



ความเป็นไปได้การใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเติมเพื่อปรับปรุงคุณภาพ
และป้องกันเชื้อราในการผลิตยางแผ่นและยางแท่ง

**Possibility of Using Wood Vinegar as an Additive Agent for Quality Improvement
and Anti Fungi for Sheet's Rubber and Block Rubber Production**

นำทิพย์ รัตนวรรณ

Namthip Rattanawan

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Engineering in Chemical Engineering
Prince of Songkla University**

2552

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

(1)

ชื่อวิทยานิพนธ์ ความเป็นไปได้การใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเติมเพื่อปรับปรุงคุณภาพและป้องกัน
เชื้อราในการผลิตยางแผ่นและยางแท่ง
ผู้เขียน นางสาวน้ำทิพย์ รัตนวรรณ
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

คณะกรรมการสอบ

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุลชนาฐ ประเสริฐสิทธิ์) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ผกามาศ เจษฎ์พัฒนานนท์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุลชนาฐ ประเสริฐสิทธิ์)

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุไรวัลย์ รัตนะพิสิฐ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุไรวัลย์ รัตนะพิสิฐ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชญาอนุช แสงวิเชียร)

..... กรรมการ
(ดร.สรัญญา ชวพันธ์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.เกริกชัย ทองหนู)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์	ความเป็นไปได้การใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเติมเพื่อปรับปรุงคุณภาพ และป้องกันเชื้อราในการผลิตยางแผ่นและยางแท่ง
ผู้เขียน	นางสาวน้ำทิพย์ รัตนวรรณ
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา	2552

บทคัดย่อ

เนื่องจากน้ำส้มควันไม้มีความสามารถในการยับยั้งเชื้อราในไม้อย่างและช่วยให้ยางเกิดการจับตัวได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเติมเพื่อปรับปรุงคุณภาพและป้องกันเชื้อราในกระบวนการผลิตยางแผ่นและยางแท่ง โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้น้ำส้มควันไม้กะละมะพร้าวที่ผลิตได้จาก อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา เป็นสารเติม จากการตรวจสอบองค์ประกอบของน้ำส้มควันไม้โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีและหาคุณสมบัติทางกายภาพก่อนนำไปใช้เป็นสารเติมในกระบวนการผลิตยาง พบว่า น้ำส้มควันไม้กะละมะพร้าวมีองค์ประกอบของกรดอะซิติกเป็นหลัก มีค่าความเป็นกรดที่ 2.62 ค่าความถ่วงจำเพาะ 1.014 และมีจุดเดือดอยู่ในช่วง 99 – 106°C สำหรับผลของการเติมน้ำส้มควันไม้ในการปรับปรุงคุณภาพยาง พบว่า ในกระบวนการผลิตยางแผ่นซึ่งใช้น้ำส้มควันไม้ในปริมาณตั้งแต่ 0–50 มิลลิลิตรเป็นสารเติมและใช้น้ำ, น้ำมัน, กรดซัลฟิวริก เป็น 300, 300, 90 มิลลิลิตร ตามลำดับ พบว่า การเติมปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่มากขึ้นทำให้ยางแผ่นมีค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นและดัชนีความอ่อนตัวที่สูงขึ้น รวมทั้งยังมีความสามารถในการต้านเชื้อราได้ดีขึ้น โดยสัดส่วนของน้ำ: น้ำมัน: กรดซัลฟิวริก: น้ำส้มควันไม้ที่เหมาะสม คือ 300: 300: 90: 30

สำหรับการผลิตยางแท่ง พบว่า เมื่อระยะเวลาในการจุ่มแช่ขึ้นยางในสารละลายน้ำส้มควันไม้ นานขึ้นทำให้ปริมาณสิ่งสกปรก ปริมาณเถ้า ปริมาณสิ่งระเหยลดลง ส่วนความเข้มข้นของสารละลายน้ำส้มควันไม้ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความอ่อนตัวเริ่มต้น ดัชนีความอ่อนตัว ความหนืดมูนี้เพิ่มขึ้นและปริมาณสิ่งสกปรกอย่างมีนัยสำคัญ โดยสภาวะที่เหมาะสม คือ ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาในการจุ่มแช่ 10 เปอร์เซ็นต์ที่ 120 ชั่วโมง

Thesis Title	Possibility of using wood vinegar as an additive agent for quality improvement and anti fungi for sheet's rubber and block rubber production.
Author	Miss Namthip Rattanawan
Major Program	Chemical Engineering
Academic Year	2009

ABSTRACT

Due to wood vinegar can be used as anti fungi and coagulating agents for rubber production, thus the objective of this research is to study the possibility of using wood vinegar as an additive agent in order to improve the physical and anti fungi properties for sheet rubber and block rubber productions. The wood vinegar used in this work was produced from coconut shell burning in Hatyai, Songkhla province area. Before using, the chemical composition and physical properties were determined. By using gas chromatography, it was found that wood vinegar mainly composed of acetic acid. The pH, specific gravity and boiling range of wood vinegar are 2.62, 1.014 and 99–106 °C, respectively.

To study the effect of wood vinegar as the additive for sheet rubber by varying the amount of wood vinegar from 0–50 ml and fixing the amount of water, latex and sulfuric acid ratio at 300, 300 and 90 ml, respectively. The result shows that increasing the amount of wood vinegar increases initial plasticity, plasticity retention index and anti fungi. The optimal amount of wood vinegar for sheet rubber production this fixed ratio is 30 ml.

In the part of block rubber production, increasing wood vinegar immersing time can reduce dirt and ash content. Where as increasing the wood vinegar concentration increases initial plasticity, plasticity retention index, mooney viscosity and reduces nitrogen content, dirt content, significantly. The optimal condition of using wood vinegar for block rubber production is at the concentration of 10% (v/v) for immersing time 120 hr.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุลชนาฐ ประเสริฐสิทธิ์ ประธานกรรมการ
ที่ปรึกษาที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ รวมทั้งให้กำลังใจและวิธีการแก้ปัญหาในการทำ
วิทยานิพนธ์ ตลอดจนช่วยตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ดำเนินไปอย่างถูกต้องสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จูไรวัลย์ รัตนะพิสิฐ กรรมการที่ปรึกษาร่วม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศกามาศ เจษฎ์พัฒนานนท์และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชญานุช แสงวิเชียร
กรรมการผู้แทนคณะวิศวกรรมศาสตร์ และ ดร.สรินญา ชวพันธ์ กรรมการผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่
กรุณาให้คำแนะนำและตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย และสำนักงานกองทุน
สนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่จัดสรรเงินทุนในการวิจัย รวมทั้งศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ภาควิชา
วิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์ ที่ให้ความ
อนุเคราะห์ในการใช้สถานที่ทำการทดลองและวิเคราะห์ตัวอย่าง

ขอขอบพระคุณบริษัทถาวรอุตสาหกรรมยางพารา จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์
สถานที่ในการทำการทดลอง และการวิเคราะห์ตัวอย่าง

ขอกราบขอบพระคุณครอบครัว “รัตนวรรณ” ที่ให้กำลังใจกำลังทรัพย์ และ
สนับสนุนในการศึกษามาโดยตลอด ขอขอบคุณ พี่ๆ น้อง ๆ เพื่อน ๆ และเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรม
เคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ ตลอดจนทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ ที่มีส่วนให้ความช่วยเหลือและให้
คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

น้ำทิพย์ รัตนวรรณ

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	(4)
สารบัญภาพ	(8)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 บทนำตั้งเรื่อง	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 แนวทางการแก้ปัญหา	2
1.4 ขอบเขตและวิธีการดำเนินงานวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	3
บทที่ 2 การตรวจเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ปริมาณการผลิตยางธรรมชาติ	4
2.2 สมบัติของน้ำยางสด	4
2.3 การผลิตยางแห้ง	6
2.3.1 การผลิตยางแบบธรรมดา	6
2.3.2 การผลิตยางระบบคุณภาพมาตรฐาน	7
2.3.2.1 การผลิตยางแห้งจากน้ำยางสด	10
2.3.2.2 การผลิตยางแห้งจากยางแผ่น	11
2.3.2.4 การผลิตยางแห้งจากยางก้อนจับตัว	11
2.4 คุณภาพของยาง	12
2.4.1 ยางแผ่น	12
2.4.2 ยางแท่ง	12
2.5 น้ำส้มควันไม้	14
2.6 การทดสอบความสามารถในการต้านเชื้อรา	18
2.6.1 การแยกเชื้อบริสุทธิ์โดยการเทเพลท	18
2.6.2 วิธีการวัดการเจริญของเชื้อรา	19
2.7 การหาต้นทุนการผลิต	20
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการศึกษา	25

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.1 วัสดุ	25
3.2 อุปกรณ์	26
3.3 วิธีการทดลอง	31
3.3.1 การตรวจสอบคุณสมบัติของวัตถุดิบ	31
3.3.2 การทดลองการใช้น้ำส้มควันไม้ในกระบวนการผลิตยางแผ่น	31
3.3.3 การทดลองการใช้น้ำส้มควันไม้ในกระบวนการผลิตยางแท่ง	33
3.3.4 การวิเคราะห์ทางกายภาพและการทดสอบสมบัติของยาง	33
3.3.5 การทดสอบความสามารถในการต้านเชื้อรา	34
3.3.6 การหาต้นทุนการผลิต	34
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์การทดลอง	35
4.1 การตรวจสอบคุณสมบัติของวัตถุดิบ	35
4.2 ผลของน้ำส้มควันไม้ในกระบวนการผลิตยางแผ่น	36
4.3 การทดสอบความสามารถในการต้านเชื้อราในยางแผ่น	42
4.4 การหาต้นทุนการผลิตยางแผ่น	48
4.5 ผลการใช้น้ำส้มควันไม้ในกระบวนการผลิตยางแท่ง	49
4.6 การทดสอบความสามารถในการต้านเชื้อราในยางแท่ง	56
4.7 การหาต้นทุนการผลิตยางแท่ง	58
บทที่ 5 สรุปการทดลองและข้อเสนอแนะ	59
5.1 สรุป	59
5.2 ข้อเสนอแนะ	60
บรรณานุกรม	61
ภาคผนวก	64
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ทางกายภาพและการทดสอบสมบัติของยาง	65
ภาคผนวก ข ข้อมูลดิบ	74
ภาคผนวก ค วิธีคิดราคาขาย	92
ภาคผนวก ง ผลวิเคราะห์น้ำส้มควันไม้กะลามะพร้าวด้วยเครื่อง GC	93
ประวัติผู้เขียน	95

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงองค์ประกอบของน้ำยางสด	5
2.2 การกำหนดขีดจำกัดของคุณสมบัติยางแท่งเอสทีอาร์ชั้นต่างๆ	8
2.3 ชนิดสารประกอบในน้ำส้มควันไม้	15
2.4 แสดงมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มควันไม้ดิบ	16
2.5 คุณสมบัติของน้ำส้มควันไม้ที่มีคุณภาพ	16
2.6 แสดงองค์ประกอบในไม้ชนิดต่างๆ	21
3.1 สัดส่วนกระบวนการผลิตยางแผ่นระดับปฏิบัติการ	32
3.2 สัดส่วนกระบวนการผลิตยางแผ่นระดับชาวบ้าน	32
3.3 แสดงการเตรียมสารละลายน้ำส้มควันไม้ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ	33
4.1 คุณสมบัติวัตถุที่ใช้ในการวิจัย	35
4.2 องค์ประกอบของน้ำส้มควันไม้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี36	36
4.3 แสดงต้นทุนการผลิตยางแผ่น	48
ข.1 ผลของการใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเติมในกระบวนการผลิตยางแผ่น ระดับปฏิบัติการ สัดส่วน น้ำยาง: น้ำ: กรดซัลฟิวริก คือ 300:300: 90 มิลลิลิตร	74
ข.2 การใช้น้ำส้มควันไม้กะลามะพร้าวเป็นสารเติมในกระบวนการผลิตยางแผ่น	74
ข.3 การใช้น้ำส้มควันไม้เกรดการค้าเป็นสารเติมในกระบวนการผลิตยางแผ่นระดับ ปฏิบัติการ สัดส่วน น้ำยาง: น้ำ: กรดซัลฟิวริก คือ 300:300: 90 มิลลิลิตร	75
ข.4 การใช้น้ำส้มควันไม้เกรดการค้าเป็นสารเติมในกระบวนการผลิตยางแผ่น	75
ข.5 คุณสมบัติทางกายภาพ P ₀ , PRI, Mooney viscosity. ของยางแผ่นระดับชาวบ้าน สัดส่วน น้ำยาง: น้ำ: กรดซัลฟิวริก คือ 1,500: 1,500: 450 มิลลิลิตร	76
ข.6 ผลของการใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเติมในการผลิตยางแผ่นระดับชาวบ้าน	76
ข.7 คุณสมบัติทางกายภาพของยางแผ่น ระดับชาวบ้าน สัดส่วน น้ำยาง: น้ำ: กรดฟอร์มิค คือ 1,500: 1,500:450 มิลลิลิตร	77
ข.8 ผลของการใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเติมในกระบวนการ ผลิตยางแผ่นระดับชาวบ้าน	77
ข.9 ข้อมูลดิบยางแท่งความหนืดมูนี่	78
ข.10 ข้อมูลดิบความอ่อนตัวเริ่มต้น	79
ข.11 ข้อมูลดิบดัชนีความอ่อนตัว	80

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
ข.12 ข้อมูลดิบปริมาณสิ่งสกปรก	81
ข.13 ข้อมูลดิบปริมาณสิ่งระเหย	82
ข.14 ข้อมูลดิบปริมาณเถ้า	83
ข.15 ข้อมูลดิบปริมาณไนโตรเจน	84
ข.16 ปริมาณสิ่งสกปรกของยางเมื่อแช่ในน้ำส้มควันไม้ที่เวลาต่างๆ	85
ข.17 ปริมาณสิ่งสกปรกเฉลี่ยของยางเมื่อแช่ในน้ำส้มควันไม้ ที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆ	85
ข.18 ปริมาณสิ่งระเหยของยางเมื่อแช่ในน้ำส้มควันไม้ที่เวลาต่างๆ	86
ข.19 ปริมาณสิ่งระเหยเฉลี่ยของยางเมื่อแช่ในน้ำส้มควันไม้ ที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆ	86
ข.20 ปริมาณเถ้าของยางเมื่อแช่ในน้ำส้มควันไม้ที่เวลาต่างๆ	87
ข.21 ปริมาณเถ้าเฉลี่ยของยางเมื่อแช่ในน้ำส้มควันไม้ ที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆ	87
ข.22 ปริมาณไนโตรเจนของยางเมื่อแช่ในน้ำส้มควันไม้ที่เวลาต่างๆ	88
ข.23 ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยของยางเมื่อแช่ในน้ำส้มควันไม้ ที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆ	88
ข.24 ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นของยางเมื่อแช่ในน้ำส้มควันไม้ที่เวลาต่างๆ	89
ข.25 ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นเฉลี่ยของยางที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆ	89
ข.26 ค่าดัชนีความอ่อนตัวของยางเมื่อแช่ในน้ำส้มควันไม้ที่เวลาต่างๆ	90
ข.27 ค่าดัชนีความอ่อนตัวเฉลี่ยของยางที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆ	90
ข.28 ค่าความหนืดของยางเมื่อแช่ในน้ำส้มควันไม้ที่เวลาต่างๆ	91
ข.29 ค่าความหนืดเฉลี่ยของยางที่ความเข้มข้นและเวลาต่างๆ	91

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบที่	หน้า
2.1 แสดงชนิดและสัดส่วนยางที่ส่งออก	4
2.2 แสดงกระบวนการผลิตยางแท่ง	9
2.3 แสดงส่วนประกอบของน้ำส้มควันไม้ดิบที่เก็บจากการกลั่นตัวที่ปล่องควัน	17
2.4 แสดงวิธีการแยกเชื้อบริสุทธิ์โดยการเทเพลาท	18
2.5 การนับจำนวนแบคทีเรียในจานเพาะเชื้อโดยวิธีทำให้เจือจาง	19
3.1 เครื่องกรองแบบลดความดัน	27
3.2 เครื่องกลั่นมาตรฐาน ASTM D 86	28
3.3 เครื่องรีดยางแผ่น	28
3.4 เครื่องผสมสองลูกกลิ้ง	29
3.5 เครื่องวัดความหนืดมูนนี่วิส โคมิเตอร์	29
3.6 เครื่องพลาสติกมิเตอร์แบบ Wallace	30
3.7 เครื่องตัดชิ้นยาง	30
3.8 เครื่องกลั่นเพื่อหาปริมาณไนโตรเจน	31
4.1 ผลการทดลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความอ่อนตัวเริ่มต้นของยางแผ่นกับปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ใช้เป็นสารเติมโดยใช้สัดส่วนระหว่างน้ำยาง: น้ำ: กรดซัลฟิวริก เป็น 300: 300: 90 มิลลิลิตร	36
4.2 ผลการทดลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีความอ่อนตัวของยางแผ่นกับปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ใช้เป็นสารเติมโดยใช้สัดส่วนระหว่างน้ำยาง: น้ำ: กรดซัลฟิวริก เป็น 300: 300: 90 มิลลิลิตร	37
4.3 ผลการทดลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดของยางแผ่นกับปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ใช้เป็นสารเติมโดยใช้สัดส่วนระหว่างน้ำยาง: น้ำ: กรดซัลฟิวริก เป็น 300: 300: 90 มิลลิลิตร	38
4.4 ผลการทดลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดมูนนี่ของยางแผ่นกับปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ใช้เป็นสารเติมโดยใช้สัดส่วนระหว่างน้ำยาง: น้ำ: สารละลายกรด เป็น 1,500: 1,500: 450 มิลลิลิตร	39

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบที่	หน้า
4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความอ่อนตัวเริ่มต้นของยางแผ่นกับปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ใช้เป็นสารเติมโดยใช้สัดส่วนระหว่างน้ำยาง: น้ำ: สารละลายกรด เป็น 1,500: 1,500: 450 มิลลิลิตร	40
4.6 ผลการทดลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีความอ่อนตัวของยางแผ่นกับปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ใช้เป็นสารเติมโดยใช้สัดส่วนระหว่างน้ำยาง: น้ำ: สารละลายกรด เป็น 1,500: 1,500: 450 มิลลิลิตร	41
4.7 เชื้อราบนแผ่นยางที่มีสัดส่วนการจับตัวของกรดน้ำส้มชาวบ้าน 90 ml: น้ำส้มควันไม้กะลามะพร้าว A (Control), B (5 ml), C (10 ml), D (20 ml), E (30 ml), F (40 ml) และ G (50 ml)	44
4.8 เชื้อราบนแผ่นยางที่มีสัดส่วนการจับตัวของกรดน้ำส้มชาวบ้าน 90 ml: น้ำส้มควันไม้เกรดการค้านำเข้า A (Control), B (5 ml), C (10 ml), D (20 ml), E (30 ml), F (40 ml) และ G (50 ml)	45
4.9 เชื้อราบนแผ่นยางที่มีสัดส่วนการจับตัวของกรดฟอร์มิก 450 ml: น้ำส้มควันไม้กะลามะพร้าว A (Control), B (25 ml), C (50 ml), D (100 ml), E (150 ml), F (200 ml) และ G (250 ml)	46
4.10 เชื้อราบนแผ่นยางที่มีสัดส่วนการจับตัวของกรดน้ำส้มชาวบ้าน 450 ml: น้ำส้มควันไม้กะลามะพร้าว A (Control), B (25 ml), C (50 ml), D (100 ml), E (150 ml), F (200 ml) และ G (250 ml)	47
4.11 ผลการทดลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสิ่งสกปรกในยางแท่งกับความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ในการจุ่มแช่ขึ้นยางที่เวลาต่าง ๆ	49
4.12 ผลการทดลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสิ่งระเหยในยางแท่งกับความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ในการจุ่มแช่ขึ้นยางที่เวลาต่าง ๆ	50
4.13 ผลการทดลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเถ้าในยางแท่งกับความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ในการจุ่มแช่ขึ้นยางที่เวลาต่าง ๆ	51
4.14 ผลการทดลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนในยางแท่งกับความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ในการจุ่มแช่ขึ้นยางที่เวลาต่าง ๆ	52

