูมิห้อง	3	6.000	-1.993	0.046*
	2. น้ำเย็น	3			

* p-value < 0.05

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

การเปรียบเทียบคุณลักษณะทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้

ตารางที่ 29 การเปรียบเทียบ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตที่ช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3)

ตัวแปร		ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)							
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	อุณหภูมิที่เผาถ่านเปลือกหมาก	น้ำส้มควันไม้ก่อนการทำให้บริสุทธิ์		น้ำส้มควันไม้ทำให้บริสุทธิ์					
				วิธีที่ (1)		วิธีที่ (2)		วิธีที่ (3)	
		Chi-Square	p-value	Chi-Square	p-value	Chi-Square	p-value	Chi-Square	p-value
น้ำอุณหภูมิห้อง	ช่วงอุณหภูมิที่ (1) ช่วงอุณหภูมิที่ (2) ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	6.997	0.030*	7.261	0.027*	7.322	0.026*	7.579	0.023*
น้ำเย็น	ช่วงอุณหภูมิที่ (1) ช่วงอุณหภูมิที่ (2) ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	7.322	0.026*	7.261	0.027*	7.322	0.026*	7.057	0.029*

* p-value < 0.05

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางที่ 30 การเปรียบเทียบ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตที่ช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) รายคู่

ตัวแปร		ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อุณหภูมิที่เผาถ่านเปลือกหมาก					
		ช่วงอุณหภูมิที่ (1)		ช่วงอุณหภูมิที่ (2)		ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	
		Z	Asymp. Sig.	Z	Asymp. Sig.	Z	Asymp. Sig.
น้ำส้มควันไม้ก่อนการทำให้บริสุทธิ์							
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	**อุณหภูมิที่เผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำอุณหภูมิห้อง	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-1.798	0.072	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)			-	-	-1.798	0.072
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)					-	-
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	**อุณหภูมิที่เผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำเย็น	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)			-	-	-2.023	0.043*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)					-	-
น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1)							
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	**อุณหภูมิที่เผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำอุณหภูมิห้อง	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-1.993	0.046*	-2.023	0.043*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)			-	-	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)			-	-	-	-
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	**อุณหภูมิที่เผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำเย็น	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-1.993	0.046*	-2.023	0.043*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)			-	-	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)			-	-	-	-

ตารางที่ 30 การเปรียบเทียบ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตที่ช่วงอุณหภูมิที่ (1), 2 และ 3 รายคู่ (ต่อ)

ตัวแปร		ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)					
		อุณหภูมิที่เผาถ่านเปลือกหมาก					
		ช่วงอุณหภูมิที่ (1)		ช่วงอุณหภูมิที่ (2)		ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	
		Z	Asymp. Sig.	Z	Asymp. Sig.	Z	Asymp. Sig.
น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (2)							
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	**อุณหภูมิที่เผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำอุณหภูมิห้อง	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-1.993	0.046*	-2.023	0.043*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)			-	-	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)			-	-	-	-
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	**อุณหภูมิที่เผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำเย็น	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-1.993	0.046*	-2.023	0.043*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)			-	-	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)			-	-	-	-
น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (3)							
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	**อุณหภูมิที่เผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำอุณหภูมิห้อง	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-1.993	0.046*	-2.023	0.043*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)			-	-	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)			-	-	-	-
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	**อุณหภูมิที่เผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำเย็น	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-1.993	0.046*	-2.023	0.043*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)			-	-	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)			-	-	-	-

* p-value < 0.05

ตารางที่ 31 การเปรียบเทียบ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเก็บด้วยอุณหภูมิหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ด้วยน้ำอุณหภูมิห้องกับน้ำเย็น

ตัวแปร		ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)							
		วิธีการทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์							
		ก่อนการทำให้บริสุทธิ์		วิธีที่ (1)		วิธีที่ (2)		วิธีที่ (3)	
อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	Z	Asymp Sig. (2-tailed)	Z	Asymp Sig. (2-tailed)	Z	Asymp Sig. (2-tailed)	Z	Asymp Sig. (2-tailed)
ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	1.น้ำอุณหภูมิห้อง 2.น้ำเย็น	- 0.433	0.066	-1.964	0.052	-0.471	0.637	-1.581	0.114
ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	1.น้ำอุณหภูมิห้อง 2.น้ำเย็น	-1.650	0.990	-0.696	0.487	-0.471	0.637	-1.650	0.099
ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	1.น้ำอุณหภูมิห้อง 2.น้ำเย็น	-1.826	0.068	-1.650	0.099	-2.036	0.814	-2.023	0.053

* p-value < 0.05

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางที่ 32 การเปรียบเทียบค่าพีเอช (pH) ของน้ำส้มควันไม้ ก่อนการทำให้บริสุทธิ์ และทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1), (2) และ (3)

ตัวแปร			ค่าพีเอช (pH) ของน้ำส้มควันไม้			
อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	วิธีการทำให้บริสุทธิ์	จำนวน (N=12)	Chi-Square	df	Asymp. Sig.
ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	น้ำอุณหภูมิห้อง	ก่อนการทำให้บริสุทธิ์	3	10.200	3	0.017*
		วิธีที่ (1)	3			
		วิธีที่ (2)	3			
		วิธีที่ (3)	3			
	น้ำเย็น	ก่อนการทำให้บริสุทธิ์	3	10.116	3	0.018*
		วิธีที่ (1)	3			
		วิธีที่ (2)	3			
		วิธีที่ (3)	3			
ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	หล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง	ก่อนการทำให้บริสุทธิ์	3	10.458	3	0.015*
		วิธีที่ (1)	3			
		วิธีที่ (2)	3			
		วิธีที่ (3)	3			
	หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น	ก่อนการทำให้บริสุทธิ์	3	10.348	3	0.016*
		วิธีที่ (1)	3			
		วิธีที่ (2)	3			
		วิธีที่ (3)	3			

ตารางที่ 32 การเปรียบเทียบค่าพีเอช (pH) ของน้ำส้มควันไม้ ก่อนการทำให้บริสุทธิ์ และทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1), (2) และ (3) (ต่อ)

ตัวแปร			ค่าพีเอช (pH) ของน้ำส้มควันไม้			
อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	วิธีการทำให้บริสุทธิ์	จำนวน (N=12)	Chi-Square	df	Asymp. Sig.
ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	หล่อเย็นด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง	ก่อนการทำให้บริสุทธิ์	3	9.791	3	0.020*
		วิธีที่ (1)	3			
		วิธีที่ (2)	3			
		วิธีที่ (3)	3			
	หล่อเย็นด้วยน้ำเย็น	ก่อนการทำให้บริสุทธิ์	3	10.532	3	0.015*
		วิธีที่ (1)	3			
		วิธีที่ (2)	3			
		วิธีที่ (3)	3			

* p-value < 0.05

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางที่ 33 การเปรียบเทียบค่าพีเอช (pH) ของน้ำส้มควันไม้ก่อนการทำให้บริสุทธิ์ และที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1)และ (2) กับน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (3)

ตัวแปร			ค่าพีเอช (pH) ของน้ำส้มควันไม้					
น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (3)	อุณหภูมิที่เผาถ่านเปลือกหมาก	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	น้ำส้มควันไม้ก่อนการทำให้บริสุทธิ์		น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์			
					วิธีที่ (1)		วิธีที่ (2)	
			Z	Asymp Sig. (2-tailed)	Z	Asymp Sig. (2-tailed)	Z	Asymp Sig. (2-tailed)
	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	1.น้ำณหภูมิห้อง	-2.087	0.037*	-1.549	0.121	-2.121	0.034*
		2.น้ำเย็น	0.193	0.046*	-1.623	0.105	-0.193	0.146
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	1.น้ำณหภูมิห้อง	-2.023	0.043*	-1.623	0.105	-0.193	0.146*
		2.น้ำเย็น	-2.023	0.043*	-1.623	0.105	-2.023	0.043*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	1.น้ำณหภูมิห้อง	-2.023	0.043*	1.000	1.000	-2.023	0.043*
		2.น้ำเย็น	-2.023	0.043*	-1.623	0.105	-2.023	0.043*

* p-value < 0.05

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางที่ 34 การเปรียบเทียบค่าความความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตที่ช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3)

ตัวแปร		ค่าความความถ่วงจำเพาะ (specific gravity)							
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	อุณหภูมิที่เผาถ่านเปลือกหมาก	น้ำส้มควันไม้ก่อนการทำให้บริสุทธิ์		น้ำส้มควันไม้ทำให้บริสุทธิ์					
				วิธีที่ (1)		วิธีที่ (2)		วิธีที่ (3)	
		Chi-Square	p-value	Chi-Square	p-value	Chi-Square	p-value	Chi-Square	p-value
น้ำอุณหภูมิห้อง	ช่วงอุณหภูมิที่ (1) ช่วงอุณหภูมิที่ (2) ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	7.261	0.027*	7.261	0.027*	7.200	0.027*	5.600	0.061
น้ำเย็น	ช่วงอุณหภูมิที่ (1) ช่วงอุณหภูมิที่ (2) ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	7.322	0.026*	7.261	0.027*	7.200	0.027*	7.200	0.027*

* p-value < 0.05

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางที่ 35 การเปรียบเทียบค่าความความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตที่ช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) รายคู่

ตัวแปร		ค่าความความถ่วงจำเพาะ (specific gravity)					
		อุณหภูมิที่เผาถ่านเปลือกหมาก					
		ช่วงอุณหภูมิที่ (1)		ช่วงอุณหภูมิที่ (2)		ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	
		Z	Asymp. Sig.	Z	Asymp. Sig.	Z	Asymp. Sig.
น้ำส้มควันไม้ก่อนการทำให้บริสุทธิ์							
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	**อุณหภูมิที่เผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำอุณหภูมิห้อง	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)			-	-	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)					-	-
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	**อุณหภูมิที่เผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำเย็น	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-2.023	0.043*	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)			-	-	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)					-	-
น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1)							
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	**อุณหภูมิที่เผาถ่านเปลือกหมาก**	-	-	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*
น้ำอุณหภูมิห้อง	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)			-	-	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)			-	-	-	-
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)						
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	**อุณหภูมิที่เผาถ่านเปลือกหมาก**	-	-	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*
น้ำเย็น	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)			-	-	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)			-	-	-	-
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)						

ตารางที่ 35 การเปรียบเทียบค่าความความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตที่ช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) รายคู่ (ต่อ)