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบที่	หน้า
4.15 ผลการทดลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความอ่อนตัวเริ่มต้นในยางแท่งกับความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ในการจุ่มแช่ขึ้นยว่งที่เวลาต่าง ๆ	53
4.16 ผลการทดลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความอ่อนตัวของยางแท่งกับความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ในการจุ่มแช่	54
4.17 ผลการทดลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของยางแท่งกับความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ในการจุ่มแช่	55
4.18 เซ็รารบยว่งแท่งที่มีการจุ่มแช่น้ำส้มควันไม้เวลา 24 ชั่วโมงที่ความเข้มข้น 1% (A), 3 % (B), 5 % (C), 7% (D) และ 10% (E) โดยปริมาตร	57

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำสั้นเรื่อง

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยและตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534 เป็นต้นมา ประเทศไทยมีการส่งออกยางธรรมชาติมาเป็นอันดับหนึ่งของโลก ผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติที่ออก ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของยางแผ่น ยางแผ่นรมควัน ยางแท่งและน้ำยางข้น และผลิตภัณฑ์ที่มีการแปร รูป เช่น ยางรถยนต์ ชิ้นส่วนรถยนต์ ถุงมือ ถุงยางอนามัย เป็นต้น

การผลิตยางแผ่นเป็นกระบวนการที่ชาวสวนยางพาราสามารถทำได้เอง โดยการนำ ยางพาราที่กรี๊ดได้มาใส่ในตะกวดแล้วรอให้ยางจับตัวหลังจากนั้นจึงนำไปฝั่งลมเพื่อให้ยางแห้ง สำหรับในส่วนของกระบวนการผลิตยางแท่งนั้นมีกระบวนการผลิตในระดับอุตสาหกรรมโดยมีหลักการ คือ การย่อยชิ้นยางให้มีขนาดเล็กที่สุด เพื่อจะได้มีปริมาณสิ่งสกปรกน้อยที่สุดหลังจากนั้นนำเข้าเตาอบ เพื่อไล่ความชื้นของยาง อย่างไรก็ตามเนื่องจากสภาพภูมิอากาศของประเทศที่เป็นแบบร้อนชื้น โดยเฉพาะทางภาคใต้ของประเทศไทยที่มีพื้นที่ปลูกยางพารามากที่สุด ปริมาณน้ำฝนที่มากและ สถานที่เก็บยางแผ่นและยางแท่งไม่ได้มาตรฐานส่งผลให้เกิดเชื้อราขึ้นกับยางได้ ซึ่งทำให้มูลค่าของ ยางลดลงและนอกจากจะส่งผลกระทบต่อราคายางแล้วเชื้อราที่เกิดขึ้นยังส่งผลกระทบต่อสุขภาพ ของคนงานในอุตสาหกรรมการผลิตยางแผ่นที่ต้องหายใจรับเอาเชื้อราเข้าสู่ร่างกายก่อให้เกิดโรค ต่าง ๆ มากมาย ดังนั้นจึงต้องหาวิธีการเพื่อป้องกันเชื้อราดังกล่าว เช่น การใช้สารเติมแต่ง จากการ สืบค้นข้อมูลทางวิชาการพบว่าน้ำส้มควันไม้มีคุณสมบัติในการทำให้เกิดการจับตัวกันของน้ำยาง (Ferreira *et al.*, 2004) และน้ำส้มควันไม้มีคุณสมบัติที่สามารถป้องกันเชื้อราของจีนไม้ได้ดี (Kartal *et al.*, 2004; Nakai *et al.*, 2005)

น้ำส้มควันไม้มีชื่อเรียกทางวิทยาศาสตร์ว่า Pyroligneous acid หรือที่รู้จักในชื่อของ smoke acid และ wood vinegar โดยมีองค์ประกอบทางเคมีมากกว่า 200 ชนิด ได้แก่ กรดอะซิติก เมทานอล ฟอร์มัลดีไฮด์ ฟีนอล เป็นต้น นอกจากการใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารสำหรับแต่งกลิ่นควัน ในอาหารตามที่คณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (FDA) อนุญาตให้ใช้และพบว่า สามารถใช้น้ำส้มควันไม้เป็นส่วนผสมของเครื่องสำอาง และสามารถนำมาใช้เคลือบผิวไม้เพื่อ ป้องกันมอด แมลง และรา ทดแทนสารเคมีอันตรายบางชนิด

น้ำส้มควันไม้ เป็นผลพลอยได้จากการเผาถ่านไม้ ได้จากการควบแน่นควันที่เกิดจากการ เผาถ่านโดยน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้จะเป็นของเหลวสีน้ำตาลใส มีกลิ่นควันไฟ กระบวนการผลิต

สามารถทำได้ง่าย ราคาต้นทุนในการผลิตไม่สูงมาก ดังนั้นการผลักดันการใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเคมีทดแทน หรือเป็นสารเติมแต่งเพื่อปรับปรุงคุณภาพการผลิตยางแผ่นและยางแท่งในระดับอุตสาหกรรมและชุมชนจึงเป็นเรื่องที่มีความเป็นไปได้สูงมาก

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้น้ำส้มควันไม้ในการปรับปรุงคุณภาพยางธรรมชาติ และป้องกันเชื้อราในยางแผ่นและยางแท่ง

1.3 แนวทางในการแก้ปัญหา

จากการสืบค้นข้อมูลทางวิชาการพบว่าน้ำส้มควันไม้มีคุณสมบัติในการทำให้เกิดการจับตัวกันของน้ำยาง (Ferreira *et al.*, 2004) และการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ต่อการป้องกันเชื้อราและปลวก ผลปรากฏว่าเมื่อนำไม้มาจุ่มแช่ในน้ำส้มควันไม้สามารถทำให้ไม้ทนทานต่อเชื้อราได้มากขึ้น (Kartal *et al.*, 2004; Nakai *et al.*, 2005) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะเป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้น้ำส้มควันไม้ในการปรับปรุงคุณภาพยางและป้องกันเชื้อราในยางแผ่นและยางแท่ง โดยแบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วน คือ การใช้น้ำส้มควันไม้สำหรับยางแผ่นและยางแท่ง ในส่วนของกระบวนการผลิตยางแผ่นนั้นจะใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเติมเพื่อให้ยางจับตัวโดยการปรับเปลี่ยนปริมาตรน้ำส้มควันไม้ที่ใช้เป็นสารเติม ส่วนในกระบวนการผลิตยางแท่งนั้นจะใช้วิธีการจุ่มแช่ชิ้นยางก่อนเข้าสู่กระบวนการอบ หลังจากนั้นนำยางแผ่นและยางแท่งที่ได้มาศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และความสามารถในการต้านเชื้อราในยางแผ่นและยางแท่ง

1.4 ขอบเขตและวิธีการดำเนินงานวิจัย

1. ออกแบบการทดลองและทำการทดลองเพื่อทดสอบการใช้น้ำส้มควันไม้ในการผลิตยางแผ่น
2. ออกแบบการทดลองและทำการทดลองเพื่อทดสอบการใช้น้ำส้มควันไม้ในการผลิตยางแท่ง
3. ศึกษาคุณสมบัติของยางที่ได้ด้วยเครื่องมือวิเคราะห์และความสามารถป้องกันเชื้อราเทียบกับชุดควบคุม

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

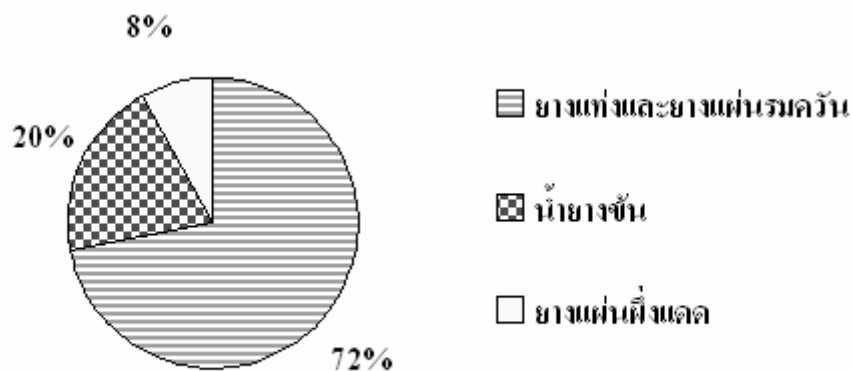
1. ได้ข้อมูลพื้นฐานของน้ำส้มควันไม้ที่มีส่วนในการนำมาปรับปรุงคุณภาพและป้องกันเชื้อราในยางแผ่นและยางแท่ง
2. ได้ผลงานวิจัยตีพิมพ์และเผยแพร่ในวารสารทางวิชาการ

บทที่ 2

การตรวจเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปริมาณการผลิตยางธรรมชาติ

ยางธรรมชาติมีการผลิตในประเทศหลัก ๆ คือ ประเทศไทย ประเทศอินโดนีเซีย และประเทศมาเลเซีย ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยเป็นผู้ผลิตยางธรรมชาติส่งออกเป็นอันดับที่ 1 สำหรับการผลิตรายธรรมชาติของโลกเพิ่มขึ้นจาก 8.65 ล้านตันในปี พ.ศ.2547 เป็น 9.19 ล้านตันในปี 2549 โดยในช่วงปี 2547-2549 ปริมาณการผลิตยางธรรมชาติของโลกได้ขยายตัวในอัตราเฉลี่ยร้อยละ 4.9 ต่อปี นอกจากผลิตรายธรรมชาติได้มากเป็นอันดับ 1 ของโลกแล้วประเทศไทยยังเป็นประเทศที่มีการส่งออกยางธรรมชาติมากที่สุดในโลกด้วยโดยในปี 2549 ปริมาณการส่งออกยางของไทยมีทั้งสิ้น 2.77 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจากปี 2545 ที่มีปริมาณการส่งออก 2.35 ล้านตัน หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 17.72 ซึ่งไทยมีสัดส่วนการส่งออกยางแสดงดังภาพประกอบที่ 2.1 (กรมวิชาการเกษตร, 2550)



ภาพประกอบที่ 2.1 ชนิดและสัดส่วนยางที่ส่งออก

2.2 สมบัติของน้ำยางสด

น้ำยางสด จากต้นยางพารามีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวหรือครีมโดยมีอนุภาคยางแขวนลอยอยู่ในตัวกลางที่เป็นน้ำ อนุภาคของยางมีรูปร่างกลม ขนาด 0.05–5 ไมครอน ความหนาแน่น 0.975–0.980 กรัมต่อมิลลิเมตร ค่าความเป็น กรด-ด่างประมาณ 6.5–7 ค่าความหนืดประมาณ 12-15 cP โดยองค์ประกอบของน้ำยางสดแสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบของน้ำยางสด

องค์ประกอบ	ร้อยละเชิงปริมาตร
อนุภาคของยาง	30 - 40
สารพวกโปรตีน	2 - 3
สารพวกเรซิน	1.5 - 3
ขี้เถ้า	0.5 - 1
น้ำตาล	1 - 2
สเตอรอลไกลโคไซด์	0.1-0.5
เกลืออนินทรีย์	< 0.2
น้ำ	55 -65

ที่มา: เสาวนีย์, 2547

ผิวของอนุภาคยางมีเยื่อหุ้มที่ประกอบด้วยไขมันและโปรตีน โดยแต่ละอนุภาคมีประจุลบของโปรตีนอยู่รอบนอกทำให้เกิดแรงผลักระหว่างอนุภาคของยางด้วยกัน ซึ่งมีผลทำให้ยางสามารถคงอนุภาคเป็นของเหลวได้ ดังนั้นเมื่อมีการทำลายเยื่อหุ้มอนุภาคโดยการสะเทินอนุภาคด้วยกรดทำให้อนุภาคของยางที่แขวนลอยอยู่ในตัวกลางเกิดการจับตัวกันเป็นก้อน

น้ำยางสดที่ได้จากการกรีดยางจะคงสภาพน้ำยางได้ไม่เกิน 6 ชั่วโมง หลังจากนั้นจะเกิดการจับตัวกันจากเม็ดเล็ก ๆ จนถึงเป็นก้อนขนาดใหญ่ และเกิดการแยกเป็นสองส่วน คือส่วนที่เป็นเนื้อยางและส่วนที่เป็นเซรัม ซึ่งจะเกิดการบูดเน่าได้ในเวลาต่อมา สำหรับการผลิตยางแผ่นที่ใช้ น้ำยางสดนั้น พบว่าหากผู้ผลิตอยู่ในกลุ่มสวนยางขนาดเล็กแล้ว ผู้ผลิตไม่จำเป็นต้องใส่สารป้องกันการจับตัวของน้ำยาง เพราะชาวสวนมักจะนำน้ำยางมาผลิตเป็นยางแผ่นทันที อย่างไรก็ตามหากผู้ผลิตเป็นสวนยางขนาดใหญ่แล้ว จำเป็นต้องมีการใส่สารเคมี เช่น แอมโมเนีย ฟอรั่มลดีไฮด์ โซเดียมซัลไฟต์ ฯลฯ เพื่อป้องกันการจับตัวของน้ำยาง เพราะต้องใช้เวลาในการรวบรวมน้ำยางปริมาณมากเพื่อนำมาผลิต ถึงแม้จะมีสารเคมีเพื่อป้องกันการจับตัวกันของน้ำยางหลายชนิดก็ตาม ในทางปฏิบัติแอมโมเนียเป็นสารเคมีที่นิยมใช้มาก ปริมาณการใช้แอมโมเนียมีผลต่อระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำยาง เช่น หากต้องการรักษาน้ำยางสดไว้ประมาณ 3-10 ชั่วโมงควรใส่แอมโมเนียประมาณ 0.01-0.05% ต่อน้ำหนักยาง ถ้าหากต้องการรักษาน้ำยางไว้ประมาณ 1-2 วัน ควรเพิ่มปริมาณแอมโมเนียเป็น 0.15% ต่อน้ำหนักยาง การใส่แอมโมเนียในปริมาณที่สูงจนเกินไป มีผลทำให้น้ำยางจับตัวเป็นเม็ดเล็ก ๆ ขณะทำยางแผ่นต้องใช้ปริมาณกรดเพิ่มขึ้นเพื่อให้ยางเกิดการจับตัวที่

ดี แต่การใช้กรดในปริมาณที่สูงมีผลทำให้ค่าดัชนีความอ่อนตัวของยางมีค่าลดลง หากล้างกรดออกไม่หมด ยางแผ่นจะเหนียวและมีสีคล้ำกว่าปกติ (เสาวนีย์, 2547)

2.3 การผลิตยางแห้ง (เสาวนีย์, 2547)

ยางแห้ง หมายถึง ยางจากต้นยางพาราหรือยางดิบที่นำเข้าสู่กระบวนการแปรรูปเป็นยางแห้งชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง ยางแผ่นผึ่งแห้ง ยางเครพ ยางสกิมเครพ ดังนั้นการผลิตยางดิบในรูปของยางแห้งโดยทั่วไปแบ่งได้ 2 ประเภท คือ

2.3.1 การผลิตยางแบบธรรมดา (Conventional Rubber Process)

การผลิตยางแบบธรรมดา เช่น การผลิตยางแผ่นรมควัน ยางแผ่นผึ่งแห้ง และยางเครพ จะใช้วัตถุดิบจากต้นยาง เช่น น้ำยางจากสวน และน้ำยางที่จับตัวเองโดยธรรมชาติ ตัวอย่างกรรมวิธีการผลิตยางแผ่นเริ่มจากกระบวนการรวบรวมน้ำยาง (Latex Collection) การทำให้ยางจับตัว (Coagulation) การใช้เครื่องรีดยาง (Machining) การอบยางให้แห้ง (Drying) การจัดชั้นยาง (Grading) ตลอดจนการบรรจุหีบห่อ (Packing) สำหรับกรรมวิธีการผลิตยางแผ่นแบบชาวบ้านทั่วไปมีดังนี้ (เสาวนีย์, 2547)

1. นำน้ำยางสดที่ได้มากรองด้วยเครื่องกรองลวดเบอร์ 40 และ 60 เพื่อแยกสิ่งสกปรกออกมา
2. เจือจางน้ำยาง โดยนำน้ำยางสด 1 ส่วน ผสมน้ำสะอาด 1 ส่วน ใส่ลงในตะกอนขนาดบรรจุน้ำยางได้ 5-6 ลิตร แล้วกวนให้เข้ากัน
3. เตรียมสารละลายกรดซัลฟิวริกเจือจางเพื่อจับตัวก้อนยางโดยเตรียมที่ความเข้มข้น 2.5% โดยปริมาตร
4. เทสารละลายกรดซัลฟิวริกที่เจือจางแล้วลงในน้ำยางสดโดยการเทกรด กวนช้าๆ แล้วปาดฟองยางออก
5. ปล่อน้ำยางให้เกิดการจับตัว
6. เมื่อยางจับตัวดีแล้วใส่น้ำสะอาดลงไป ทำใหยางที่จับตัวหลุดออกจากตะกอน
7. ทำความสะอาดบริเวณที่จะใช้นวดยางและเครื่องรีดยางให้สะอาด
8. เทยางออกจากตะกอนแล้วนวดยางโดยในการนวดต้องนวดให้ได้ยางที่มีความบางสม่ำเสมอ
9. นำยางแผ่นที่ได้ไปรีดด้วยเครื่องรีดผิวเรียบให้มีความหนา ประมาณ 3-5 มิลลิเมตร
10. นำยางแผ่นเข้าเครื่องรีดยางลายดอกโดยได้ยางที่มีความหนาเฉลี่ย 2.8-3.2 มิลลิเมตร
11. นำยางไปผึ่งแดด เพื่อให้แห้ง

2.3.2 การผลิตยางแบบระบบคุณภาพมาตรฐาน (Technically Specified Rubber) หรือยางแท่ง

การผลิตยางแท่งเริ่มมีครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2508 โดยประเทศมาเลเซียเป็นประเทศแรก และใช้ชื่อว่ายางแท่ง เอส เอ็ม อาร์ (Standard Malaysia Rubber, SMR) ต่อมา มีจำนวนประเทศที่ผลิตยางแท่งเพิ่มขึ้นดังนั้นจึงต้องมีการปรับเปลี่ยนชื่อเรียกให้สอดคล้องกับมาตรฐานแต่ละประเทศ เช่น ประเทศอินโดนีเซียใช้ชื่อเรียก ยางแท่ง เอส ไอ อาร์ (Standard Indonesia Rubber, SIR) สำหรับประเทศไทยเริ่มผลิตยางแท่งครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2511 โดยเรียกว่ายางแท่ง ที ที อาร์ (Thai Test Rubber, TTR) จากนั้นสถาบันวิจัยยางจึงทำการแก้ไขและปรับปรุงวิธีปฏิบัติของการบรรจุหีบห่อ การควบคุมคุณภาพและเปลี่ยนชื่อเรียกเป็นยางแท่ง เอส ที อาร์ (Standard Thai Rubber, STR) ในปี พ.ศ. 2539 เพื่อให้สอดคล้องกับภาวะอุตสาหกรรมผลิตยาง และการเรียกชื่อยางแท่งตามหลักสากล โดยได้กำหนดให้ประกอบไปด้วยชั้นยาง 8 ชั้น ได้แก่ STR XL, STR 5L, STR 5, STR 5 V, STR 10, STR 10 CV, STR 20 และ STR 20 CV ซึ่งยางแท่งได้มีการกำหนดมาตรฐานชั้นยางโดยอาศัยสิ่งสกรปรกและสมบัติอื่นๆตามที่สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตรกำหนด แสดงดังตารางที่ 2.2

สำหรับวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตยางแท่งนั้นสามารถใช้ได้ทั้งน้ำยางสดที่ต้องทำให้จับตัวก่อน และยางแห้งที่จับตัวแล้ว เช่น ยางแผ่นดิบ ยางก้นถ้วย เศษยางก้นถ้วยและเศษยางอื่น ๆ โดยขั้นตอนหลักในการผลิตคือการตัดย่อยยางดิบให้เป็นชิ้นเล็กๆ ล้าง อบให้แห้งแล้วอัดเป็นแท่งสี่เหลี่ยมขนาด 33.3 กิโลกรัม เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตยางแท่ง สามารถใช้ได้ตั้งแต่วัตถุดิบที่สะอาด คือ น้ำยาง ไปจนถึงวัตถุดิบยางแห้ง ดังนั้น กระบวนการผลิตยางแท่งจึงมีความแตกต่างกัน ขึ้นกับชนิดวัตถุดิบ โดยสามารถแบ่งเป็นการผลิตจากน้ำยางสด ยางแผ่น และยางก้อนจับตัว ดังภาพประกอบที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การกำหนดขีดจำกัดของคุณสมบัติยางแท่งเอสทีอาร์ชั้นต่าง ๆ