ตัวแปร		ค่าความความถ่วงจำเพาะ (specific gravity)					
		อุณหภูมิที่เผาถ่านเปลือกหมาก					
		ช่วงอุณหภูมิที่ (1)		ช่วงอุณหภูมิที่ (2)		ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	
		Z	Asymp. Sig.	Z	Asymp. Sig.	Z	Asymp. Sig.
น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (2)							
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	**อุณหภูมิที่เผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำอุณหภูมิห้อง	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)			-	-	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)			-	-	-	-
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	**อุณหภูมิที่เผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำเย็น	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)			-	-	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)			-	-	-	-
น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (3)							
อุณหภูมิหล่อเย็น	**อุณหภูมิที่เผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำอุณหภูมิห้อง	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-0.655	0.513	-0.655	0.513
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)			-	-	-0.655	0.513
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)			-	-	-	-
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	**อุณหภูมิที่เผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำเย็น	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)			-	-	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)			-	-	-	-

* p-value < 0.05

ตารางที่ 36 การเปรียบเทียบค่าความความถ่วงจำเพาะ *(specific gravity)* ของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเก็บด้วยอุณหภูมิหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ด้วยน้ำอุณหภูมิห้องกับน้ำเย็น

ตัวแปร		ค่าความความถ่วงจำเพาะ (specific gravity)							
		น้ำส้มควันไม้ก่อนการทำให้บริสุทธิ์		น้ำส้มควันไม้ทำให้บริสุทธิ์					
				วิธีที่ (1)		วิธีที่ (2)		วิธีที่ (3)	
อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	Z	Asymp Sig. (2-tailed)	Z	Asymp Sig. (2-tailed)	Z	Asymp Sig. (2-tailed)	Z	Asymp Sig. (2-tailed)
ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	1.น้ำอุณหภูมิห้อง 2.น้ำเย็น	-1.993	0.046*	-1.964	0.050	-0.886	0.376	-1.964	0.050
ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	1.น้ำอุณหภูมิห้อง 2.น้ำเย็น	-2.023	0.043*	-1.993	0.046*	-1.964	0.050	-1.964	0.050
ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	1.น้ำอุณหภูมิห้อง 2.น้ำเย็น	-1.964	0.050	-1.993	0.046*	-1.964	0.050	-1.964	0.050

* p-value < 0.05

ตารางที่ 37 การเปรียบเทียบค่าความความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ของน้ำส้มควันไม้ก่อนการทำให้บริสุทธิ์ และทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1), (2) และ (3)

ตัวแปร			ค่าความความถ่วงจำเพาะ (specific gravity)			
อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	วิธีการทำให้บริสุทธิ์	จำนวน (N=12)	Chi-Square	df	Asymp. Sig.
ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	น้ำอุณหภูมิห้อง	ก่อนการทำให้บริสุทธิ์	3	9.842	3	0.020*
		วิธีที่ (1)	3			
		วิธีที่ (2)	3			
		วิธีที่ (3)	3			
	น้ำเย็น	ก่อนการทำให้บริสุทธิ์	3	10.009	3	0.018*
		วิธีที่ (1)	3			
		วิธีที่ (2)	3			
		วิธีที่ (3)	3			

ตารางที่ 37 การเปรียบเทียบค่าความความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ของน้ำส้มควันไม้ก่อนการทำให้บริสุทธิ์ และทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1), (2) และ (3) (ต่อ)

ตัวแปร			ค่าความความถ่วงจำเพาะ (specific gravity)			
อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	วิธีการทำให้บริสุทธิ์	จำนวน (N=12)	Chi-Square	df	Asymp. Sig.
ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	น้ำอุณหภูมิห้อง	ก่อนการทำให้บริสุทธิ์	3	10.421	3	0.015*
		วิธีที่ (1)	3			
		วิธีที่ (2)	3			
		วิธีที่ (3)	3			
	น้ำเย็น	ก่อนการทำให้บริสุทธิ์	3	10.458	3	0.015*
		วิธีที่ (1)	3			
		วิธีที่ (2)	3			
		วิธีที่ (3)	3			
ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	น้ำอุณหภูมิห้อง	ก่อนการทำให้บริสุทธิ์	3	10.421	3	0.015*
		วิธีที่ (1)	3			
		วิธีที่ (2)	3			
		วิธีที่ (3)	3			
	น้ำเย็น	ก่อนการทำให้บริสุทธิ์	3	9.842	3	0.020*
		วิธีที่ (1)	3			
		วิธีที่ (2)	3			
		วิธีที่ (3)	3			

* p-value < 0.05

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางที่ 38 การเปรียบเทียบค่าความความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ของน้ำส้มควันไม้ก่อนการทำให้บริสุทธิ์ และ ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1)และ 2 กับน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (3)

ตัวแปร			ค่าความความถ่วงจำเพาะ (specific gravity)					
			น้ำส้มควันไม้ก่อนการทำให้บริสุทธิ์		น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์			
					วิธีที่ (1)		วิธีที่ (2)	
น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์วิธีที่ (3)	อุณหภูมิที่เผาถ่านเปลือกหมาก	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	Z	Asymp Sig. (2-tailed)	Z	Asymp Sig. (2-tailed)	Z	Asymp Sig. (2-tailed)
	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	1.น้ำณหภูมิห้อง	-1.993	0.046*	-1.328	0.184	-1.993	0.046*
		2.น้ำเย็น	-1.993	0.046*	-1.528	0.127	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	1.น้ำณหภูมิห้อง	-0.193	0.046*	-1.528	0.127	-1.993	0.046*
		2.น้ำเย็น	-2.023	0.043*	-1.328	0.184	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	1.น้ำณหภูมิห้อง	-0.193	0.046*	-0.443	0.658	-1.993	0.046*
		2.น้ำเย็น	-2.023	0.043*	-1.528	0.127	-1.993	0.046*

* p-value < 0.05

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางที่ 39 การเปรียบเทียบค่าความส่งผ่านของแสง (%T) ในน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3)

ตัวแปร		ค่าความส่งผ่านของแสง (%T)							
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก	น้ำส้มควันไม้ก่อนการทำให้บริสุทธิ์		วิธีการทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์					
				วิธีที่ (1)		วิธีที่ (2)		วิธีที่ (3)	
		Chi-Square	p-value	Chi-Square	p-value	Chi-Square	p-value	Chi-Square	p-value
น้ำอุณหภูมิห้อง	ช่วงอุณหภูมิที่ (1) ช่วงอุณหภูมิที่ (2) ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	7.513	0.023*	7.322	0.026*	7.261	0.027*	7.322	0.026*
น้ำเย็น	ช่วงอุณหภูมิที่ (1) ช่วงอุณหภูมิที่ (2) ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	7.784	0.020*	7.322	0.026*	7.200	0.027*	7.261	0.027*

* p-value < 0.05

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางที่ 40 การเปรียบเทียบ ค่าความส่งผ่านของแสง (%T) ในน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) รายคู่

ตัวแปร		ค่าความส่งผ่านของแสง (transmittance) อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก					
		ช่วงอุณหภูมิที่ (1)		ช่วงอุณหภูมิที่ (2)		ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	
		Z	Asymp. Sig.	Z	Asymp. Sig.	Z	Asymp. Sig.
น้ำส้มควันไม้ก่อนการทำให้บริสุทธิ์							
อุณหภูมิหล่อเย็น	**อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำอุณหภูมิห้อง	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-1.993	0.046*	-2.087	0.037*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	-	-	-	-	-2.121	0.034*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	-	-	-	-	-	-
อุณหภูมิหล่อเย็น	**อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำเย็น	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-2.121	0.034*	-2.121	0.034*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	-	-	-	-	-2.2366	0.025*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	-	-	-	-	-	-
น้ำส้มควันไม้ทำให้บริสุทธิ์ วิธีที่ (1)							
อุณหภูมิหล่อเย็น	**อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำอุณหภูมิห้อง	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-1.993	0.046*	-2.203	0.043*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	-	-	-	-	-1.993	0.043*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	-	-	-	-	-	-
อุรหภูมิหล่อเย็น	**อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำเย็น	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	-	-	-	-	-2.203	0.043*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 40 การเปรียบเทียบ ค่าความส่งผ่านของแสง (%T)ในน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) รายคู่ (ต่อ)

ตัวแปร		ค่าความส่งผ่านของแสง (transmittance)					
		อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก					
		ช่วงอุณหภูมิที่ (1)		ช่วงอุณหภูมิที่ (2)		ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	
		Z	Asymp. Sig.	Z	Asymp. Sig.	Z	Asymp. Sig.
น้ำส้มควันไม้ทำให้บริสุทธิ์ วิธีที่ (2)							
อุณหภูมิหล่อเย็น	**อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำอุณหภูมิห้อง	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	-	-	-	-	-2.203	0.043*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	-	-	-	-	-	-
อุรหภูมิหล่อเย็น	**อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำเย็น	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	-	-	-	-	-2.203	0.043*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	-	-	-	-	-	-
น้ำส้มควันไม้ทำให้บริสุทธิ์ วิธีที่ (3)							
อุณหภูมิหล่อเย็น	**อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำอุณหภูมิห้อง	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	-	-	-	-	-2.203	0.043*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	-	-	-	-	-	-
อุรหภูมิหล่อเย็น	**อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำเย็น	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	-	-	-	-	-2.203	0.043*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	-	-	-	-	-	-

* p-value < 0.05

ตารางที่ 41 การเปรียบเทียบค่าความส่งผ่านของแสง (%T) ในน้ำส้มควันไม้ที่เก็บด้วยอุณหภูมิหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง และน้ำเย็น

ตัวแปร		ค่าความส่งผ่านของแสง (%T)							
		น้ำส้มควันไม้ก่อนการทำให้บริสุทธิ์		วิธีการทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์					
				วิธีที่ (1)		วิธีที่ (2)		วิธีที่ (3)	
อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก	อุณหภูมิหล่อเย็น	Z	Asymp Sig. (2-tailed)	Z	Asymp Sig. (2-tailed)	Z	Asymp Sig. (2-tailed)	Z	Asymp Sig. (2-tailed)
ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	1.น้ำอุณหภูมิห้อง 2.น้ำเย็น	-1.993	0.046*	-1.107	0.268	-1.993	0.046*	-0.653	0.513
ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	1.น้ำอุณหภูมิห้อง 2.น้ำเย็น	-2.023	0.043*	-1.993	0.046*	-1.964	0.050	-1.993	0.046*
ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	1.น้ำอุณหภูมิห้อง 2.น้ำเย็น	-1.964	0.050	-2.023	0.043*	-1.964	0.050	-2.023	0.043*

* p-value < 0.05

ตารางที่ 42 การเปรียบเทียบค่าความส่งผ่านของแสง (%T) ในน้ำส้มควันไม้ก่อนทำให้บรุทธิ์ และทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1), (2) และ (3)