สมบัติ/ชั้นยางแท่ง	STR XL	STR 5L	STR 5	STR 5 CV	STR 10	STR 10 CV	STR 20	STR 20 CV
	น้ำยาง		น้ำยาง/ยางแผ่น		ยางก้อน/ยางแผ่น			
ปริมาณสิ่งสกปรก, % ไม่เกิน	0.02	0.04	0.04	0.04	0.08	0.08	0.16	0.16
ปริมาณเถ้า, % ไม่เกิน	0.40	0.40	0.60	0.60	0.60	0.60	0.80	0.80
ปริมาณไนโตรเจน, % ไม่เกิน	0.50	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
ปริมาณสิ่งระเหย, % ไม่เกิน*	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
ค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกไม่ต่ำกว่า	35.00	35.00	30.00	-	30.00	-	30.00	-
ดัชนีความอ่อนตัวไม่ต่ำกว่า	60.00	60.00	60.00	60.00	50.00	50.00	40.00	40.00
สียางเทียบโดยบอลิบอนด์ไม่เกิน	4.00	6.00	-	-	-	-	-	-
ความหนืด ML (1+4) 100 °C	-	-	-	**	-	**	-	**
แถบสี	ฟ้า	เขียวอ่อน	เขียวอ่อน	ตัวอักษรขาวบนพื้นเขียวอ่อน	น้ำตาล	ตัวอักษรขาวบนพื้นสีน้ำตาล	แดง	ตัวอักษรสีขาวบนพื้นสีน้ำตาล

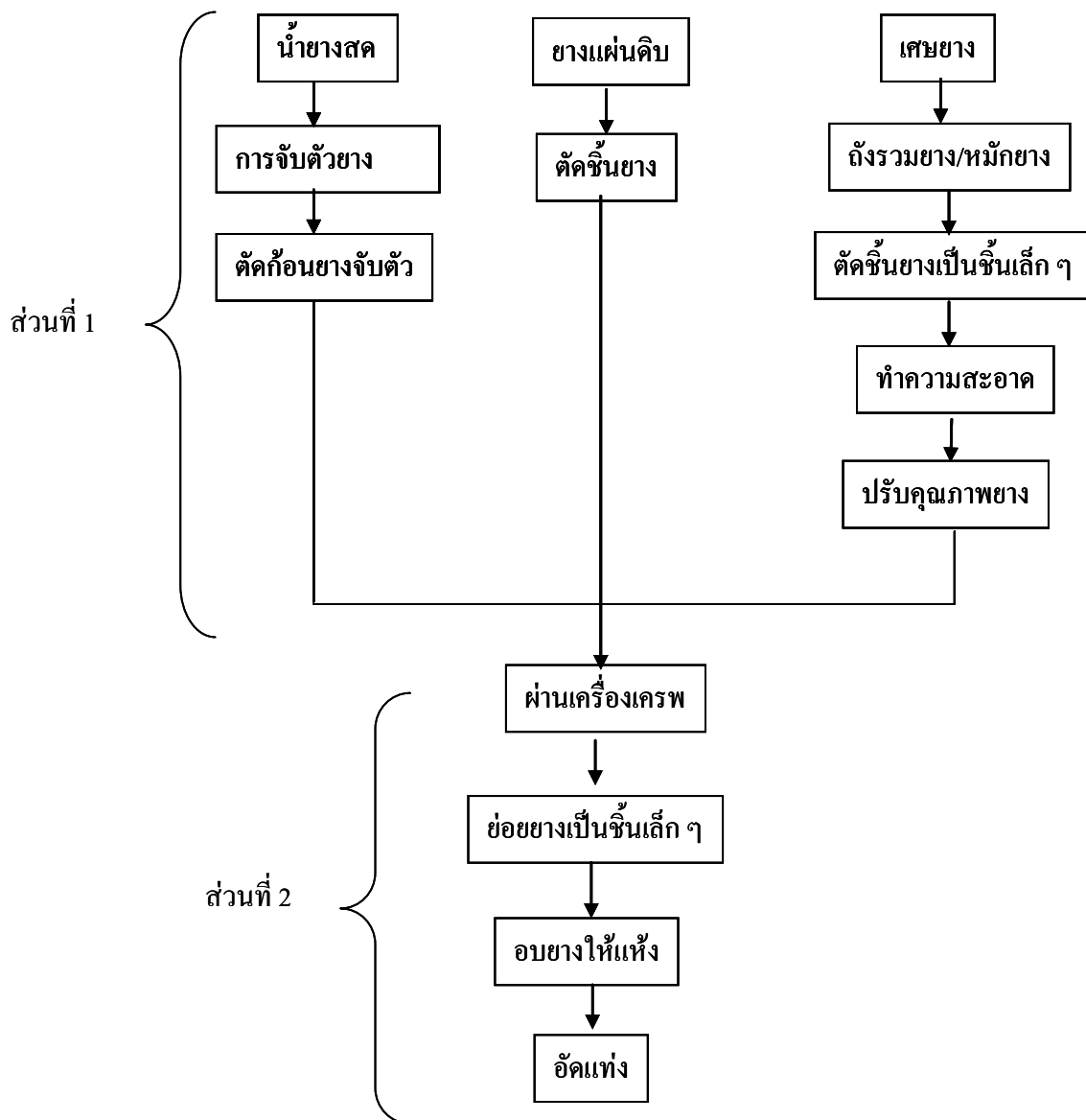
* ขีดจำกัดของผู้ผลิตไม่เกิน 0.50%

**ขีดจำกัดของผู้ผลิตคือ STR 5 CV มีค่าความหนืด 70(+7, -5), 60(+7, -5), 50(+7, -5) และ 40(+7, -5) STR 10 CV มีค่าความหนืด 60(+7, -5)

STR 20 CV มีค่าความหนืด 65(+7, -5) STR 10 CV มีค่าความหนืด 60(+7, -5) STR 20 CV มีค่าความหนืด 65(+7, -5)

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร, 2550

วิธีการผลิตยางแท่งตามมาตรฐานยางแท่งของ ดังรายละเอียดต่อไปนี้



ภาพประกอบที่ 2.2 กรรมวิธีการผลิตยางแท่ง

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร, 2550

จากภาพประกอบที่ 2.2 พบว่าการผลิตยางแท่งจากวัตถุดิบทั้ง 3 แบบมีการดำเนินการหลัก ๆ อยู่ 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 จะมีการดำเนินการที่แตกต่างกันตามวัตถุดิบที่นำมาผลิตและส่วนที่ 2 จะเป็นส่วนที่มีการดำเนินการที่เหมือนกัน โดยรายละเอียดแสดงดังนี้

ส่วนที่ 1

2.3.2.1 การผลิตยางแท่งจากน้ำยางสด (เสาวนีย์, 2541)

การผลิตยางแท่งจากน้ำยางสด ซึ่งยางแท่งที่ได้จะมีคุณภาพสูง ยางแท่งที่ผลิตจากน้ำยางสด เช่น ยางแท่ง STR XL, STR5L และ STR5 เป็นต้น

1. น้ำยางสดจากสวน

น้ำยางสดที่รวบรวมจากสวนยาง ต้องคำนึงถึงความสะดวกของภาชนะที่ใช้ในการใส่ยาง การรวมน้ำยางสดใส่ลงในบ่อเพื่อรวมน้ำยาง โดยบ่อที่ใช้สำหรับรวมน้ำยางนั้น อาจจะทำด้วยอะลูมิเนียม คอนกรีต หรือปูนด้วยกระเบื้อง น้ำยางที่ใส่ลงไปในบ่อนี้ต้องผ่านการกรองด้วยตะแกรงขนาด 40-60 เมช ก่อนเพื่อเป็นการแยกสิ่งสกปรกออกไป

2. การจับตัวของยาง

สารเคมีที่ใช้เพื่อให้ยางเกิดการจับตัว ได้แก่ กรดฟอร์มิก กรดอะซิติก หรือกรดซัลฟิวริก นอกจากนี้อาจใส่สารเคมีอื่น ๆ เช่น โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ เพื่อฟอกสียางทำให้น้ำยางมีสีเหลืองอ่อน ไม่คล้ำ โดยในการใส่สามารถใส่ได้ก่อนการเติมกรด เมื่อน้ำยางเกิดการจับตัวแล้วให้เติมน้ำลงไปหล่อเพื่อป้องกันยางถูกออกซิไดซ์ด้วยออกซิเจนในอากาศแล้วทำการล้างกรดที่เหลือออก ขณะที่ยางเกิดการจับตัวจะมีค่า pH อยู่ระหว่าง 4.6-4.9

3. การรีดแล้วการตัดยางก้อนจับตัว

การรีดหรือตัดยางก้อนขณะที่อยู่ในบ่อจับตัว อาจทำได้โดยการใช้ปั๊มฉีดน้ำเพื่อล้างกรดออกแล้วป้อนยางเข้าสู่เครื่องรีดแล้วตัดยางให้มีขนาดเล็กลง เช่น ป้อนยางเข้าสู่เครื่องครัชเชอร์ (Crusher) มาซิเรเตอร์ (Macerator) และเครื่องเครพ (Creper) สภาพของยางที่จับตัวแล้วนั้นสามารถสังเกตได้ 2 ลักษณะ คือ ลักษณะที่ยางก้อนจับตัวจับตัวเป็นก้อนเนื้อแน่น ไม่มีโพรงอากาศหรือรูพรุนอยู่ในเนื้อยาง ถ้าเป็นแบบนี้จำเป็นต้องนำยางมาตัดและเข้าเครื่องรีดเป็นแผ่นก่อนด้วยเครื่องครัชเชอร์ มาซิเรเตอร์ หรือเครื่องเครพ แล้วจึงค่อยนำยางเข้าเครื่องย่อยยาง สำหรับลักษณะของยางแผ่นจะปรากฏรูพรุน มีโพรงอากาศสม่ำเสมอตลอดชิ้นยาง สามารถนำยางชิ้นนั้นมาทำการรีดแผ่นแล้วป้อนเข้าเครื่องเครพแล้วนำเข้าสู่เครื่องย่อยยางได้เลย โดยยางที่ทำการรีดแล้วจะทำการปล่อยลงน้ำหรือทำการล้างน้ำเพื่อเป็นการล้างเอากรดออก แล้วเข้าสู่กระบวนการส่วนที่ 2

2.3.2.2 การผลิตยางแท่งจากยางแผ่น

การผลิตยางแท่งจากยางแผ่น ซึ่งยางแท่งที่ได้จะมีคุณภาพสูงน้อยกว่ายางแท่งที่ผลิตได้จากน้ำยางสด เช่น ยางแท่ง STR 10

1. การตัดชิ้นยาง

สำหรับยางแผ่นที่ได้จากการจับตัวด้วยกรดแล้วจะมีลักษณะเป็นแผ่นใหญ่ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการตัดชิ้นยางให้มีขนาดเล็กก่อนเข้าสู่เครื่องรีด แล้วเข้าสู่กระบวนการส่วนที่ 2

2.3.3.3 การผลิตยางแท่งจากยางก้อนจับตัว

การผลิตยางแท่งจากยางก้อนจับตัว เป็นการผลิตยางแท่งโดยใช้วัตถุดิบประเภทยางแห้ง เช่น ยางก้นถ้วยและเศษยาง จึงมีความจำเป็นต้องทำการรีดและล้างทำความสะอาดหลายขั้นตอน ยางแท่งที่ผลิตโดยใช้วัตถุดิบประเภทยางแห้งมีขั้นตอนการผลิตดังนี้

1. การหมักยาง

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต เช่น ยางก้อนจับตัว ยางก้นถ้วย ยางแผ่นดิบคุณภาพต่ำ และเศษยาง ถูกลำเลียงลงไปสู่บ่อพักยางขนาดใหญ่ มีน้ำหล่อเลี้ยงยางอยู่ตลอดเวลา ปล่อยให้ยางก้อนแช่น้ำเป็นเวลา 5-6 วัน เพื่อชะล้างสิ่งสกปรกที่ติดอยู่ในยางให้เกิดการพองตัวแล้วหลุดไปได้ง่าย และเป็นการทำให้ยางนิ่มเพื่อให้ง่ายต่อการบดอีกทั้งยังเป็นการคลายยางที่ได้มาจากต่างที่เข้าด้วยกัน สำหรับยางก้อนที่มีขนาดใหญ่จำเป็นต้องตัดเป็นชิ้นเล็กๆก่อน เพื่อให้ทำความสะอาดให้ได้มากขึ้น สำหรับการหมักยางนั้นไม่ควรแช่นานเกินไปเนื่องจากส่งผลต่อความอ่อนตัวของยางเริ่มต้น (P₀) และดัชนีความอ่อนตัวของยาง (PRI) มีค่าต่ำลง

2. การตัดยางเป็นชิ้นเล็ก ๆ

สำหรับยางก้อนที่มีขนาดใหญ่ต้องนำมาทำการตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ก่อนด้วยเครื่องครีชีเซอร์ เครื่องมาชีเรเตอร์ หรือเครื่องแฮมเมอร์มิล โดยอาจลำเลียงด้วยสายพาน หรือใช้ตะแกรงตักยาง เพื่อป้อนยางสู่เครื่องแฮมเมอร์มิล แล้วผ่านยางที่ตัดแล้วสู่บ่อหมัก

3. การรีด การตัด และการล้าง

ยางที่ตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วถูกลำเลียงมารีด ผ่านเครื่องเครพหลาย ๆ ครั้ง และตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ อีกด้วยเครื่องแกรนูเลเตอร์ และปล่อยลงสู่บ่อพักขนาดใหญ่ มีน้ำไหลอย่างแรงเพื่อให้ยางหมุนไปรอบ ๆ ยางจะถูกล้างแล้วทำให้สะอาดขึ้น

4. การปรับคุณภาพยาง

ยางซึ่งถูกตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ จะค่อนข้างสะอาดแล้ว สามารถทำให้มีคุณภาพดีขึ้นโดยการนำมาผสมกับยางแผ่นดิบที่ไม่ได้มาตรฐาน แต่มีคุณภาพดีกว่ายางก้อนจับตัว โดยใช้สัดส่วนยางแผ่น: ยางก้อนจับตัวเป็น 6:4 ผสมกันแล้วมีการกวนตลอดเวลา แล้วเข้าสู่กระบวนการส่วนที่ 2

ส่วนที่ 2

1. การรีดเครพ

การรีด อาจทำได้โดยการใช้ปั๊มฉีดน้ำเพื่อล้างกรดอกแล้วป้อนยางเข้าสู่เครื่องรีด แล้วตัดยางให้มีขนาดเล็กกลง เช่น ป้อนยางเข้าสู่เครื่องครัชเชอร์ (Crusher) มาซิเรเตอร์ (Macerator) และเครื่องเครพ (Creper) โดยยางที่ทำการรีดแล้วจะทำการปล่อยลงน้ำหรือทำการล้างน้ำเพื่อเป็นการล้างเอกรดอกออก แล้วนำเข้าสู่เครื่องย่อยในขั้นตอนต่อไป

2. การย่อยยางเป็นเม็ดเล็ก ๆ

หลังจากป้อนเข้าสู่เครื่องรีดเครพเป็นเวลาประมาณ 3-4 ครั้งแล้ว จึงทำการป้อนยางเข้าสู่เครื่องย่อยเพื่อย่อยยางเป็นเม็ดเล็ก ๆ เพื่อเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิว ทำให้สามารถระบายความชื้นออกได้เร็วขณะอบแห้ง เครื่องย่อยยางที่นิยมใช้ได้แก่ เครื่องแกรนูลเลเตอร์ เครื่องเครพเปอร์-แฮมเมอร์มิล เป็นต้น

3. การอบแห้ง

ยางที่ย่อยเป็นเม็ดเล็ก ๆ แล้วถูกนำมาบรรจุหลวม ๆ ในกะบะ เพื่อทำให้ยางกระจายภายในกะบะ เม็ดยางถูกทำให้แห้งโดยการไล่น้ำและสิ่งระเหยที่มีอยู่ในยางออกไปด้วยความร้อน อุณหภูมิของเตาอบยางอยู่ที่ 100-125 °C ใช้เวลาประมาณ 3-4 ชั่วโมง

4. การอัดยาง

หลังจากอบแห้งแล้ว มีการอัดยางให้เป็นแท่ง แล้วห่อยางด้วยพลาสติก เก็บตัวอย่างยาง เพื่อทดสอบคุณภาพ และออกใบรับรองคุณภาพของยางแท่งก่อนส่งจำหน่าย

2.4 คุณภาพของยาง (กรมวิชาการเกษตร, 2550)

2.4.1 ยางแผ่น

1. แผ่นยางสะอาด ไม่มีคราบน้ำกรด ไม่มีสิ่งสกปรกและฟองอากาศในเนื้อยาง
2. แผ่นบาง ความหนาของแผ่น 2.8–3.2 มิลลิเมตร แผ่นยางเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ความกว้าง 40-45 เซนติเมตร ยาว 80-85 เซนติเมตร
3. เนื้อยางแห้งใส สีของแผ่นยางสม่ำเสมอเป็นสีเดียวกันตลอดแผ่น
4. แผ่นยางมีลายดอกนูนชัดเจน มีความยืดหยุ่น

2.4.2 ยางแท่ง

คุณภาพของยางแท่งขึ้นกับองค์ประกอบต่าง ๆ ในยาง เช่น ปริมาณเถ้า ปริมาณสิ่งสกปรก ปริมาณสิ่งระเหย และปริมาณไนโตรเจน นอกจากนี้ยังขึ้นกับคุณสมบัติอื่น ๆ อีกได้แก่ ความอ่อนตัวเริ่มต้น ดัชนีความอ่อนตัว ความหนืดมูนนี่ เป็นต้น โดยรายละเอียดแสดงได้ดังนี้

2.4.2.1 ปริมาณสิ่งสกปรก (Dirt Content)

ปริมาณสิ่งสกปรกในยาง หมายถึง ปริมาณของสารที่ได้จากการกรองด้วยตัวกรองที่มีขนาด 44 ไมครอน ได้แก่ เปลือกไม้ ดิน ใบไม้ ปริมาณสิ่งสกปรกเป็นสิ่งสำคัญสำหรับกระบวนการผลิตและเป็นการกำหนดความสามารถในการใช้ของผลิตภัณฑ์ นั่นคือ ถ้าหากมีปริมาณสิ่งสกปรกสูงส่งผลให้ความเปลี่ยนแปลงทางกายภาพสามารถเกิดขึ้นได้มาก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างมากในการใช้น้ำที่สะอาดในกระบวนการผลิต

2.4.2.2 ปริมาณขี้เถ้า (Ash Content)

เถ้าของยางธรรมชาติประกอบด้วยออกไซด์ของคาร์บอน และฟอสเฟตของโพแทสเซียม แมกนีเซียม และธาตุอื่น ๆ ในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน ปริมาณขี้เถ้าเป็นตัวบ่งบอกถึงปริมาณของแร่ธาตุที่มีอยู่ในยางดิบ การทดสอบหาปริมาณเถ้าเพื่อเป็นการกำจัดปริมาณของสารพวกเกลืออนินทรีย์ในยาง ซึ่งปริมาณเถ้าเป็นผลโดยตรงของสารอนินทรีย์ ถ้าหากมีปริมาณสูงจะเป็นสาเหตุให้ความชื้นถูกดูดซึมเข้าไปในยางมากทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้เกิดเชื้อราได้ง่าย

2.4.2.3 ปริมาณไนโตรเจน (Nitrogen Content)

ไนโตรเจนในยางดิบจะอยู่ในรูปของโปรตีน ดังนั้นปริมาณของไนโตรเจนจึงเป็นตัวบ่งชี้ปริมาณโปรตีน โดยการทดสอบหาปริมาณไนโตรเจนเพื่อป้องกันการนำยางมาผลิตเป็นยางแท่ง เนื่องจากในยางมีปริมาณไนโตรเจนสูงซึ่งมีผลต่อกระบวนการเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ คือ จะทำให้เกิดการวัลคาไนซ์ที่เร็วส่งผลให้เป็นการเพิ่มความแข็งให้แก่ยางซึ่งจะส่งผลต่อสมบัติทางไดนามิกส์ เช่น สมบัติการกระดอน เมื่อยางแข็งการกระดอนก็จะต่ำลง

2.4.2.4 ปริมาณสิ่งระเหย (Volatile Matter)

สิ่งระเหยในยางส่วนใหญ่ หมายถึง ความชื้นในยาง การผลิตยางแท่งต้องผ่านกระบวนการหลายขั้นตอน เช่น การอบยางให้แห้ง ตลอดจนการบรรจุหีบห่อ ทำให้สิ่งระเหยในยางแท่งมีน้อยกว่ายางดิบ ปริมาณสิ่งระเหยที่สูงทำให้ยางแท่งเกิดราได้ง่าย มีกลิ่นเหม็น ทำให้เกิดปัญหาต่อผู้ใช้ยางและยังส่งผลต่อกระบวนการแปรรูป เช่น ในขั้นตอนการบดผสมสารเคมีในเครื่องผสมแบบปิด เมื่อปริมาณสิ่งระเหยสูงจะทำให้ยางบดผสมกับสารเคมีอื่นได้ยาก