ตัวแปร			ค่าความส่งผ่านของแสง (%T)			
อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	วิธีการทำให้บริสุทธิ์	จำนวน (N=12)	Chi-Square	df	Asymp. Sig.
ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	น้ำอุณหภูมิห้อง	ก่อนทำให้บริสุทธิ์	3	10.458	3	0.015*
		วิธีที่ (1)	3			
		วิธีที่ (2)	3			
		วิธีที่ (3)	3			
	น้ำอุณหภูมิห้อง	ก่อนทำให้บริสุทธิ์	3	10.421	3	0.015*
		วิธีที่ (1)	3			
		วิธีที่ (2)	3			
		วิธีที่ (3)	3			

ตารางที่ 42 การเปรียบเทียบค่าความส่งผ่านของแสง (%T) ในน้ำส้มควันไม้ก่อนทำให้บรุทธิ์ และทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1), (2) และ (3) (ต่อ)

ตัวแปร			ค่าความส่งผ่านของแสง (%T)			
อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	วิธีการทำให้บริสุทธิ์	จำนวน (N=12)	Chi-Square	df	Asymp. Sig.
ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	น้ำอุณหภูมิห้อง	ก่อนทำให้บริสุทธิ์	3	10.458	3	0.015*
		วิธีที่ (1)	3			
		วิธีที่ (2)	3			
		วิธีที่ (3)	3			
	น้ำอุณหภูมิห้อง	ก่อนทำให้บริสุทธิ์	3	10.569	3	0.014*
		วิธีที่ (1)	3			
		วิธีที่ (2)	3			
		วิธีที่ (3)	3			
ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	น้ำอุณหภูมิห้อง	ก่อนทำให้บริสุทธิ์	3	10.607	3	0.014*
		วิธีที่ (1)	3			
		วิธีที่ (2)	3			
		วิธีที่ (3)	3			
	น้ำอุณหภูมิห้อง	ก่อนทำให้บริสุทธิ์	3	10.607	3	0.014*
		วิธีที่ (1)	3			
		วิธีที่ (2)	3			
		วิธีที่ (3)	3			

* p-value < 0.05

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางที่ 43 การเปรียบเทียบค่าความส่งผ่านของแสง (%T) ในน้ำส้มควันไม้ก่อนนำไปทำให้บริสุทธิ์และทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1)และ 2 กับน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ 3 (ตั้งทิ้งไว้ 90 วัน)

ตัวแปร			ค่าความส่งผ่านของแสง (%T)					
น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (3)	อุณหภูมิที่เผาถ่านเปลือกหมาก	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	น้ำส้มควันไม้ก่อนการทำให้บริสุทธิ์		น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1)		น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (2)	
			Z	Asymp Sig. (2-tailed)	Z	Asymp Sig. (2-tailed)	Z	Asymp Sig. (2-tailed)
	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	1.น้ำอุณหภูมิห้อง	-1.993	0.046*	-0.886	0.376	-1.993	0.046*
		2.น้ำเย็น	-1.993	0.046*	-0.653	0.513	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	1.น้ำอุณหภูมิห้อง	-2.023	0.043*	-0.886	0.376	-1.993	0.046*
		2.น้ำเย็น	-2.087	0.037*	-1.107	0.268	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	1.น้ำอุณหภูมิห้อง	-2.121	0.034*	-0.886	0.376	-1.993	0.046*
		2.น้ำเย็น	-2.121	0.034*	-1.107	0.268	-1.993	0.046*

* p-value < 0.05

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางที่ 44 การเปรียบเทียบปริมาณสาร Acetic acid ในน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3)

ตัวแปร		ปริมาณสาร Acetic acid					
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก	วิธีการทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์					
		วิธีที่ (1)		วิธีที่ (2)		วิธีที่ (3)	
		Chi-Square	p-value	Chi-Square	p-value	Chi-Square	p-value
น้ำอุณหภูมิห้อง	ช่วงอุณหภูมิที่ (1) ช่วงอุณหภูมิที่ (2) ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	7.200	0.027*	7.200	0.027*	7.200	0.027*
น้ำเย็น	ช่วงอุณหภูมิที่ (1) ช่วงอุณหภูมิที่ (2) ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	7.261	0.027*	7.261	0.027*	7.200	0.027*

* p-value < 0.05

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางที่ 45 การเปรียบเทียบปริมาณสาร Acetic acid ในน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) รายคู่

ตัวแปร		ปริมาณสาร Acetic acid					
		อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก					
		ช่วงอุณหภูมิที่ (1)		ช่วงอุณหภูมิที่ (2)		ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	
		Z	Asymp. Sig.	Z	Asymp. Sig.	Z	Asymp. Sig.
น้ำส้มควันไม้ทำให้บริสุทธิ์ วิธีที่ (1)							
อุณหภูมิหล่อเย็น	**อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำอุณหภูมิห้อง	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	-	-	-	-	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	-	-	-	-	-	-
อุณหภูมิหล่อเย็น	**อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำเย็น	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	-	-	-	-	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	-	-	-	-	-	-
น้ำส้มควันไม้ทำให้บริสุทธิ์ วิธีที่ (2)							
อุณหภูมิหล่อเย็น	**อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำอุณหภูมิห้อง	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	-	-	-	-	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	-	-	-	-	-	-
อุรหภูมิหล่อเย็น	**อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำเย็น	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	-	-	-	-	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 45 การเปรียบเทียบปริมาณสาร Acetic acid ในน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) รายคู่ (ต่อ)