2.4.2.5 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (Initial Plasticity, P_0) และดัชนีความอ่อนตัว (Plasticity Retention Index, PRI)

ความอ่อนตัวเริ่มต้น, P_0 คือ การวัดความยาวของสายโมเลกุลธรรมชาติโดยค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นนี้จะเป็นสมบัติที่บ่งบอกถึงความยากง่ายในของกระบวนการผลิต ชิดจำกัดของยางแท่ง STR นั้นกำหนดค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นต้องไม่ต่ำกว่า 30

การทดสอบหาค่าดัชนีความอ่อนตัว, PRI เป็นการวัดหาความต้านทานของยางธรรมชาติ (ยางดิบ) ต่อการแตกหักของโมเลกุลกับอุณหภูมิสูง หรือ การวัดหาความต้านทานต่อการเกิดออกซิเดชัน และดัชนีความอ่อนตัวเป็นตัวบ่งบอกให้ทราบถึงปริมาณทองแดงและมังกานีสในยาง ถ้าดัชนีความอ่อนตัวค่าแสดงถึงปริมาณทองแดงและมังกานีสในยางสูง ดังนั้นขีดจำกัดของดัชนีความอ่อนตัวจึงเป็นการควบคุมขีดจำกัดปริมาณของทองแดงและมังกานีสในยางดิบด้วย การวัดค่าดัชนีความอ่อนตัวจะมีความสัมพันธ์กับค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น โดยแสดงถึงความแตกหักของโมเลกุลของยางหลังจากที่โมเลกุลของยางได้ผ่านการอบมาแล้ว การเกิดออกซิเดชัน จะเป็นตัวไปช่วยทำให้เกิดการแตกของโมเลกุลยาง

ค่าดัชนีความอ่อนตัวจะแสดงคุณสมบัติทางกายภาพของยาง เช่น ยางที่มีดัชนีการอ่อนตัวสูงเมื่อนำไปทำการผลิต ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดี เช่น คุณสมบัติการกระดอน คุณสมบัติการต้านทานต่อแรงดึงและความร้อนสะสมต่ำ

2.4.2.6 ความหนืดมูนนี่ (Mooney viscosity)

ความหนืดมูนนี่เป็นสมบัติพื้นฐานที่ใช้ในการทดสอบคุณภาพของยาง ในการวัดใช้เครื่อง “Mooney viscometer” โดยส่วนใหญ่ทำการวัดที่อุณหภูมิ 100 °C

2.4.2.7 สี

สีของยางดิบวัดโดยเครื่องและเปรียบเทียบกับสีมาตรฐานของยางดิบ โดยปกติการทดสอบสีจะทำการทดสอบเฉพาะยางแท่งที่ผลิตจากน้ำยางสดโดยตรง เช่น ยาง STR 5L หรือ ยางแท่ง STR 5 เท่านั้น

2.5 น้ำส้มควันไม้

เป็นของเหลวสีน้ำตาลใสมีกลิ่นควันไฟที่ได้มาจากการควบแน่นควันที่เกิดจากการเปลี่ยนถ่านไม้ในช่วงที่ไม้กำลังเปลี่ยนเป็นถ่าน อุณหภูมิภายในเตาอยู่ระหว่าง 300- 400 °C สารประกอบต่างๆในไม้พินจะถูกสลายตัวด้วยความร้อนเกิดเป็นสารใหม่มากมาย แต่ถ้าเก็บในช่วงที่อุณหภูมิต่ำกว่า 300 °C แม้ว่าเฮมิเซลลูโลสจะสลายตัวแล้วและเซลลูโลสกำลังเริ่มสลายตัวแต่จะมีสารประกอบที่มีประโยชน์น้อยมาก ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ แต่ถ้าเก็บในช่วงอุณหภูมิที่สูงกว่า 425 °C น้ำมันดินจะสลายตัวเป็นสารก่อมะเร็งบางชนิด แต่สารดังกล่าวสามารถกำจัดได้ด้วยการกลั่นซ้ำที่อุณหภูมิ 60-70 °C แต่ก็เป็นการทำให้อุณหภูมิเสียสารประกอบบางอย่างที่มีความจำเป็นต่อการเกษตร ดังนั้นสมาคมน้ำส้มควันไม้แห่งประเทศไทยได้ตั้งเกณฑ์มาตรฐานของการเก็บน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตจากเตาอิวาตะโดยการวัดอุณหภูมิที่ปากปล่องควันระหว่าง 80-150 °C ซึ่งอุณหภูมิภายในเตาจะอยู่ระหว่าง 300-400 °C

คุณสมบัติของน้ำส้มควันไม้

น้ำส้มควันไม้แตกต่างจากน้ำส้มสายชู หรือน้ำส้มอื่นๆที่ได้จากการหมัก คือ มีสารประกอบหลากหลายกว่า โดยเฉพาะฟีนอลซึ่งได้จากการสลายตัวของลิกนิน น้ำส้มควันไม้มีสารประกอบที่สำคัญโดยประมาณ ได้แก่ น้ำ 85% กรดอินทรีย์ 3% และสารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ อีก 12% มีค่าความเป็นกรดประมาณ 3 ความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.012-1.024 แตกต่างกันไปตามชนิดของไม้ ซึ่งน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้จะต้องนำมาเปรียบเทียบคุณสมบัติว่าผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนและสมาคมน้ำส้มควันไม้ญี่ปุ่นแสดงดังตารางที่ 2.4-2.5

น้ำส้มควันไม้ที่ดีจะมีลักษณะใส สีน้ำตาลแดง แตกต่างกันไปตามชนิดของไม้ น้ำส้มควันไม้ที่บริสุทธิ์ต้องมีน้ำมันดินไม่เกิน 1% ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ง่ายโดยการดูจากความใส หากมีน้ำมันดินเกิน 1% น้ำส้มควันไม้จะมีสีดำและขุ่น

น้ำส้มควันไม้ที่ได้จากเตาประกอบด้วยสารประกอบทางเคมีจำนวนมาก โดยมีองค์ประกอบหลัก คือ กรดอะซิติก นอกจากนี้ยังพบเมทานอล อะซิโตน และกรดอินทรีย์อีกหลายชนิด ในที่นี้จึงขอสรุปชนิดของสารประกอบหลักในน้ำส้มควันไม้แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ชนิดสารประกอบในน้ำส้มควันไม้

ชนิด	สารประกอบ
Organic acid	Formic acid, acetic acid, propinoic acid, butyric acid, valeric acid, etc.
Phenol	Phenol, o.m.p.-cresol, 2,4-and3.5-xyleneol, guaiaclo, cresol, etc.
Carbonyl compound	Formaldehyde, acetaldehyde, etc.
Alcohol	Methanol, ethanol, propanol, etc.
Neutral ingredients	Acetol, maltol, levoglucosan, etc.
Basic ingredients	Ammonia, methylamine, pyridine, etc.

ที่มา: พุฒินันท์, 2546

ตารางที่ 2.4 แสดงมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มควันไม้ดิบ

การทดสอบ	คุณลักษณะที่ต้องการ
ลักษณะทั่วไป	ต้องเป็นของเหลวใส สีน้ำตาลแดงหรือสีเหลืองอม น้ำตาล เป็นเนื้อเดียวกัน ไม่แยกชั้น ตกตะกอน มีสิ่ง แปลกปลอม หรือสารแขวนลอย
กลิ่น	ต้องมีกลิ่นเหมือนควันไฟ
การเปลี่ยนสี	ต้องไม่เปลี่ยนเป็นสีดำ
ความเป็นกรดค่า	ต้องอยู่ระหว่าง 2.8-3.7
ความถ่วงจำเพาะ	ต้องไม่น้อยกว่า 1.005
การเจือจาง	เส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรด- ค่าและอัตราการเจือจางต้องไม่เป็นเส้นตรง

ที่มา: <http://library.tisi.go.th> (access 2551)

ตารางที่ 2.5 แสดงคุณสมบัติของน้ำส้มควันไม้คุณภาพตามมาตรฐานสมาคมน้ำส้มควันไม้ญี่ปุ่น

คุณสมบัติ	น้ำส้มควันไม้	น้ำส้มควันไม้ที่ผ่านการกลั่น
ค่าความเป็นกรด - ค่า	1.5-3.7	1.5-3.7
ความถ่วงจำเพาะ	1.005	1.001
ความเป็นกรด	1-18%	1-18%
สี	เหลือง ถึง น้ำตาลแดง	ไม่มีสี ถึง น้ำตาลแดงจาง
ความใส	ใส	ใส
สารแขวนลอย	ไม่มี	ไม่มี

ที่มา: สมาคมน้ำส้มควันไม้ญี่ปุ่น, 2544

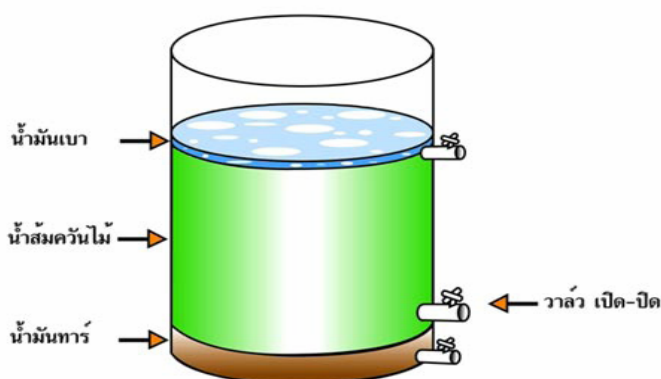
ปริมาณและชนิดองค์ประกอบสารเคมีในน้ำส้มควันไม้ขึ้นอยู่กับสภาวะการผลิต (อุณหภูมิ การเผาไหม้ อัตราความร้อน สภาวะบรรยากาศแวดล้อม) ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการถ่ายโอนมวล และความร้อนในระบบ เช่น การเผาภายใต้้อตราความร้อนสูง โดยควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 650°C จะมีแนวโน้มให้ปริมาณของเหลวสูงแต่ให้ปริมาณถ่านน้อย หรือการเผาภายใต้้อตราความร้อนสูง โดยควบคุมอุณหภูมิสุดท้ายสูงกว่า 650°C จะมีแนวโน้มให้ผลผลิตของแก๊สการเผาไหม้ที่สูง เป็นต้น ชนิดของสารเคมีต่าง ๆ ยังมีผลมาจากองค์ประกอบของไม้ด้วยเช่นกัน ได้แก่ สัตส่วนเฮมิ เซลลูโลส เซลลูโลส และลิกนิน ซึ่งสัดส่วนที่แตกต่างนี้ส่งผลให้การสลายตัวด้วยความร้อนเกิด

การแตกพันธะโมเลกุลแตกต่างกันด้วย ดังนั้นองค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้จากไม้เนื้ออ่อน จึงมีความแตกต่างไปจากไม้เนื้อแข็ง หรือไม้ที่มาจากกลุ่มกะลาที่มีองค์ประกอบของลิกนินมากกว่า ไม้เนื้ออ่อน ทำให้มีความเป็นไปได้ของการได้สารเคมีในกลุ่มฟีนอลิกมากขึ้น (จูไรวัลย์ และคณะ, 2550)

น้ำส้มควันไม้สามารถเก็บได้โดยอาศัยเครื่องมือง่าย ๆ โดยอาศัยการถ่ายเทความร้อนจาก ปล่องดักควันที่มีอุณหภูมิสูง สู่อากาศรอบปล่องดักควันที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ความชื้นในควันจะควบแน่นเป็นของเหลว ในการเก็บน้ำส้มควันไม้ต้องให้ปล่องดักควันอยู่ห่างจากปล่องของเตาผลิตถ่าน 20-30 เซนติเมตร ทั้งนี้เพื่อคุณภาพของน้ำส้มควันไม้ โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการดักจับน้ำส้มควันไม้ไม่ต้องทำจากวัสดุที่ทนกรด เช่น เหล็กกล้าไร้สนิม

น้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการเผาถ่านไม้สามารถนำมาใช้ได้ทันที จะต้องนำมาทำให้น้ำส้มควันไม้ที่ได้นั้นบริสุทธิ์ก่อนซึ่งสามารถทำได้ 3 วิธี

1. การตกตะกอน น้ำส้มควันไม้ถูกนำมาเก็บในถังทรงสูง โดยทิ้งให้ตกตะกอนเป็นเวลา 90 วัน ซึ่งจะได้เป็น 3 ชั้น ชั้นบนสุดเป็นน้ำมันใส ชั้นกลางเป็นของเหลวใสสีขาวหรือ น้ำส้มควันไม้ และชั้นล่างสุดเป็นของเหลวข้นสีดำคือน้ำมันดิน แสดงดังภาพประกอบที่ 2.3 อย่างไรก็ตามวิธีการนี้สามารถร่นระยะเวลาตกตะกอนให้เร็วขึ้นได้โดยการผสมผงถ่านลงไปประมาณ 5% ของน้ำหนักรวมของน้ำส้มควันไม้ทั้งหมด ซึ่งผงถ่านจะดูดซับทั้งน้ำมันใสชั้นบนและน้ำมันดินลงสู่ชั้นล่างสุด ในเวลาที่เร็วขึ้นเพียง 45 วัน ในระหว่างการปล่อยให้ตกตะกอนนั้นสารประกอบต่าง ๆ ในน้ำส้มควันไม้จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจน และทำปฏิกิริยาซึ่งกันและกันทำให้สารประกอบบางชนิดเปลี่ยนเป็นสารประกอบใหม่ที่มีโมเลกุลยาวขึ้น เช่น ฟอรัมาลดีไฮด์ ทำปฏิกิริยากับฟีนอล เปลี่ยนเป็นน้ำมันดิน



ภาพประกอบที่ 2.3 ส่วนประกอบของน้ำส้มควันไม้ดิบที่เก็บจากการกลั่นตัวที่ปล่องควัน

ที่มา: สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม, 2548

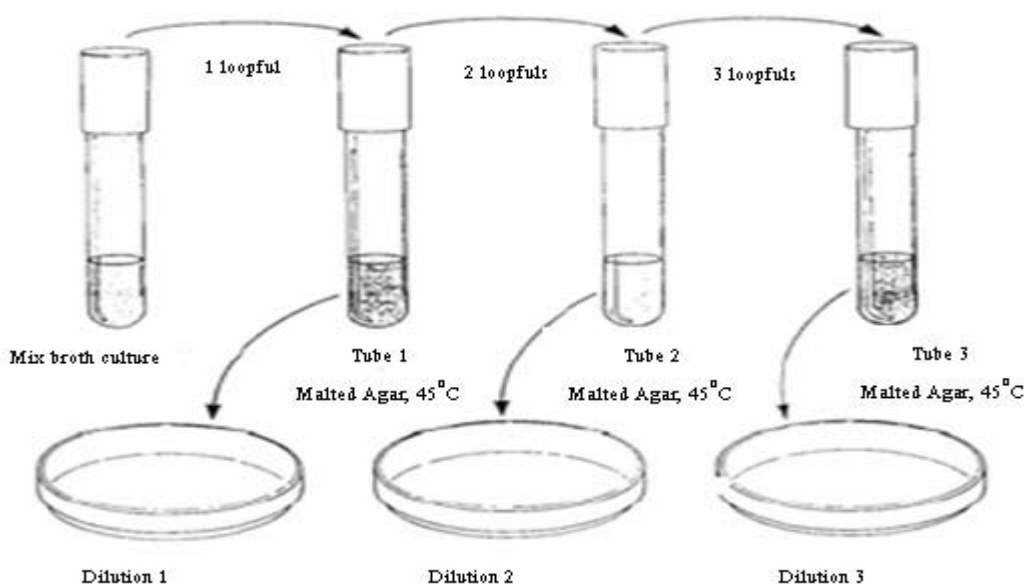
2. การกรองโดยใช้ผ้ากรองหรือถังกรองที่ใช้ผงถ่านกัมมันต์ ซึ่งจะได้คุณสมบัติที่แตกต่างกันไป เพราะถ่านกัมมันต์จะลดความเป็นกรดของน้ำส้มควันไม้ (กรณีนี้เป็นกรณีที่ถ่านกัมมันต์ถูกทำการกระตุ้นด้วยไอน้ำ) และจากวิธีนี้เพื่อนำไปเป็นวัตถุดิบในการอุตสาหกรรม

3. การกลั่น โดยกลั่นได้ทั้งในความดันบรรยากาศ และการกลั่นแบบลดความดันรวมทั้งกลั่นแบบลำดับส่วนเพื่อแยกเฉพาะสารหนึ่งสารใดในน้ำส้มควันไม้มาใช้ประโยชน์ มักใช้ในอุตสาหกรรมผลิตยา

2.6 การทดสอบความสามารถในการต้านเชื้อรา (นงลักษณ์ และ ปรีชา, 2541)

2.6.1 การแยกเชื้อบริสุทธิ์โดยการเทเพลท

วิธีการ โดยถ่ายซัสเพนชันของเชื้อแบคทีเรีย 1 หลวง ไปยังอาหารวุ้นที่หลอมเหลวและอุ่นแล้ว โดยวิธีที่ปราศจากเชื้อ (aseptic technique) เขย่าหลอดด้วยนิ้วมือ หรือด้วยเครื่องสั่นเพื่อให้เชื้อกระจายทั่วหลอดอาหารได้สม่ำเสมอ ถ่ายเชื้อที่ผสมในอาหารจากหลอดที่ 1 ไปยังอาหารวุ้นหลอมเหลวหลอดที่ 2 และจากหลอดที่ 2 ไปยังหลอดที่ 3 ในลักษณะเดียวกัน เทอาหารวุ้นหลอมเหลวจากหลอดลงสู่จานเพาะเชื้อหลอดละหนึ่งจาน แก้วจานเพาะเชื้อไปมาเบา ๆ เพื่อให้วุ้นอาหารและเชื้อที่ผสมอยู่กระจายทั่วกันจาน และระวังอย่าแกว่งแรงเกินไป จะทำให้อาหารวุ้นกระลอกออกนอกจาน ดังภาพประกอบที่ 2.4

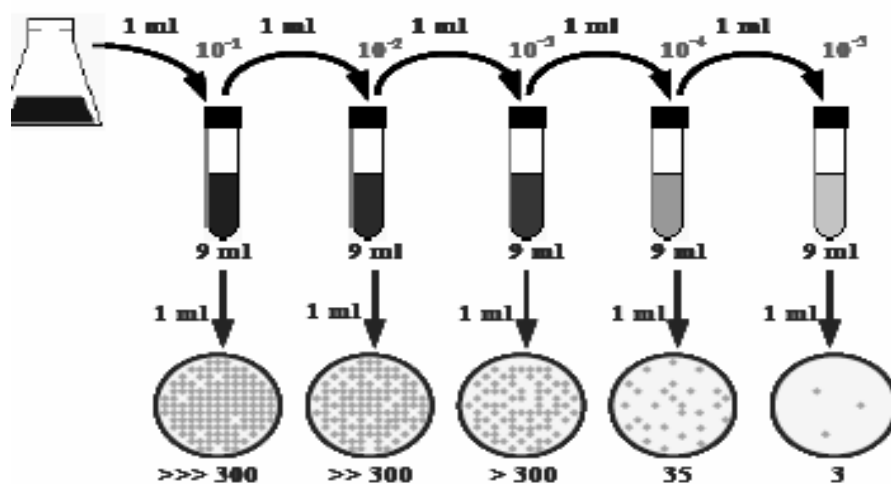


ภาพประกอบที่ 2.4 แสดงวิธีการแยกเชื้อบริสุทธิ์โดยการเทเพลท

(นงลักษณ์ และ ปรีชา, 2541)