ตัวแปร		ปริมาณสาร Acetic acid					
		อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก					
		ช่วงอุณหภูมิที่ (1)		ช่วงอุณหภูมิที่ (2)		ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	
		Z	Asymp. Sig.	Z	Asymp. Sig.	Z	Asymp. Sig.
น้ำส้มควันไม้ทำให้บริสุทธิ์ วิธีที่ (3)							
อุณหภูมิหล่อเย็น	**อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำอุณหภูมิห้อง	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	-	-	-	-	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	-	-	-	-	-	-
อุรหภูมิหล่อเย็น	**อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำเย็น	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	-	-	-	-	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	-	-	-	-	-	-

* p-value < 0.05

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

ตารางที่ 46 การเปรียบเทียบปริมาณสาร Acetic acid ในน้ำส้มควันไม้ที่เก็บด้วยอุณหภูมิหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง และน้ำเย็น

ตัวแปร		ปริมาณสาร Acetic acid วิธีการทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์					
		วิธีที่ (1)		วิธีที่ (2)		วิธีที่ (3)	
อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	Z	Asymp Sig. (2-tailed)	Z	Asymp Sig. (2-tailed)	Z	Asymp Sig. (2-tailed)
ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	1.น้ำอุณหภูมิห้อง 2.น้ำเย็น	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*
ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	1.น้ำอุณหภูมิห้อง 2.น้ำเย็น	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*
ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	1.น้ำอุณหภูมิห้อง 2.น้ำเย็น	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*

* p-value < 0.05

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางที่ 47 การเปรียบเทียบปริมาณสาร Acetic acid ในน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1), (2) และ 3

ตัวแปร			ปริมาณสาร Acetic acid			
อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	วิธีการทำให้บริสุทธิ์	จำนวน (N=12)	Chi-Square	df	Asymp. Sig.
ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	น้ำอุณหภูมิห้อง	ก่อนทำให้บริสุทธิ์	3	7.200	2	0.027*
		วิธีที่ (1)	3			
		วิธีที่ (2)	3			
		วิธีที่ (3)	3			
	น้ำเย็น	ก่อนทำให้บริสุทธิ์	3	7.200	2	0.027*
		วิธีที่ (1)	3			
		วิธีที่ (2)	3			
		วิธีที่ (3)	3			
ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	น้ำอุณหภูมิห้อง	ก่อนทำให้บริสุทธิ์	3	6.489	2	0.039*
		วิธีที่ (1)	3			
		วิธีที่ (2)	3			
		วิธีที่ (3)	3			
	น้ำเย็น	ก่อนทำให้บริสุทธิ์	3	5.647	2	0.059
		วิธีที่ (1)	3			
		วิธีที่ (2)	3			
		วิธีที่ (3)	3			
ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	น้ำอุณหภูมิห้อง	ก่อนทำให้บริสุทธิ์	3	5.647	2	0.059
		วิธีที่ (1)	3			
		วิธีที่ (2)	3			
		วิธีที่ (3)	3			
	น้ำเย็น	ก่อนทำให้บริสุทธิ์	3	7.200	2	0.027*
		วิธีที่ (1)	3			
		วิธีที่ (2)	3			
		วิธีที่ (3)	3			

* p-value < 0.05

ตารางที่ 48 การเปรียบเทียบปริมาณสาร Acetic acid ในน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธี (1) และ (2) กับน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธี (3) (ตั้งทิ้งไว้ 90 วัน)

ตัวแปร			ปริมาณสาร Acetic acid			
น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (3)	อุณหภูมิที่เผาถ่านเปลือกหมาก	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1)		น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (2)	
			Z	Asymp Sig. (2-tailed)	Z	Asymp Sig. (2-tailed)
	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	1.น้ำอุณหภูมิห้อง 2.น้ำเย็น	-1.993 -1.993	0.046* 0.046*	-1.993 -1.993	0.046* 0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	1.น้ำอุณหภูมิห้อง 2.น้ำเย็น	-1.993 -0.664	0.046* 0.517	-0.664 -0.664	0.517 0.517
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	1.น้ำอุณหภูมิห้อง 2.น้ำเย็น	-0.665 -1.993	0.513 0.046*	-0.665 -0.665	0.513 0.513

* p-value < 0.05

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางที่ 49 การเปรียบเทียบปริมาณสาร Phenol ในน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3)

ตัวแปร		ปริมาณสาร Phenol					
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก	วิธีการทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์					
		วิธีที่ (1)		วิธีที่ (2)		วิธีที่ (3)	
		Chi-Square	p-value	Chi-Square	p-value	Chi-Square	p-value
น้ำอุณหภูมิห้อง	ช่วงอุณหภูมิที่ (1) ช่วงอุณหภูมิที่ (2) ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	7.200	0.027*	7.200	0.027*	7.200	0.027*
น้ำเย็น	ช่วงอุณหภูมิที่ (1) ช่วงอุณหภูมิที่ (2) ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	7.261	0.027*	7.261	0.027*	7.200	0.027*

* p-value <0.05

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางที่ 50 การเปรียบเทียบปริมาณสาร Phenol ในน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) รายคู่

ตัวแปร		ปริมาณสาร Phenol					
		อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก					
		ช่วงอุณหภูมิที่ (1)		ช่วงอุณหภูมิที่ (2)		ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	
		Z	Asymp. Sig.	Z	Asymp. Sig.	Z	Asymp. Sig.
น้ำส้มควันไม้ทำให้บริสุทธิ์ วิธีที่ (1)							
อุณหภูมิหล่อเย็น	**อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำอุณหภูมิห้อง	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	-	-	-	-	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	-	-	-	-	-	-
อุณหภูมิหล่อเย็น	**อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำเย็น	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	-	-	-	-	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	-	-	-	-	-	-
น้ำส้มควันไม้ทำให้บริสุทธิ์ วิธีที่ (2)							
อุณหภูมิหล่อเย็น	**อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำอุณหภูมิห้อง	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	-	-	-	-	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	-	-	-	-	-	-
อุณหภูมิหล่อเย็น	**อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำเย็น	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	-	-	-	-	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 50 การเปรียบเทียบปริมาณสาร Phenol ในน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตโดยการเผาถ่านเปลือกหมากช่วงอุณหภูมิที่ (1), (2) และ (3) รายคู่ (ต่อ)

ตัวแปร		ปริมาณสาร Phenol อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก					
		ช่วงอุณหภูมิที่ (1)		ช่วงอุณหภูมิที่ (2)		ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	
		Z	Asymp. Sig.	Z	Asymp. Sig.	Z	Asymp. Sig.
น้ำส้มควันไม้ทำให้บริสุทธิ์ วิธีที่ (3)							
อุณหภูมิหล่อเย็น	**อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำอุณหภูมิห้อง	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	-	-	-	-	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	-	-	-	-	-	-
อุรหภูมิหล่อเย็น	**อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก**						
น้ำเย็น	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	-	-	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	-	-	-	-	-1.993	0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	-	-	-	-	-	-

* p-value < 0.05

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

ตารางที่ 51 การเปรียบเทียบปริมาณสาร Phenol ในน้ำส้มควันไม้ที่เก็บด้วยอุณหภูมิหล่อเย็นในการควบแน่นน้ำส้มควันไม้ด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง และน้ำเย็น

ตัวแปร		ปริมาณสาร Phenol					
		วิธีการทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์					
		วิธีที่ (1)		วิธีที่ (2)		วิธีที่ (3)	
อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	Z	Asymp Sig. (2-tailed)	Z	Asymp Sig. (2-tailed)	Z	Asymp Sig. (2-tailed)
ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	1.น้ำอุณหภูมิห้อง 2.น้ำเย็น	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*
ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	1.น้ำอุณหภูมิห้อง 2.น้ำเย็น	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*	-1.993	0.046*
ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	1.น้ำอุณหภูมิห้อง 2.น้ำเย็น	-1.993	0.046*	-2.203	0.043*	-1.993	0.046*

* p-value < 0.05

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

ตารางที่ 52 การเปรียบเทียบปริมาณสาร Phenol ในน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1), 2 และ 3

ตัวแปร			ปริมาณสาร Phenol			
อุณหภูมิในการเผาถ่านเปลือกหมาก	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	วิธีการทำให้บริสุทธิ์	จำนวน (N=12)	Chi-Square	df	Asymp. Sig.
ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	น้ำอุณหภูมิห้อง	ก่อนทำให้บริสุทธิ์	3	7.200	2	0.027*
		วิธีที่ (1)	3			
		วิธีที่ (2)	3			
		วิธีที่ (3)	3			
	น้ำอุณหภูมิห้อง	ก่อนทำให้บริสุทธิ์	3	7.200	2	0.027*
		วิธีที่ (1)	3			
		วิธีที่ (2)	3			
		วิธีที่ (3)	3			
ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	น้ำอุณหภูมิห้อง	ก่อนทำให้บริสุทธิ์	3	6.489	2	0.039*
		วิธีที่ (1)	3			
		วิธีที่ (2)	3			
		วิธีที่ (3)	3			
	น้ำอุณหภูมิห้อง	ก่อนทำให้บริสุทธิ์	3	6.489	2	0.039*
		วิธีที่ (1)	3			
		วิธีที่ (2)	3			
		วิธีที่ (3)	3			
ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	น้ำอุณหภูมิห้อง	ก่อนทำให้บริสุทธิ์	3	6.489	2	0.039*
		วิธีที่ (1)	3			
		วิธีที่ (2)	3			
		วิธีที่ (3)	3			
	น้ำอุณหภูมิห้อง	ก่อนทำให้บริสุทธิ์	3	7.200	2	0.027*
		วิธีที่ (1)	3			
		วิธีที่ (2)	3			
		วิธีที่ (3)	3			

* p-value < 0.05

ตารางที่ 53 การเปรียบเทียบปริมาณสาร Phenol ในน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธี 1 และ 2 กับน้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธี 3 (ตั้งทิ้งไว้ 90 วัน)

ตัวแปร			ปริมาณ Phenol			
น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (3)	อุณหภูมิที่เผาถ่านเปลือกหมาก	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (1)		น้ำส้มควันไม้ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีที่ (2)	
			Z	Asymp Sig. (2-tailed)	Z	Asymp Sig. (2-tailed)
	ช่วงอุณหภูมิที่ (1)	1.น้ำอุณหภูมิห้อง 2.น้ำเย็น	-1.993 -1.993	0.046* 0.046*	-1.993 -1.993	0.046* 0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (2)	1.น้ำอุณหภูมิห้อง 2.น้ำเย็น	-1.993 -1.993	0.046* 0.046*	-1.993 -1.993	0.046* 0.046*
	ช่วงอุณหภูมิที่ (3)	1.น้ำอุณหภูมิห้อง 2.น้ำเย็น	-1.993 -1.993	0.046* 0.046*	-1.993 -1.993	0.046* 0.046*