2.6.2 วิธีการวัดการเจริญของเชื้อรา

การนับจำนวนเชื้อราในจานเพาะเชื้อ (Plate count) ทำได้โดยใช้ชั้นเพนชั้นของเชื้อราในจานเพาะเชื้อ เทอาหารเลี้ยงเชื้อที่หลอมเหลวและอุ่นแล้วลงในจาน ทำให้เชื้อและอาหารกระจายทั่วกันโดยหมุนจานเพาะเชื้อไปมา เมื่อทิ้งให้อาหารแข็ง บ่มเชื้อที่อุณหภูมิเหมาะสมสำหรับเชื้อนั้น ๆ ประมาณ 48 ชั่วโมง เมื่อเชื้อราแต่ละเซลล์เจริญเติบโตมากขึ้นจนกลายเป็นโคโลนีที่มองเห็นได้ ให้นับจำนวนโคโลนี โดยถือว่าแต่ละโคโลนีเจริญมาจากเซลล์เซลล์เดียว การนับโคโลนีจึงเป็นการนับเซลล์ที่มีชีวิตเท่านั้น และรายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อมิลลิลิตร (CFU/ml) บางครั้งจะทำให้ชั้นเพนชั้นเจือจางก่อน การทำให้เจือจางมักใช้น้ำหรือสารละลายบัฟเฟอร์ที่ปราศจากเชื้อที่ทราบปริมาณแน่นอน และทำให้เจือจางเป็นลำดับ (Serial dilution) แสดงดังภาพประกอบที่ 2.5 เพื่อให้จำนวนโคโลนีที่นับอยู่ระหว่าง 30-300 โคโลนี ซึ่งเป็นค่าที่เชื่อถือได้ การตรวจนับอาจนับด้วยตาเปล่าหรือใช้เครื่องมือช่วยนับโคโลนี (Colony counter) ซึ่งมีเลนส์ช่วยขยายภาพทำให้เห็นชัดเจน นอกจากนี้ยังอาจใช้เครื่องช่วยนับอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเพียงวางจานเพาะเชื้อที่มีโคโลนีบนเครื่องนับอัตโนมัติเครื่องก็จะรายงานผลออกมาเป็นตัวเลข วิธีการนี้นิยมใช้กันมากในห้องปฏิบัติการและให้ผลเป็นที่น่าพอใจ



ภาพประกอบที่ 2.5 การนับจำนวนแบคทีเรียในจานเพาะเชื้อโดยวิธีทำให้เจือจาง
(นงลักษณ์ และ ปรีชา, 2541)

2.7 การหาต้นทุนการผลิต (สุกัญญา, 2547)

การหาต้นทุนการผลิตได้จากการวิเคราะห์ต้นทุนรวมที่แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

2.7.1 ต้นทุนผันแปร (Variable Cost) หมายถึง ต้นทุนที่มีลักษณะแปรตามปริมาณการขาย กล่าวคือ ถ้าธุรกิจมีปริมาณการขายมาก ต้นทุนผันแปรมาก ต้นทุนผันแปร ได้แก่ ค่าวัตถุดิบ ค่าสินค้าที่ซื้อมาเพื่อขาย ค่าแรงทางตรง ค่านายหน้า ค่าน้ำมันในการขนส่ง เป็นต้น

2.7.2 ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) หมายถึง ต้นทุนที่มีลักษณะคงที่ ณ ปริมาณการขายทุกระดับ กล่าวคือ แม้ว่าธุรกิจจะไม่มีการขายเลย หรือมีปริมาณการขายที่น้อยหรือปริมาณการขายที่มาก ต้นทุนคงที่และจะคงที่ตลอดโดยไม่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณการขาย ต้นทุนคงที่ ได้แก่ ค่าเช่าสำนักงาน ค่าเช่าคลังสินค้า ค่าประกันภัย เงินเดือนพนักงาน เป็นต้น

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความรู้ด้านน้ำส้มควันไม้ถูกพัฒนาเริ่มต้นมาจากประเทศญี่ปุ่น ซึ่งมีงานวิจัยจำนวนมากเกี่ยวกับคุณสมบัติของน้ำส้มควันไม้จากพืชหลายชนิด เช่น ไม้ไผ่ โอค (Oak) ซากุระ (Sakura) บีช (Beech tree) ซา ไมยางพารา เป็นต้น (Sakasegawa and Yatagai, 2005) นอกจากนี้ยังพบการใช้ น้ำส้มควันไม้ในประเทศอินเดียและมาเลเซียซึ่งใช้น้ำส้มควันไม้จากกลุ่มไม้โกงกาง (Mangrove plant) รวมทั้งมีการใช้ชีวมวลเป็นวัตถุดิบเช่นกัน (Gullu and Demirbas, 2001; Demirbas, 2002) เนื่องจากน้ำส้มควันไม้ประกอบด้วยสารเคมีจำนวนมากชนิด จึงถูกนำไปประยุกต์ใช้ได้กว้างขวาง ตั้งแต่เป็นยารักษาโรค สารฆ่าเชื้อ ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ ระวังกลิ่น เครื่องสำอางและเกษตรกรรม-สารแอนติออกซิแดนท์ (Loo *et al.*, 2007) อาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการประยุกต์ใช้ในด้านการเกษตรและปศุสัตว์ (Mu *et al.*, 2003; Kadota and Niimi, 2004; <http://www.kiengmool.com>) รวมทั้งยังพบการนำไปใช้ในงานไม้เฟอร์นิเจอร์เพื่อป้องกันศัตรูแมลงกัดกินเนื้อไม้ มอด แมลง ปลวก และการยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ (Yatagai *et al.*, 2002; Kartal *et al.*, 2004; Sakasegawa and Yatagai, 2005) และมีการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมยางแผ่น ซึ่งพบการใช้ในประเทศบราซิลเช่นกัน (Ferreira *et al.*, 2004) สำหรับรายละเอียดของงานวิจัยที่สำคัญ ๆ มีดังต่อไปนี้

องค์ประกอบไม้ประกอบด้วยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน และสารแทรก การสลายองค์ประกอบเหล่านี้ด้วยความร้อนส่งผลทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีแตกต่างกัน และได้สารประกอบจากการเผาไหม้ที่แตกต่างกันด้วย เช่น ลิกนินประกอบด้วยหน่วยฟีนิลโพรเพน ดังนั้นการสลายตัวด้วยความร้อนจึงเกิดที่อุณหภูมิสูงกว่า 200°C โดยมีปฏิกิริยาเคมีหลักคือการดีไฮเดรชันของกลุ่ม OH⁻ ในห่วงโซ่อัลเคนของหน่วยฟีนิลโพรเพนของลิกนิน ทำให้มีแนวโน้มเกิด

สารประกอบกลุ่มฟีนอลิกเป็นหลักในน้ำส้มควันไม้ นอกจากนี้ยังพบว่า การเผาไหม้ด้วยอุณหภูมิสูงมีแนวโน้มเพิ่มความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลิกด้วยเช่นกัน ชนิดและปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกมีผลต่อความสามารถทางด้านต้านเชื้อราเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากมีงานวิจัยจำนวนมากที่ให้ผลสอดคล้องกับความสามารถของสารประกอบฟีนอลิก (Kartal *et al.*, 2004; Chen *et al.*, 2001; Grandmaison and Kaliaguine, 1991; Fengel *et al.*, 1984) สำหรับตัวอย่างขององค์ประกอบในไม้ชนิดต่าง ๆ แสดงได้ดังตารางที่ 2.6 (Gullu and Demirbas, 2001) ซึ่งพบว่าปริมาณลิกนินในไม้กลุ่มกะลามิแนวโน้มสูงกว่าไม้เนื้ออ่อน จึงเป็นเหตุผลที่สำคัญในงานวิจัยนี้ที่เลือกใช้ไม้กลุ่มกะลาเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำส้มควันไม้

ตารางที่ 2. 6 แสดงองค์ประกอบในไม้ชนิดต่าง ๆ

ตัวอย่าง	เฮมิเซลลูโลส	ลิกนิน	ผงถ่าน	คาร์บอน	ไฮโดรเจน	ออกซิเจน	ไนโตรเจน
กลุ่มกะลา	55.8	42.5	1.3	52.8	5.6	42.9	1.3
ไม้สน	72.0	27.5	0.5	51.9	6.1	40.9	0.3
ไม้เนื้อแข็ง (มีผล)	77.6	21.9	0.4	49.5	6.2	41.2	0.4
ไม้เนื้ออ่อน	71.5	28.0	0.5	52.1	6.1	41.0	0.2
ไม้เนื้อแข็ง	77.8	21.8	0.4	48.6	6.2	41.1	0.4
ซังข้าวโพด	84.0	15.0	1.0	49	5.4	44.6	0.4

ที่มา: Gullu and Demirbas, 2001

พิมพัทสร และ สุชินันท์ (2550) ได้ศึกษาการใช้น้ำส้มควันไม้เพื่อเพิ่มคุณภาพยางแผ่น โดยทำการทดลอง 2 ส่วนคือ การทดลองโดยใช้กรดฟอร์มิกในการจับตัวของยางแผ่นและการใช้น้ำส้มควันไม้ร่วมกับกรดฟอร์มิกในการจับตัวของยางแผ่น หลังจากนั้นนำยางแผ่นที่ได้จากการจับตัวทั้งสองแบบไปทำการวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐานของยางแผ่นพบว่า การใช้น้ำส้มควันไม้ควบคู่กับกรดฟอร์มิกเพื่อจับตัวของยางแผ่นได้ส่งผลที่ดีต่อคุณสมบัติของยางแผ่นนั้นๆ คือมีคุณภาพด้านความยืดหยุ่นมากขึ้นและสามารถทนต่อแรงที่มากกระทำได้มากขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้กรดฟอร์มิกเพียงอย่างเดียว

ยอดธง และคณะ (2549) ได้ทำการศึกษาน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัสสำหรับใช้เป็นสารช่วยให้ยางจับตัวและสารยับยั้งการเกิดเชื้อราโดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ที่

ผลิตจากการเผาไม้ยูคาลิปตัสเปรียบเทียบกับกรดฟอร์มิกและกรดอะซิติกพบว่า ค่าดัชนีความอ่อนตัวและคุณสมบัติเชิงกลของยางแผ่นดีขึ้นเมื่อใช้น้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัสในการจับตัวกันของยางแผ่นและน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัสสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราในยางแผ่นได้โดยการทดลองโดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อฟิดีเอเนื่องจากน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัสมีสารประกอบฟีนอลเป็นองค์ประกอบ นอกจากนี้ยังมีการแนะนำชนิดของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตมาจากกลุ่มกะลาติกว่าไม้

Lim (2004) ได้ศึกษากระบวนการเผาไหม้แบบไพโรไลซิสและคุณลักษณะเฉพาะของผลผลิตที่ได้จากชี้เถี่ยวไม้ยางพารา โดยการนำชี้เถี่ยวไม้ยางพารามาเผาในช่วงอุณหภูมิ 200-1000°C ด้วยเตาเผาไฟฟ้า แก๊สที่ได้จากการเผาชี้เถี่ยวไม้ยางพาราจะผ่านเครื่องควบแน่นได้เป็นน้ำส้มควันไม้ดิบ จากการทดลองพบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นผลผลิตสุดท้ายของ น้ำส้มควันไม้ดิบ (CPA, Crude Pyrolygneous Acid) เพิ่มขึ้นแต่ผลผลิตสุดท้ายของถ่านลดลง ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ค่าความเป็นกรด - ด่างของ CPA ไม่แตกต่างกัน ซึ่งมีค่าประมาณ 2.5 การศึกษาองค์ประกอบของ CPA แบ่งออกเป็นสองช่วงอุณหภูมิ ช่วงแรก คือ อุณหภูมิมากกว่า 330°C จะพบกรดอะซิติก เมทานอล อะซิโตน กัวนิคอลล และไซรินคอลล ช่วงที่สองคือ อุณหภูมิมากกว่า 430°C จะพบฟีนอล โอ-คลีซอล, เอ็ม-คลีซอล และพี-คลีซอล เมื่อนำ CPA มากลั่นแยกจะได้เป็นน้ำส้มควันไม้มีค่าความเป็นกรด - ด่างประมาณ 2 ประกอบด้วยกรดอะซิติก เมทานอล อะซิโตน ฟีนอล และน้ำ เนื่องจากในน้ำส้มควันไม้มีสารประกอบกลุ่มฟีนอลจึงนำมาทดสอบการต้านเชื้อราและการรักษาไม้ พบว่าสามารถต้านเชื้อราได้ดี นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำส้มควันไม้สามารถใช้เป็นสารรักษาสภาพไม้ได้ โดยทดลองแช่ท่อนไม้ในน้ำส้มควันไม้พบว่าบริเวณผิวของไม้ไม่มีเชื้อราติดอยู่เลย

Ferrira *et al.* (2004) ศึกษาการใช้น้ำส้มควันไม้เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งในการจับตัวกันในการกระบวนการผลิตยางแผ่นพบว่า จากการเตรียมยางชนิดเดียวกันคือ PB 235 ในสารละลายกรดต่างชนิด คือ กรดน้ำส้มควันไม้ กรดอะซิติก และกรดฟอร์มิก มีอัตราการอบแห้งไปในทิศทางคล้ายกัน นั่นคือ เมื่อใช้เวลาในการอบนานขึ้น น้ำหนักยางแผ่นที่ได้จะค่อยๆลดลง และจากการศึกษาโดยการวิเคราะห์ด้วย (Fourier Transform Infrared Spectroscopy, FT-IR) และ ด้วย (Fourier Transform - Near Infrared Spectroscopy, FT-NIR) ในยางแผ่นที่เตรียมจากยางชนิด PB 235 กับสารละลายกรดที่แตกต่างกันพบว่าจะมีค่าการดูดกลืนที่เลขคลื่นเดียวกันทั้งในการทดลองที่ใช้กรดแตกต่างกันทั้ง 3 กรด คือ กรดน้ำส้มควันไม้ กรดอะซิติกและกรดฟอร์มิก จึงสรุปได้ว่า น้ำส้มควันไม้สามารถนำมาใช้เป็นตัวที่ทำให้เกิดการจับตัว และให้ค่าการดูดกลืนที่เลขคลื่นเดียวกันกับกรดอะซิติกและกรดฟอร์มิกเมื่อทดสอบด้วย FT-IR และ FT-NIR

Nakai *et al.* (2005) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้และประเมินความสามารถการใช้น้ำส้มควันไม้เพื่อยับยั้งเชื้อรา โดยใช้วัตถุดิบจากไม้ 3 ชนิดคือ Particleboard,

Plywood และ Medium Density Fiberboard (MDF) ที่มีการยึดติดด้วยกาวที่มีส่วนประกอบของ ฟีนอลและยูเรีย ผลการทดลอง พบว่าน้ำส้มควันไม้มีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันขึ้นกับชนิดของไม้ที่ใช้ โดยทั่วไปสารประกอบต่างๆ ของน้ำส้มควันไม้เกิดจากการสลายตัวด้วยความร้อนของส่วนประกอบของไม้ (เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน และสารแทรก) จากงานวิจัยของ Kartal *et al.* (2004) พบว่า เมื่ออุณหภูมิการเผาไม้สูงขึ้น ปริมาณของฟีนอลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณของกรดอะซิติกน้อยลง สำหรับการใช้กาวที่มีองค์ประกอบของฟีนอลและยูเรียมีผลต่อปริมาณฟีนอล โดยพบว่า องค์ประกอบของฟีนอลที่ได้จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น และปริมาณฟีนอลมีค่ามากที่สุดเมื่ออุณหภูมิการสลายไม้อยู่ในช่วง 400-500°C ซึ่งองค์ประกอบของฟีนอลที่เพิ่มขึ้นนี้เป็นผลมาจากการสลายตัวของกาวที่มีฟีนอลเป็นองค์ประกอบ

สำหรับผลการทดลองด้านความสามารถในการยับยั้งเชื้อรา 2 ชนิดคือ White-rot (*T.versicolor*) และ brown-rot (*T.palustris*) พบว่าน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการใช้กาวที่มีส่วนประกอบฟีนอลมีความสามารถยับยั้งเชื้อราได้ดีกับกลุ่มไม้ของ Plywood และ Particleboard ในขณะที่น้ำส้มควันไม้ที่ได้จากไม้ที่ยึดด้วยกาวชนิดยูเรีย พบว่าไม้ทั้ง 3 ชนิด คือ Particleboard, Plywood และ MDF มีความสามารถในการยับยั้งเชื้อราได้ทั้ง 2 ชนิด

Kartal *et al.* (2004) ศึกษาความสามารถยับยั้งเชื้อราและปลวกของน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการเผาไม้ 2 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ sugi และพันธุ์ acacia โดยมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้ การศึกษาพันธุ์ sugi ใช้อุณหภูมิการเผา 2 ค่าคือ 270°C และ 300°C ในขณะที่พันธุ์ acacia ใช้อุณหภูมิการเผาที่ 300°C น้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการเผาถูกนำมาทดสอบความสามารถในการยับยั้งเชื้อราโดยใช้กล่องไม้จุ่มแช่ด้วยน้ำส้มควันไม้ทั้ง 3 แบบและเปรียบเทียบกับอีกชุดการทดลองที่ไม่มีการจุ่มแช่ด้วยน้ำส้มควันไม้ พบว่ากล่องไม้ที่ผ่านการทรีต (treat) ด้วยน้ำส้มควันไม้ทั้ง 3 ชนิด มีความสามารถป้องกันเชื้อราชนิดสีน้ำตาลได้ (Brown-rot) และเมื่อพิจารณาความสามารถในการป้องกันเชื้อราชนิดสีขาว (White-rot) พบว่าน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากพันธุ์ sugi ที่อุณหภูมิการเผาที่ 270°C มีความสามารถในการยับยั้งเชื้อราชนิดสีขาวได้ดี จากการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ พบว่าน้ำส้มควันไม้ที่มีความสามารถในการยับยั้งเชื้อราจะมีองค์ประกอบของฟีนอลเป็นจำนวนมาก สำหรับความสามารถในการยับยั้งปลวกพบว่าน้ำส้มควันไม้ทั้ง 3 ชนิดไม่สามารถยับยั้งปลวกได้เพราะน้ำส้มควันไม้ทั้ง 3 ชนิดมีองค์ประกอบของกรดอินทรีย์ในปริมาณน้อยไม่เพียงพอที่จะยับยั้งปลวกได้

Sakasegawa *et al.* (2005) ศึกษาองค์ประกอบของน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากใบชาเขียว และกากชาที่เหลือจากการสกัดด้วยน้ำร้อน โดยทำการศึกษาผลผลิตที่ได้และค่าความเป็นกรดด่างของน้ำส้มควันไม้ทั้ง 2 ชนิด พบว่าผลผลิตของน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากใบชาเขียวเป็น 0.10 ml/g และกาก

ที่เหลือจากการสกัดด้วยน้ำร้อนคือ 0.06 ml/g พบว่าปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ได้มีค่าน้อยกว่าของเหลวที่ได้จากการเผาส่วนประกอบไม้มาก (ซึ่งจะมีค่าผลได้อยู่ในช่วง 10%-20%) ของน้ำส้มควันไม้ที่ได้ จากการศึกษาค่าความเป็นกรดต่าง พบว่าน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากใบชาและกากชามีสถานะเป็นด่างคือ 9.26 และ 9.13 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างจากน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการเผาส่วนประกอบที่เป็นไม้ ซึ่งจะมีค่าอยู่ในช่วงความเป็นกรด จากการที่น้ำส้มควันไม้ทั้ง 2 ชนิดนี้มีความเป็นด่างสูงนั้น เมื่อนำมาทำการศึกษองค์ประกอบทางเคมีพบว่าองค์ประกอบของน้ำส้มควันไม้จากใบชาและกากชามีปริมาณไนโตรเจนสูงถึง 70% และมีส่วนประกอบของกรดและฟีนอลน้อยจึงทำให้ค่าความเป็นกรดมีค่าลดลง โดยส่วนประกอบของไนโตรเจนที่ได้อยู่ในรูปของไนไตรล์ เอมีน ไพรอล และพิริดีน ซึ่งจะมีหมู่แทนที่ที่ทำให้ค่าความเป็นกรดลดลง

บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

3.1 วัสดุ

- 3.1.1 น้ำยางสด มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวคล้ายน้ำมัน โดยใช้ น้ำยางจาก สหกรณ์
ทุ่งงาย ต.ทุ่งใหญ่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา
- 3.1.2 เศษยางที่ผ่านการย่อยมีลักษณะเป็นชิ้นเล็กได้จากโรงงานถาวรอุตสาหกรรมยาง
แห่งประเทศไทย จำกัด อ.สะเตา จ.สงขลา
- 3.1.3 น้ำส้มควันไม้
- 3.1.3.1 น้ำส้มควันไม้จากกะลามะพร้าว ต.ท่าข้าม อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา
- 3.1.3.2 น้ำส้มควันไม้เกรดการค้า นำเข้าจากประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้
จากโรงงานน้ำฮั่วยางพาราจำกัด
- 3.1.4 กรดซัลฟิวริก (น้ำส้มตราเสือ) ใช้เพื่อการจับตัวกันของน้ำยางพารา
- 3.1.5 กรดอะซิติก (AR-Grade, Lab-scan analytical science)
- 3.1.6 เอทานอล (AR-Grade, Merck)
- 3.1.7 กรดฟอร์มิก (AR-Grade, Merck) ใช้เพื่อการจับตัวกันของน้ำยางพารา
- 3.1.8 ฟีนอล (AR-Grade, Merck)
- 3.1.9 โซเดียมไฮดรอกไซด์ ใช้สำหรับทดสอบปริมาณไนโตรเจน
- 3.1.10 น้ำมันสน (Mineral turpentine) มีลักษณะเป็นของเหลวใส มีช่วงจุดเดือด 140-
220°C ใช้เป็นสารเคมีสำหรับทดสอบปริมาณสิ่งสกปรก
- 3.1.11 สารเคมีเร่งการละลายยาง (Rubber Peptising Agent) มีลักษณะเป็นสีเหลืองใส ใช้
เป็นสารเคมีสำหรับทดสอบปริมาณสิ่งสกปรก
- 3.1.12 กรดบอริก (Boric acid, H_3BO_3) มีลักษณะเป็นของเหลวใส ใช้สำหรับทดสอบ
ปริมาณไนโตรเจน
- 3.1.13 กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid, H_2SO_4) มีลักษณะเป็นของเหลวใส มีความเข้มข้น
96% น้ำหนักโมเลกุล 98.08 กรัม/โมล จุดเดือด 330°C ความหนาแน่น 1.84 กรัมต่อมิลลิลิตร ใช้
สำหรับทดสอบปริมาณไนโตรเจน
- 3.1.14 โพแทสเซียมซัลเฟต (Potassium sulphate anhydrous, K_2SO_4) มีลักษณะเป็นผงสี
เทา ใช้เป็นส่วนผสมในสารตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อทดสอบปริมาณไนโตรเจน

3.1.15 คอปเปอร์ซัลเฟต (Copper sulphate pentahydrous, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) มีลักษณะเป็นผงสีฟ้า ใช้เป็นส่วนผสมในตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อทดสอบปริมาณไนโตรเจน

3.1.16 ซีลีเนียม (Selenium, Se) มีลักษณะเป็นผงสีเทา ใช้เป็นส่วนผสมในตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อทดสอบปริมาณไนโตรเจน

3.1.17 โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate, Na_2CO_3) มีลักษณะเป็นผงสีขาว มีน้ำหนักโมเลกุล 105.98 กรัม/โมล สำหรับทดสอบปริมาณไนโตรเจน

3.1.18 เมทิลเรด (Methyl red) มีลักษณะเป็นของเหลวสีแดง ใช้เป็นส่วนผสมในอินดิเคเตอร์ผสม สำหรับทดสอบปริมาณไนโตรเจน

3.1.19 เมทิลบลู (Methyl blue) มีลักษณะเป็นของเหลวสีฟ้า ใช้เป็นส่วนผสมในอินดิเคเตอร์ผสม สำหรับทดสอบปริมาณไนโตรเจน

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 เครื่องกรองแบบลดความดัน การกรองน้ำส้มควันไม้ดิบกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 70 มิลลิเมตร โดยใช้เครื่องกรองแบบลดความดัน ดังภาพประกอบที่ 3.1

3.2.2 เครื่องหาช่วงอุณหภูมิเดือดมาตรฐาน ASTM D86 ดังภาพประกอบที่ 3.2 เนื่องจากต้องจากทราบช่วงอุณหภูมิเดือดของน้ำส้มควันไม้ดิบ เพื่อนำมาใช้ในการผลิตน้ำส้มควันไม้กลั่น

3.2.3 ชุดวัดความหนาแน่น pycnometer ขนาด 10 มิลลิลิตร

3.2.4 เครื่องชั่งไฟฟ้า ชนิด 4 ตำแหน่ง

3.2.5 เครื่องวิเคราะห์ Gas Chromatography (GC) รุ่น HP 5890, Column: Innowax, detector: Flame Ionization Detector (FID) ความหนาแน่นฟิล์ม 0.25 ไมครอน ความยาว 30 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์ 0.25 มิลลิเมตร และช่วงอุณหภูมิต่อการวิเคราะห์ 70-300 °C สภาวะในการวิเคราะห์มีดังต่อไปนี้ อุณหภูมิเริ่มต้น 40 °C อุณหภูมิสุดท้าย 250 °C โดยอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเป็น 2 °C/min

3.2.6 เครื่องพีเอชมิเตอร์รุ่น Russell; Model RL150

3.2.7 เครื่องรีดยางแผ่น ประกอบด้วยลูกกลิ้ง 2 ชุด ลูกกลิ้ง 2 ลูกหมุนเข้าหากัน โดยลูกกลิ้งชุดแรกจะเรียบไม่มีลวดลาย ส่วนลูกกลิ้งชุด 2 จะมีลายนูน ดังภาพประกอบที่ 3.3

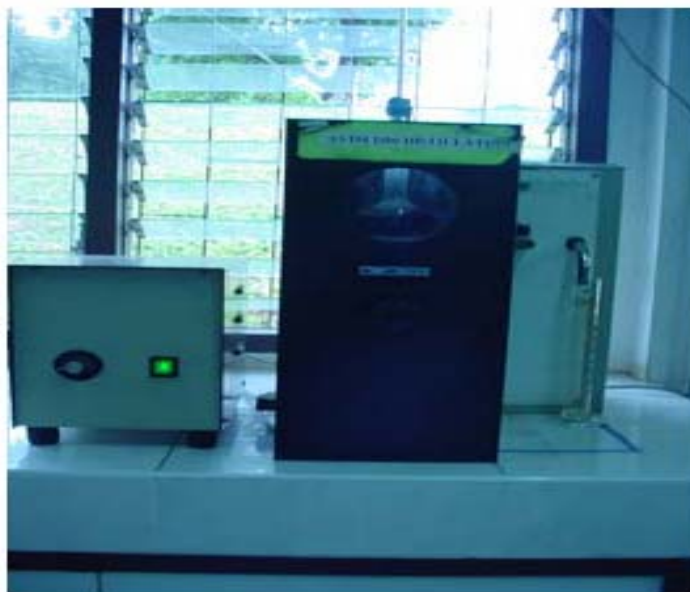
3.2.8 เครื่องผสมสองลูกกลิ้ง (Two Rolls Mill) ดังภาพประกอบที่ 3.4

3.2.9 เครื่องมูนนี่วิสโคมิเตอร์ (Mooney Viscosity) รุ่น Alpha MV2020 ดังภาพประกอบที่ 3.5

- 3.2.10 เครื่องพลาสติกมิเตอร์แบบ Wallace รุ่น Mk V-P14 ดังภาพประกอบที่ 3.6
- 3.2.11 เครื่องตัดชิ้นยาง ดังภาพประกอบที่ 3.7
- 3.2.12 เครื่องกลั่นเพื่อหาปริมาณไนโตรเจน ดังภาพประกอบที่ 3.8
- 3.2.13 หม้อนึ่งแบบลดความดัน
- 3.2.14 งานเพาะเชื้อ
- 3.2.15 อุปกรณ์สำหรับแช่ยาง ถังพลาสติกมีฝาปิด
- 3.2.16 ตู้อบอากาศร้อน
- 3.2.17 โถแก้วดูดความชื้น (Desiccator) พร้อมซิลิกาเจล (Silica gel)
- 3.2.18 ไมโครมิเตอร์ ใช้วัดความหนาแผ่นยาง



ภาพประกอบที่ 3.1 เครื่องกรองแบบลดความดัน



ภาพประกอบที่ 3.2 เครื่องหาช่วงอุณหภูมิเคี้ยวมาตรฐาน ASTM D86



ภาพประกอบที่ 3.3 เครื่องรีดยางแผ่น



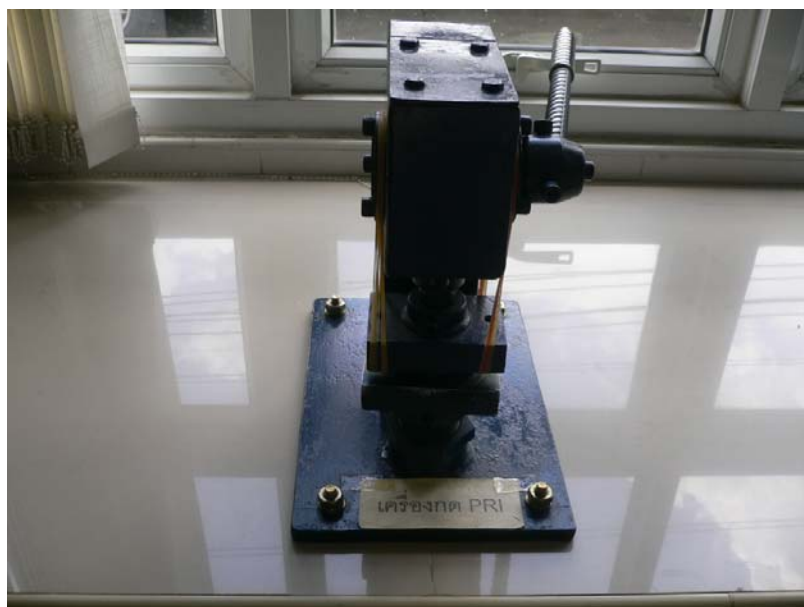
ภาพประกอบที่ 3.4 เครื่องผสมสองลูกกลิ้ง (Two Rolls Mill)



ภาพประกอบที่ 3.5 เครื่องมูนนี่วิต โคมิเตอร์ (Mooney Viscosity)



ภาพประกอบที่ 3.6 เครื่องพลาสติกมิเตอร์แบบ Wallace รุ่น Mk V-P14



ภาพประกอบที่ 3.7 เครื่องตัดชิ้นยาง



ภาพประกอบที่ 3.8 เครื่องกลั่นเพื่อหาปริมาณไนโตรเจน

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การตรวจสอบคุณสมบัติของวัตถุดิบ

3.3.1.1 น้ำยาง: ตรวจสอบค่าความหนาแน่นโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ ความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้เครื่อง pH meter

3.3.1.2 ขี้ยาง: ตรวจสอบค่าความหนาแน่นโดยใช้หลักการแทนที่น้ำ

3.3.1.3 น้ำส้มควันไม้: ตรวจสอบองค์ประกอบในน้ำส้มควันไม้ด้วยเครื่อง GC ค่าความถ่วงจำเพาะโดยใช้พิคาโนมิเตอร์ขนาด 10 มิลลิลิตร ค่าความเป็นกรด-ด่าง และตรวจวัดหาช่วงอุณหภูมิเดือดมาตรฐาน ASTM D86

3.3.2 การใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเติมในกระบวนการผลิตยางแผ่น

ในงานวิจัยนี้ได้แบ่งการทดลองการผลิตยางแผ่นโดยมีการใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเติมเป็น 2 ระดับ คือ ระดับปฏิบัติการและระดับชาวบ้าน โดยมีสัดส่วนการผลิตแสดงสัดส่วนดังตารางที่ 3.1-3.2 และมีวิธีการทดลองดังนี้

1. นำน้ำยางสดที่ได้มากรองผ่านเครื่องกรองลวดเบอร์ 40 และ 60 เพื่อแยกสิ่งสกปรกออก
2. เจือจางน้ำยางโดยน้ำยางสด 1 ส่วน ผสมน้ำสะอาด 1 ส่วน ใส่ตะกุง แล้วคนให้เข้ากัน
3. เตรียมสารละลายกรดซัลฟิวริกเจือจางเพื่อให้ยางจับตัวเป็นก้อน โดยเตรียมที่ความเข้มข้น 2.5% โดยปริมาตร

4. เทอร์คัลฟิวริกที่ความเข้มข้น 2.5% โดยปริมาตร ลงในน้ำยางสดโดยการเทอร์คกวนช้า ๆ แล้วปาดฟองยางออก (สำหรับในกรณีที่ไม่ใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเติมก็จะใช้น้ำส้มควันไม้ตามใน ปริมาตร 0, 5, 10, 20, 30, 40 และ 50 มิลลิลิตร)
5. เมื่อยางจับตัวเป็นก้อนแล้วนำไปรีดให้มีความหนาประมาณ 3-5 มิลลิเมตร
6. นำแผ่นยางที่ได้ไปผึ่งแดดให้แห้ง เพื่อทำการทดสอบคุณภาพทางเคมีและกายภาพและ ทดสอบความสามารถในการต้านเชื้อรา

ตารางที่ 3.1 สัดส่วนกระบวนการผลิตยางแผ่นระดับปฏิบัติการ

น้ำ : นํายาง : กรดซัลฟิวริก (มิลลิลิตร)	น้ำส้มควันไม้ (มิลลิลิตร)
300: 300: 90	0
300: 300: 90	5
300: 300: 90	10
300: 300: 90	20
300: 300: 90	30
300: 300: 90	40
300: 300: 90	50

ตารางที่ 3.2 สัดส่วนกระบวนการผลิตยางแผ่นระดับชาวบ้าน

น้ำ : นํายาง : กรดซัลฟิวริก/ กรดฟอร์มิค (มิลลิลิตร)	น้ำส้มควันไม้ (มิลลิลิตร)
1,500: 1,500: 450	0
1,500: 1,500: 450	25
1,500: 1,500: 450	50
1,500: 1,500: 450	100
1,500: 1,500: 450	150
1,500: 1,500: 450	200
1,500: 1,500: 450	250

โดยมีตัวแปรที่ศึกษาค้างนี้ ความอ่อนตัวเริ่มต้น ค้างนี้ความอ่อนตัว ความหนืดมูนนี้ และความสามารถยับยั้งเชื้อรา

3.3.3 การใช้น้ำส้มควันไม้ในกระบวนการผลิตยางแท่ง

การทดลองจะใช้เศษยางก้อนเป็นวัตถุดิบและควบคุมตัวแปรกระบวนการอยู่บนฐานของการใช้กรดและไม่ใช้กรด ดังนี้

1. เตรียมสารละลายน้ำส้มควันไม้กะลามาะพร้าวที่ความเข้มข้น 1, 3, 5, 7 และ 10% โดยปริมาตรสำหรับแช่เศษยางก้อน วิธีเตรียมแสดงดังตารางที่ 3.3 ต่อจากนั้นนำสารละลายที่ได้มาคนให้เป็นสารละลายเดียวกัน

ตารางที่ 3.3 แสดงการเตรียมสารละลายน้ำส้มควันไม้ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

ชนิดของสารเคมี	ปริมาณที่ใช้ (ml)
น้ำส้มควันไม้	150, 450, 750, 1050, 1500
เติมน้ำกลั่นจนได้	15,000

2. ทำความสะอาดเศษยาง
3. นำเศษยางที่ผ่านการทำความสะอาดแล้ว 2 กิโลกรัม มาแช่ในสารละลายน้ำส้มควันไม้ที่เตรียมไว้ตามข้อ 1 โดยใช้เวลาในการจุ่มแช่เป็น 24, 48, 72 และ 120 ชั่วโมง
4. นำเศษยางที่เตรียมได้จากข้อ 3 มาล้างทำความสะอาด
5. นำเศษยางที่ทำความสะอาดแล้วมาใส่กะบะเพื่อทำการอบที่อุณหภูมิประมาณ 110 °C เป็นเวลา 3-4 ชั่วโมง
6. นำยางแท่งที่ได้มาทดสอบสมบัติทางกายภาพและการต้านเชื้อรา

3.3.4 การวิเคราะห์ทางกายภาพและการทดสอบสมบัติของยาง (กรมวิชาการเกษตร, 2544)

คุณสมบัติมาตรฐานซึ่งระบุไว้ใน การทดสอบยางแท่ง เพื่อการวิเคราะห์ผล และจำแนกชั้นมีดังนี้ ปริมาณสิ่งสกปรก (Dirt content) ปริมาณผงเถ้า (Ash content) ปริมาณไนโตรเจน (Nitrogen content) ปริมาณสิ่งระเหย (Volatile mater content) ความอ่อนตัวเริ่มต้นและค้างนี้ความอ่อนตัวของยาง การทดสอบสี (Color) การทดสอบความหนืด (Mooney Viscosity)

3.3.6 การทดสอบความสามารถในการยับยั้งเชื้อรา

การทดสอบเชื้อราทั้งในยางแผ่นและยางแท่งทำการศึกษาในทำนองเดียวกันโดยมีวิธีการดำเนินการดังนี้

1. เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar (PDA) โดยใช้อัตราส่วน PDA 39 กรัม ต่อน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร โดยต้มผงวุ้นจนละลาย ปิดฝา
2. เตรียมสารละลาย 0.85% โซเดียมคลอไรด์ ปริมาณ 300 มิลลิลิตร ปิดฝา
3. เตรียมจานเพาะเชื้อ, หลอดทดลอง
4. นำสิ่งของในข้อ 1-3 เข้าฆ่าเชื้อโดยหม้อนึ่งความดัน (Autoclave) เป็นเวลา 15 นาทีที่อุณหภูมิ 121°C และความดันบรรยากาศ
5. นำอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA เทใส่จานเพาะเชื้อ ปริมาณ 20 มิลลิลิตรต่อ 1 จาน
6. นำชิ้นยาง 1 กรัมแช่ในน้ำเกลือ (NaCl) เข้มข้น 0.85% โดยน้ำหนัก ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วใช้ไมโครปิเปตดูดสารละลายชิ้นยางมา 1 มิลลิลิตรใส่น้ำเกลือ 9 มิลลิลิตร จะได้ที่ความเจือจาง 10^{-1} หลังจากนั้นใช้ไมโครปิเปตดูดสารละลายเจือจางที่ได้ อีก 0.1 มิลลิลิตร หยดให้กระจายทั่วจานเพาะเชื้อ เก็บไว้ 72 ชั่วโมง ทำการเก็บข้อมูลโดยบันทึกภาพ

3.3.7 การหาต้นทุนการผลิต

การทดลองการใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเติมในกระบวนการผลิตยางแผ่น ต้นทุนผันแปร ได้แก่ น้ำยาง น้ำ กรดซัลฟิวริก น้ำส้มควันไม้ และต้นทุนคงที่ ได้แก่ ค่าเสื่อมเครื่องจักรรีดยาง

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์การทดลอง

4.1 การตรวจสอบคุณสมบัติของวัตถุคิบ

การตรวจสอบคุณสมบัติของวัตถุคิบที่ใช้ในงานวิจัยแสดงดังตารางที่ 4.1 พบว่าน้ำส้มควันไม้ชนิดเกรดการค้า นำเข้าและน้ำส้มควันไม้กะลามะพร้าวมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ความถ่วงจำเพาะ จุดเดือดและสีอยู่ในช่วงตามที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนและสมาคมน้ำส้มควันไม้ญี่ปุ่นได้กำหนด (สมาคมน้ำส้มควันไม้ญี่ปุ่น, (2544); <http://library.tisi.go.th>) และในส่วนของคุณสมบัติของน้ำยางและเศษยางพบว่ามีความเป็นกรด-ด่างและค่าความถ่วงจำเพาะตรงตามมาตรฐานสถาบันวิจัยยาง (กรมวิชาการเกษตร, 2550)

ตารางที่ 4.2 แสดงองค์ประกอบของน้ำส้มควันไม้ทั้งสองชนิด คือ น้ำส้มควันไม้เกรดการค้า นำเข้า และน้ำส้มควันไม้กะลามะพร้าว จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี พบว่าน้ำส้มควันไม้กะลามะพร้าวมีความเข้มข้นของกรดอะซิติกมากกว่าความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้เกรดการค้า นำเข้า ซึ่งสอดคล้องกับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำส้มควันไม้

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติวัตถุคิบที่ใช้ในงานวิจัย

วัตถุคิบ	กรด-ด่าง	ความถ่วงจำเพาะ	ช่วงจุดเดือด (°C)	สี
น้ำส้มควันไม้กะลามะพร้าว	2.62 (2.8-3.7)	1.014 (1.005)	99-106	น้ำตาลแดง
น้ำส้มควันไม้เกรดการค้า	2.83 (2.8-3.7)	1.001 (1.005)	98-107	น้ำตาลแดงจาง
น้ำยาง	6.65 (6.5-7.0)	0.975 (0.975-0.980)	-	สีขาวขุ่น
เศษยาง	-	0.975 (0.975-0.980)	-	-

หมายเหตุ ค่าแสดงในวงเล็บเป็นค่าตามมาตรฐาน

ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบของน้ำส้มควันไม้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี

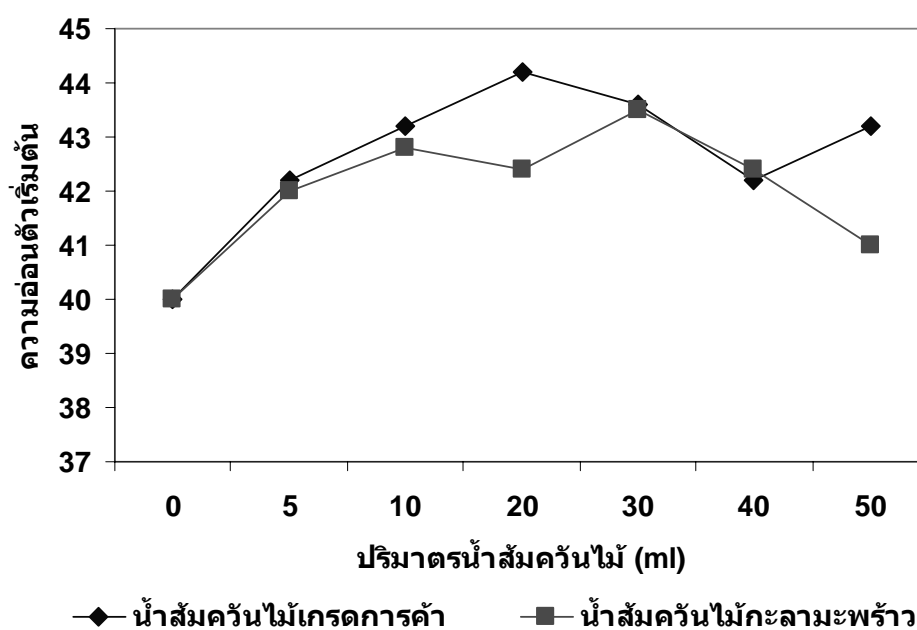
ชื่อตัวอย่าง	ความเข้มข้น(% RSD), g/L		
	Methanol	Acetic acid	Phenol
น้ำส้มควันไม้กะลามะพร้าว	0.41 (9.01)	10.77 (4.18)	2.10 (4.60)
น้ำส้มควันไม้เกรดการค้า	2.00 (7.96)	10.34 (4.38)	4.10 (0.51)

หมายเหตุ ค่าแสดงในวงเล็บเป็นค่าร้อยละของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์

4.2 ผลของน้ำส้มควันไม้ในกระบวนการผลิตยางแผ่น

4.2.1 การทดลองการใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเติมในกระบวนการผลิตยางแผ่นระดับ

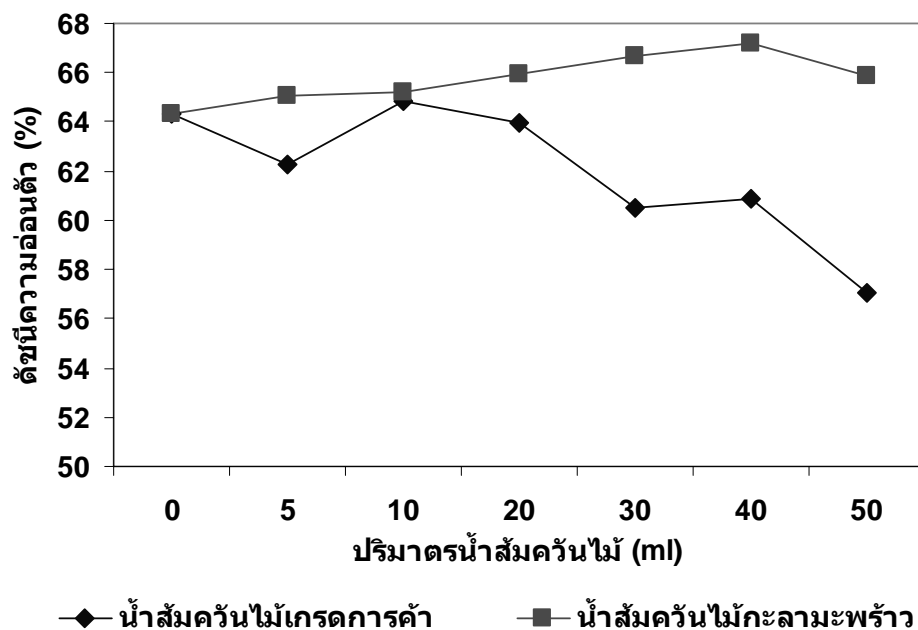
ปฏิบัติการ



ภาพประกอบที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความอ่อนตัวเริ่มต้นของยางแผ่นกับปริมาณน้ำส้มควันไม้เกรดการค้าที่ใช้เป็นสารเติมโดยใช้สัดส่วนระหว่างน้ำยาง: น้ำ: กรดซัลฟิวริก เป็น 300: 300: 90 มิลลิลิตร

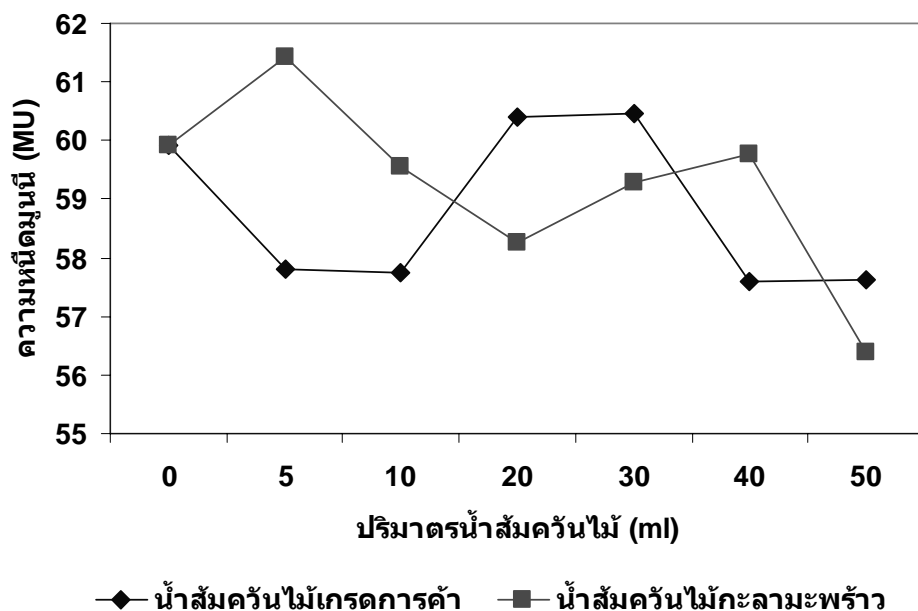
ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) เป็นคุณสมบัติที่บ่งบอกถึงความสามารถในการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของยางดิบหรือยางคอมปาวด์ ยางที่มีความหนืดสูง มีแนวโน้มของค่าความอ่อนตัวที่สูง ทำให้มีความสามารถในการไหลที่ต่ำ ยางคุณภาพดีต้องมีค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น ไม่ต่ำกว่า 30 (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2550) จากการทดลองผลของน้ำส้มควันไม้ต่อคุณสมบัติทาง

กายภาพของยางแผ่นระดับปฏิบัติการ พบว่า น้ำส้มควันไม้ทั้งสองชนิดมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นแสดงดังภาพประกอบที่ 4.1 กล่าวคือ เมื่อเพิ่มปริมาณของน้ำส้มควันไม้พบว่าค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นของยางแผ่นมีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นผลมาจากกรดอะซิติกที่เป็นองค์ประกอบในน้ำส้มควันไม้ (จุไรวัลย์ และคณะ, 2007) นอกจากนี้ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นที่ได้จากการทดลองทั้งสองชุดพบว่า น้ำส้มควันไม้เกรดการค้าทำให้ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นสูงที่สัดส่วนระหว่างน้ำ: น้ำยาง: กรดซัลฟิวริก: น้ำส้มควันไม้เกรดการค้าที่ 300: 300: 90: 20 มิลลิลิตร ซึ่งมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95% ในขณะที่ยางแผ่นที่เตรียมได้จากการใช้น้ำส้มควันไม้จากกะลามะพร้าวเป็นสารเติมให้ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นสูงที่สัดส่วน 300: 300: 90: 30 มิลลิลิตรและมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95% เช่นกัน และเมื่อมีการใช้น้ำส้มควันไม้จากกะลามะพร้าวเป็นสารเติมในปริมาณที่สูงกว่า 30 มิลลิลิตร ทำให้ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นของยางแผ่นดิบที่ได้จะมีค่าลดลงซึ่งทำนองเดียวกับการใช้น้ำส้มควันไม้เกรดการค้าในปริมาณที่มากกว่า 20 มิลลิลิตร ทั้งนี้เนื่องมาจากการใส่กรดลงไปปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้ยางแผ่นดิบที่ได้มีความเหนียวเพิ่มขึ้นซึ่งส่งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของยางในด้านอื่น ๆ ต่อไป



ภาพประกอบที่ 4.2 ผลการทดลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นความอ่อนตัวของยางแผ่นกับปริมาณน้ำส้มควันไม้เกรดการค้าที่ใช้เป็นสารเติมโดยใช้สัดส่วนระหว่างน้ำ: น้ำ: กรดซัลฟิวริก เป็น 300: 300: 90 มิลลิลิตร

ค่าดัชนีความอ่อนตัวของยาง (PRI) เป็นสมบัติที่บ่งบอกความสามารถต่อการเกิดแตกหักของโมเลกุลยางจากความร้อนหรือการเกิดออกซิเดชัน ยางแผ่นที่มีคุณภาพดีต้องมีค่าดัชนีความอ่อนตัวไม่ต่ำกว่า 40 (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2550) จากการทดลองพบว่า ค่าดัชนีความอ่อนตัวของยางแผ่นที่ได้จากการทดลองมีค่ามากกว่า 40 แสดงถึงยางมีความสามารถต่อการต้านทานต่อการแตกหักของโมเลกุลจากความร้อนและการเกิดออกซิเดชันได้ดี การผลิตยางแผ่นโดยใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเติมในระดับปฏิบัติการ พบว่าปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ใช้เป็นสารเติมไม่ได้ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าดัชนีความอ่อนตัวของยางแผ่นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยยางแผ่นที่ได้จากการใช้น้ำส้มควันไม้กะลามะพร้าวเป็นสารเติมจะมีค่าดัชนีความอ่อนตัวของยางที่สูงกว่ายางแผ่นที่ได้จากการใช้น้ำส้มควันไม้เกรดการค้านี้เนื่องจากน้ำส้มควันไม้กะลามะพร้าวได้จากการเผากะลามะพร้าวซึ่งมีฟินอลมากกว่าน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากไม้เนื้ออ่อน (Gullu and Demirbas, 2001) โดยสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างน้ำ: น้ำยาง: กรดซัลฟิวริก: น้ำส้มควันไม้กะลามะพร้าว คือ 300: 300: 90: 10 มิลลิลิตร ทั้งนี้เนื่องมาจากองค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ที่มีความหลากหลายและสารต้านการเกิดออกซิเดชันรวมอยู่ด้วย เช่น สารประกอบฟินอล

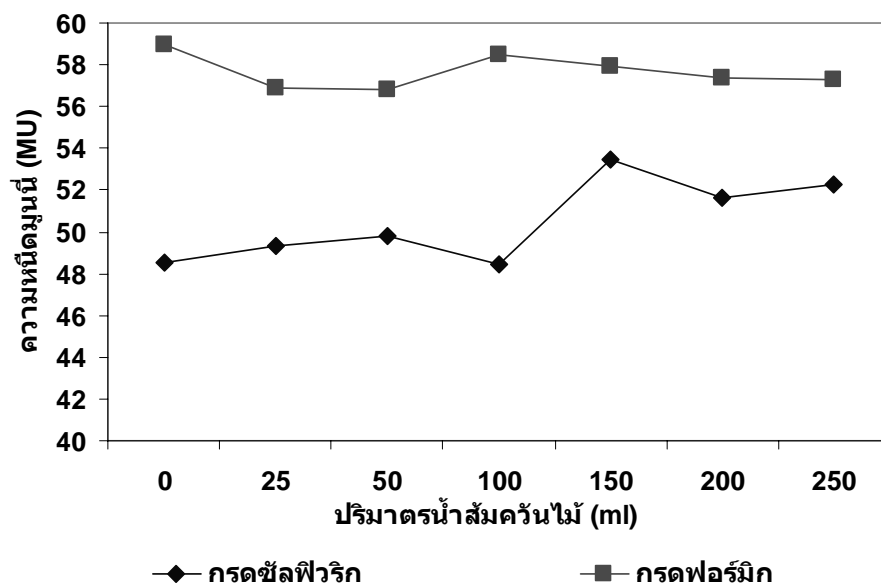


ภาพประกอบที่ 4.3 ผลการทดลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเหนียวของยางแผ่นกับปริมาณน้ำส้มควันไม้เกรดการค้าที่ใช้เป็นสารเติม โดยใช้สัดส่วนระหว่างน้ำยาง: น้ำ: กรดซัลฟิวริก เป็น 300: 300: 90 มิลลิลิตร

ค่าความหนืดมูนี้ของยางเป็นคุณสมบัติที่มีความสำคัญเนื่องจากการที่จะนำวัตถุดิบไปทำการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์วัตถุดิบจะต้องมีค่าความหนืดมูนี้ที่ไม่มากหรือน้อยจนเกินไปและจากการทดลอง พบว่าการเติมน้ำส้มควันไม้ไม่ได้ส่งผลชัดเจนต่อค่าความหนืดมูนี้ของยาง แสดงดังภาพประกอบที่ 4.3 เนื่องจากน้ำส้มควันไม้ประกอบด้วยองค์ประกอบทางเคมีที่หลากหลายซึ่งอาจมีทั้งองค์ประกอบที่ลดและเพิ่มความหนืด เช่น สารประกอบหมู่คาร์บอนิล กรดอะซิติก สารประกอบหมู่อัลดีไฮด์ (www.wikipedia.org/wiki/) สำหรับสัดส่วนการผลิตยางแผ่นที่ทำให้ค่าความหนืดสูงคือ น้ำ: น้ำยาง: กรดซัลฟิวริก: น้ำส้มควันไม้กะละมะพร้าว เป็น 300: 300: 90: 30 มิลลิลิตร

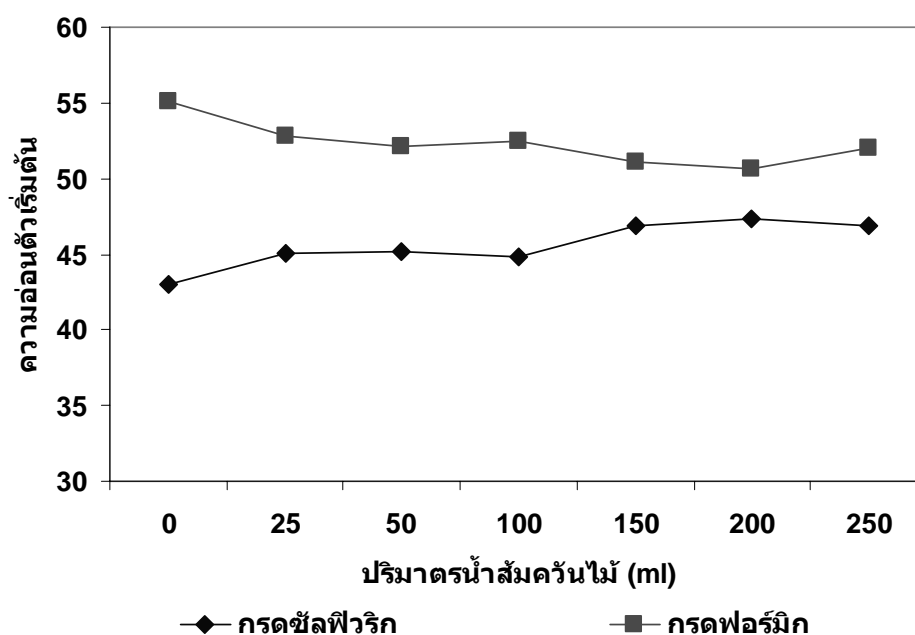
4.2.2 การทดลองการใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเติมในกระบวนการผลิตยางแผ่นระดับชาวบ้าน

การศึกษาจะใช้สารละลายกรดที่แตกต่างกันในการจับตัวของยาง กรดที่ใช้ คือ กรดซัลฟิวริกและกรดฟอร์มิก ในการทดลองใช้ปริมาตรน้ำยาง: น้ำ: สารละลายกรด เป็น 1,500: 1,500: 450 มิลลิลิตร จากนั้นจะมีการปรับเปลี่ยนปริมาตรน้ำส้มควันไม้ที่ใช้เป็นสารเติมดังนี้ 25, 50, 100, 150, 200 และ 250 มิลลิลิตร ตามลำดับ พบว่าปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ใช้เป็นสารเติมในปริมาณที่มากขึ้นทำให้ความหนืดมูนี้ ความอ่อนตัวเริ่มต้น และดัชนีความอ่อนตัวของยางเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งไม่มีการใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเติม แสดงดังภาพประกอบที่ 4.4-4.6



ภาพประกอบที่ 4.4 ผลการทดลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดมูนี้ของยางแผ่นระดับชาวบ้านกับปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ใช้เป็นสารเติมโดยใช้สัดส่วนระหว่างน้ำยาง: น้ำ: สารละลายกรด เป็น 1,500: 1,500: 450 มิลลิลิตร

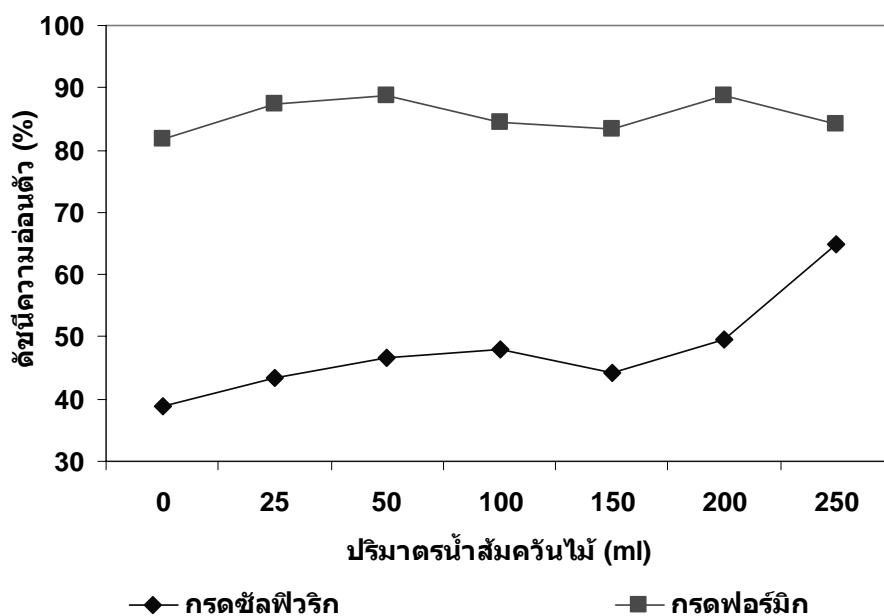
ภาพประกอบที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดมูนี้ของยางแผ่นที่ใช้น้ำส้มคั้นไม้เป็นสารเติมรวมกับการใช้สารละลายกรดที่ต่างกันในการจับตัว พบว่าการเติมน้ำส้มคั้นไม้ทั้ง 2 ชนิดเป็นสารเติมไม่ได้ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าความหนืดมูนี้ของยางที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบของน้ำส้มคั้นไม้ที่มีสารประกอบอยู่มากมายซึ่งอาจจะเพิ่มหรือลดค่าความหนืดในยาง เช่น สารประกอบหมู่คาร์บอนิล กรดอะซิติก หมู่อัลดีไฮด์ เป็นสารที่เพิ่มค่าความหนืด ส่วนสารประกอบหมู่เอมีนบางตัวทำให้ค่าความหนืดลดลง (www.wikipedia.org/wiki/) และเมื่อพิจารณาผลของกรดต่างชนิดกัน พบว่า ความหนืดมูนี้ของยางแผ่นที่ได้จากการใช้กรดฟอร์มิกในการจับตัวมีค่ามากกว่ายางแผ่นที่ได้จากการใช้กรดซัลฟิวริกในการจับตัวทั้งนี้เนื่องจาก กรดซัลฟิวริกมีความเป็นกรดที่แรงกว่ากรดฟอร์มิก โดยการใช้กรดซัลฟิวริกในการจับตัวและใช้น้ำส้มคั้นไม้เป็นสารเติมที่ส่งผลให้ค่าความหนืดมูนี้มีค่าดีที่สุดที่ 1,500: 1,500: 450: 150 มิลลิลิตรและการใช้กรดฟอร์มิกในการจับตัวและใช้น้ำส้มคั้นไม้เป็นสารเติมที่ส่งผลต่อค่าความหนืดมูนี้มีค่าดีที่สุดที่ 1,500: 1,500: 450: 100 มิลลิลิตร



ภาพประกอบที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความอ่อนตัวเริ่มต้นของยางแผ่นระดับชาวบ้านกับปริมาณน้ำส้มคั้นไม้ที่ใช้เป็นสารเติมโดยใช้สัดส่วนระหว่างน้ำยาง: น้ำ: สารละลายกรดเป็น 1,500: 1,500: 450 มิลลิลิตร

ภาพประกอบที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความอ่อนตัวเริ่มต้นของยางแผ่นที่ใช้น้ำส้มคั้นไม้เป็นสารเติมจากการที่ใช้สารละลายกรดที่ต่างกันในการจับตัว พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณ

น้ำส้มควันไม้ที่ใช้เป็นสารเติมส่งผลให้ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นของยางแผ่นที่ได้จากการจับตัวโดยใช้กรดซัลฟิวริกมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยที่สัดส่วน 1,500: 1,500: 450: 200 มิลลิลิตรจะให้ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบของน้ำส้มควันไม้ เช่น สารประกอบจำพวกหมู่อัลดีไฮด์ ที่มีอยู่ในน้ำส้มควันไม้ (हररषा และकणष, 2527) และเมื่อพิจารณาค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นของยางแผ่นที่ได้จากการใช้กรดฟอร์มิคในการจับตัวพบว่าเมื่อมีการเติมน้ำส้มควันไม้ไม่ได้ส่งผลให้ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นของยางแผ่นเพิ่มขึ้นเมื่อนำเทียบกับชุดควบคุมจึงทำให้ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นของยางแผ่นชุดนี้มีค่าดีที่สุดที่สัดส่วน 1,500: 1,500: 450: 0 มิลลิลิตร และเมื่อพิจารณาผลของกรดต่างชนิดกัน พบว่า ความอ่อนตัวเริ่มต้นของยางแผ่นที่ได้จากการใช้กรดฟอร์มิคในการจับตัวมีค่ามากกว่ายางแผ่นที่ได้จากการใช้กรดซัลฟิวริกในการจับตัว ทั้งนี้เนื่องจากกรดซัลฟิวริกมีความเป็นกรดที่แก่กว่ากรดฟอร์มิค



ภาพประกอบที่ 4.6 ผลการทดลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีความอ่อนตัวของยางแผ่นกับปริมาณน้ำส้มควันไม้จากกะลามะพร้าวที่ใช้เป็นสารเติมโดยใช้สัดส่วนระหว่างน้ำยาง: น้ำ: สารละลายกรดเป็น 1, 500: 1,500: 450 มิลลิลิตร

ภาพประกอบที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีความอ่อนตัวของยางแผ่นที่ใช้ น้ำส้มควันไม้เป็นสารเติมจากการที่ใช้สารละลายกรดที่ต่างกันในการจับตัว พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ใช้เป็นสารเติมส่งผลให้ค่าดัชนีความอ่อนตัวของยางแผ่นที่ได้จากการจับตัวโดยใช้

กรดซัลฟูริกมีค่าเพิ่มขึ้นโดยที่สัดส่วน 1,500: 1,500: 450: 250 มิลลิลิตรจะให้ค่าดัชนีความอ่อนตัวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนยางแผ่นที่ได้จากการใช้กรดฟอร์มิคในการจับตัว พบว่าการเติมน้ำส้มควันไม้ไม่ได้ส่งอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบที่เป็นกรดในน้ำส้มควันไม้และสารประกอบที่มีความสามารถในการต้านทานการเกิดออกซิเดชัน เช่น สารประกอบฟีนอล และเมื่อพิจารณาผลของกรดที่ต่างกัน พบว่าค่าดัชนีความอ่อนตัวของยางแผ่นที่ได้จากการใช้กรดฟอร์มิคในการจับตัวมีค่ามากกว่ายางแผ่นที่ได้จากการใช้กรดซัลฟูริกในการจับตัว ทั้งนี้เนื่องจาก กรดซัลฟูริกมีความเป็นกรดที่แก่กว่ากรด ฟอร์มิก

4.3 การทดสอบการป้องกันเชื้อราในยางแผ่น

การศึกษาความสามารถในการยับยั้งเชื้อราบนยางแผ่นดิบโดยใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเติม มีการดำเนินการทดลอง 2 ระดับ คือ ระดับปฏิบัติการและระดับชาวบ้าน การผลิตในระดับปฏิบัติการใช้ปริมาณน้ำยาง: น้ำ: กรดซัลฟูริก: น้ำส้มควันไม้ ที่ 300: 300: 90 และระดับชาวบ้านที่ 1,500: 1,500: 450 มิลลิลิตร จากนั้นปรับเปลี่ยนปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ใช้เป็นสารเติมในช่วง 0–50 มิลลิลิตรสำหรับระดับปฏิบัติการและ 0-250 มิลลิลิตรในระดับชาวบ้าน สำหรับการศึกษาความสามารถในการยับยั้งเชื้อราบนยางแผ่นใช้วิธีการเทเพลทโดยการทำให้เจือจาง (นงลักษณ์และปรีชา, 2541) สำหรับในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาผลของน้ำส้มควันไม้ต่างชนิดกันที่ใช้เป็นสารเติม คือน้ำส้มควันไม้กะลามะพร้าวและน้ำส้มควันไม้เกรดการค้า นำเข้าที่มีการรับรองว่าสามารถยับยั้งเชื้อราได้ (www.chantong.com) และศึกษาผลของปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ใช้เป็นสารเติมโดยผลการเจริญเติบโตของเชื้อราแสดงดังภาพประกอบที่ 4.7–4.10 (การทดลองชุด A ถึง F ในรูปประกอบที่ 4.7-4.10 แสดงปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ใช้เติม)

จากการศึกษาความสามารถในการยับยั้งเชื้อราบนยางแผ่นดิบระดับปฏิบัติการ พบว่าน้ำส้มควันไม้กะลามะพร้าวและน้ำส้มควันไม้เกรดการค้า นำเข้ามีความสามารถในการยับยั้งเชื้อราไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากผลการวิเคราะห์น้ำส้มควันไม้ทั้งสองชนิดโดยวิธีการแก๊สโครมาโตกราฟี พบว่าองค์ประกอบหลักของน้ำส้มควันไม้แต่ละชนิดมีความเข้มข้นใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาปริมาณการใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเติม พบว่าการใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเติมที่ปริมาตร 5 มิลลิลิตรทำให้ปริมาณเชื้อราน้อยกว่ายางแผ่นที่ไม่มีการใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเติม และเมื่อมีการเติมปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่เพิ่มขึ้น พบว่าไม่มีความแตกต่างกับการเติมที่ 5 มิลลิลิตรแสดงดังภาพประกอบที่ 4.7-4.8 ทั้งนี้เนื่องมาจากการเติมที่ 5 มิลลิลิตรน่าจะเป็นจุดที่เกิดการอิมิตัวแล้วในการยับยั้งเชื้อรา

จากการศึกษาความสามารถในการยับยั้งเชื้อราบนยางแผ่นดิบระดับชาวบ้านโดยการใช้สารละลายกรดในการจับตัวที่ต่างกันจากนั้นใช้น้ำส้มควันไม้กะละมังพร้าวเป็นสารเติม พบว่าการใช้กรดฟอสฟอริกเพื่อให้ยางจับตัวแล้วใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเติมที่ 250 มิลลิลิตร ปริมาณเชื้อราน้อยที่สุดทั้งนี้เนื่องจากการที่ใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเติมในปริมาณที่สูงขึ้นความเข้มข้นของสารละลายกรดเพิ่มขึ้นทำให้ส่งผลต่อความสามารถในการยับยั้งเชื้อราที่ดีกว่า แสดงดังภาพประกอบที่ 4.9 และภาพประกอบที่ 4.10 แสดงผลของเชื้อราบนยางแผ่นดิบระดับชาวบ้านที่มีการใช้สารละลายกรดซัลฟิวริกควบคู่กับการใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเติม พบว่ายางแผ่นที่ใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเติม ปริมาตร 25 มิลลิลิตร มีปริมาณเชื้อราน้อยกว่าที่ไม่มีการเติมน้ำส้มควันไม้ และเมื่อมีการเติม ปริมาตรน้ำส้มควันไม้ที่เพิ่มขึ้น พบว่าไม่มีความแตกต่างมากนักกับการเติมที่ 25 มิลลิลิตร ทั้งนี้เนื่องมาจากการเติมที่ 25 มิลลิลิตรน่าจะเป็นจุดที่เกิดการอิมมัลชันแล้วในการยับยั้งเชื้อรา



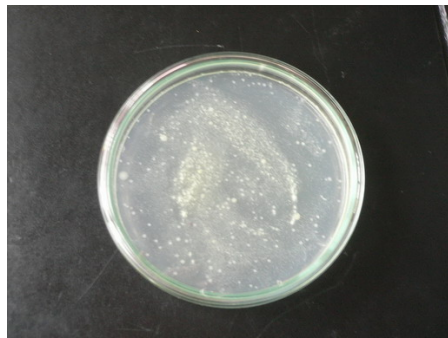
A



B



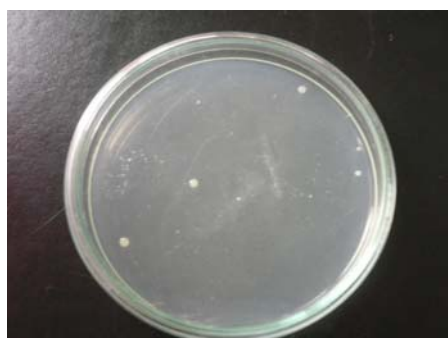
C



D



E



F



G

ภาพประกอบที่ 4.7 เชื้อราบนแผ่นยางที่จับตัวด้วยกรดน้ำส้มชวบ้าน 90 ml: น้ำส้มคว้นไม้
 กะลมะพร้าว A (Control), B (5 ml), C (10 ml), D (20 ml), E (30 ml),
 F (40 ml) และ G (50 ml)



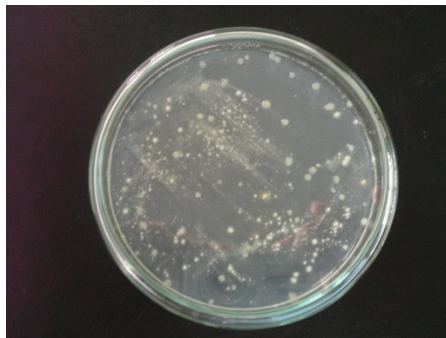
A



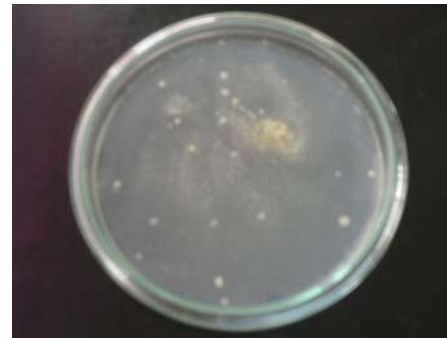
B



C



D



E

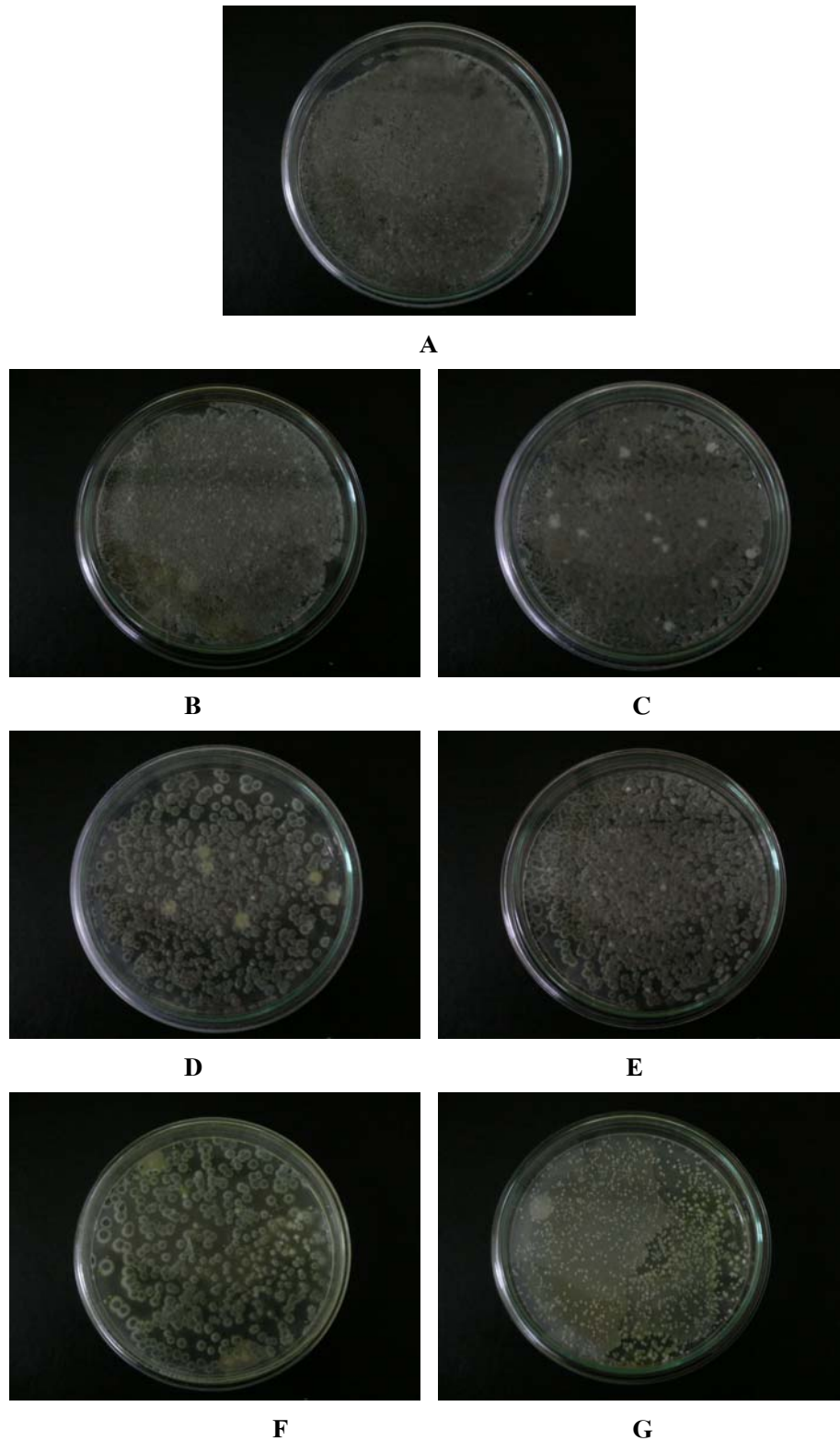


F



G

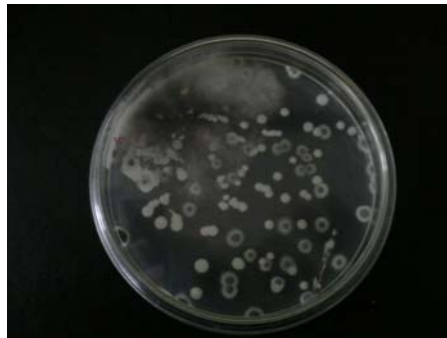
ภาพประกอบที่ 4.8 เชื้อราบนแผ่นยางที่จับตัวด้วยกรดน้ำส้มชาวบ้าน 90 ml: น้ำส้มคว้นไม้เกรด
การค้ำน้ำเข้า A (Control), B (5 ml), C (10 ml), D (20 ml), E (30 ml),
F (40 ml) และ G (50 ml)



ภาพประกอบที่ 4.9 เชื้อราบนแผ่นยางที่จับตัวด้วยกรดฟอร์มิก 450 ml: น้ำส้มควันไม้กะลามะพร้าว

A (Control), B (25 ml), C (50 ml), D (100 ml), E (150 ml),

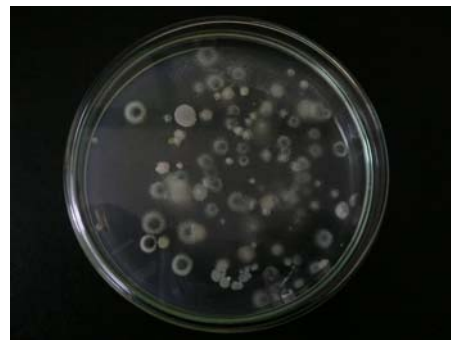
F (200 ml) และ G (250 ml)



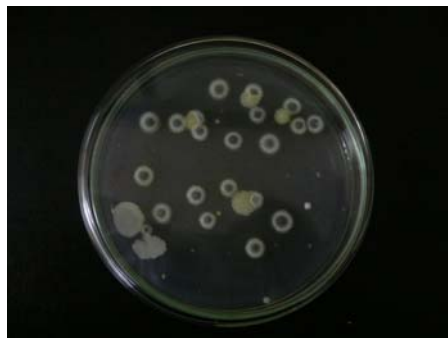
A



B



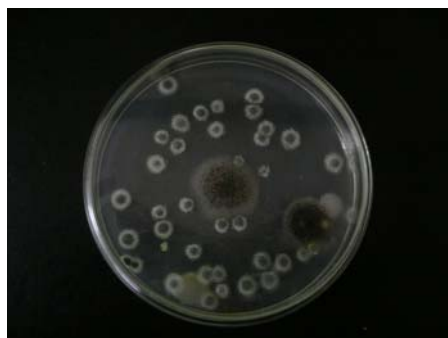
C



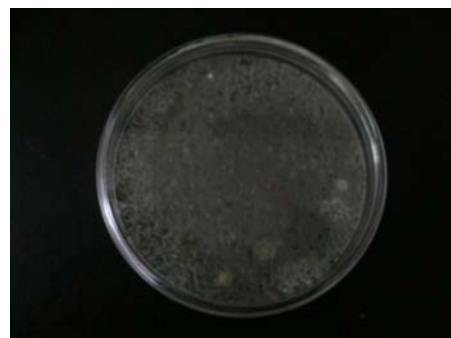
D



E



F



G

ภาพประกอบที่ 4.10 เชื้อราบนแผ่นยางที่จับตัวด้วยกรดน้ำส้มชวบ้าน 450 ml: น้ำส้มคว้นไม้
กะลามาพร้าว A (Control), B (25 ml), C (50 ml), D (100 ml), E (150 ml),
F (200 ml) และ G (250 ml)

4.4 การหาต้นทุนการผลิตยางแผ่น

การหาต้นทุนการผลิตยางแผ่นที่ใช้น้ำส้มควันไม้กะลามะพร้าวเป็นสารเติมเพื่อปรับปรุงคุณภาพสามารถแยกการคำนวณเป็นการผลิตในระดับปฏิบัติการและระดับชาวบ้าน สำหรับราคาของวัตถุดิบแสดงได้ดังนี้

น้ำยางสด (% น้ำยางแห้ง = 37)	97.00 บาท/กิโลกรัม
น้ำประปา	0.01 บาท/ลิตร
กรดซัลฟิวริก	19.50 บาท/ลิตร
กรดฟอร์มิก	130.00 บาท/ลิตร
น้ำส้มควันไม้	80.00 บาท/ลิตร

(ข้อมูล วันที่ 25 มกราคม 2552)

สำหรับต้นทุนการผลิตยางแผ่นในระดับปฏิบัติการและระดับชาวบ้านที่สถานะที่เหมาะสมแสดงไว้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงต้นทุนการผลิตยางแผ่น

การทดลอง	ชนิดกรด	น้ำยาง: น้ำ: สารละลายกรด: น้ำส้มควันไม้	P_0	PRI	ความ หนืด	ต้นทุนการ ผลิต/น้ำหนัก (บาท/ กิโลกรัม)
ระดับ ปฏิบัติการ	ซัลฟิวริก	300: 300: 90: 0	40.0	64.3	59.9	71.5
		300: 300: 90: 30	43.5	60.5	59.3	73.9
ระดับ ชาวบ้าน	ซัลฟิวริก	1,500: 1,500: 450: 0	43.1	38.74	48.55	71.5
		1,500: 1,500: 450: 250	46.9	64.93	51.61	91.5
	ฟอร์มิก	1,500: 1,500: 450: 0	55.1	81.77	58.98	73.1
		1,500: 1,500: 450: 200	50.6	88.78	57.31	89.1