* p-value < 0.05

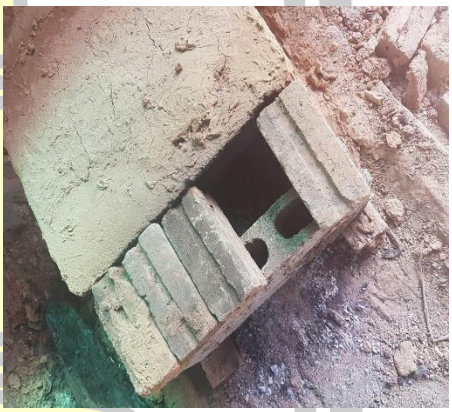
พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ภาคผนวก ง
ภาพประกอบการวิจัย

การสร้างเตา และระบบการดักเก็บน้ำส้มควันไม้

กระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้

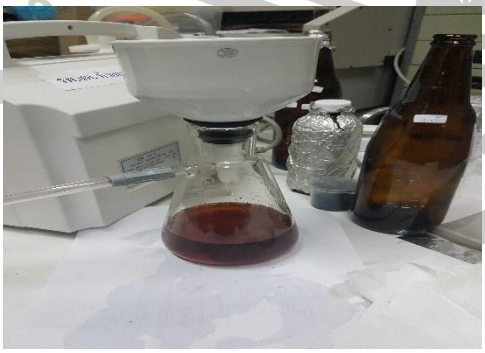
ช่องปรับอากาศเพื่อควบคุมอุณหภูมิหน้าเตา



พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

น้ำส้มควันไม้ และถ่านจากเปลือกหมาก

การกำจัดน้ำมันดินด้วยวิธีเติมอากาศและดูดวับร่มกับการกรอง

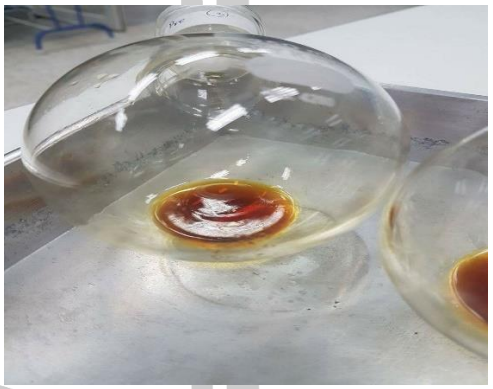


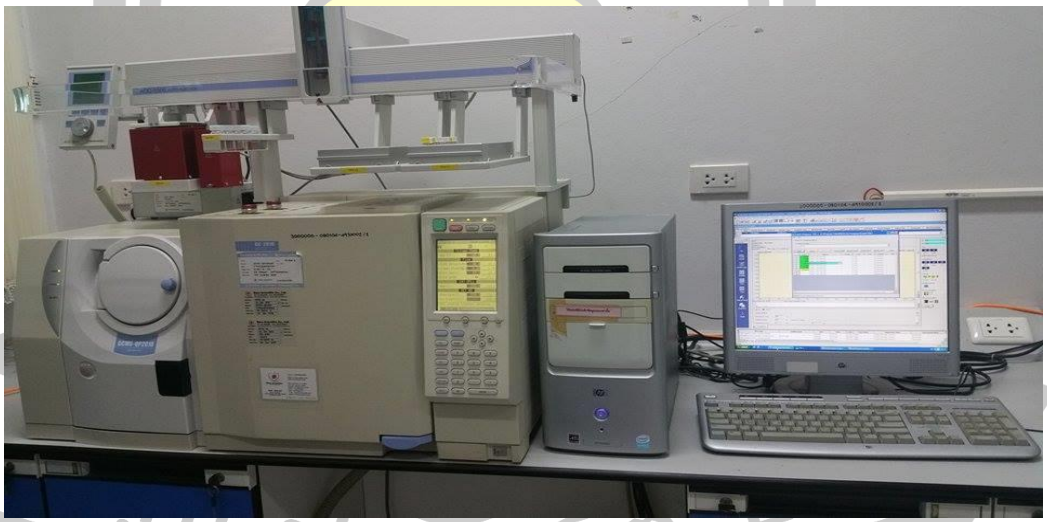
การกำจัดน้ำมันดินด้วยวิธีการกรองร่วมกับการดูดซับ

การกำจัดน้ำมันดินด้วยวิธีการตั้งทิ้งไว้ 90 วัน

การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้

การตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีของน้ำส้มควันไม้





ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางบุศรา ศรีชัย
วันเกิด	วันที่ 30 กรกฎาคม พ.ศ. 2517
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 103 หมู่ที่ 3 ตำบลห้วยยาง อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ รหัสไปรษณีย์ 36180
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	นักวิชาการสาธารณสุข ชำนาญการ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลห้วยยาง ตำบลห้วยยาง อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ รหัสไปรษณีย์ 36180
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2532 มัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนชุมแพศึกษา อำเภอชุมแพ จังหวัดขอนแก่น พ.ศ. 2535 มัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนชุมแพศึกษา อำเภอชุมแพ จังหวัดขอนแก่น พ.ศ. 2537 ประกาศนียบัตรพยาบาลศาสตร์ ระดับต้น วิทยาลัยบรมราชชนนี สระบุรี พ.ศ. 2547 ปริญญาสาธารณสุขศาสตรบัณฑิต (ส.บ.) สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2561 ปริญญาสาธารณสุขศาตรมหาบัณฑิต (ส.ม.) สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว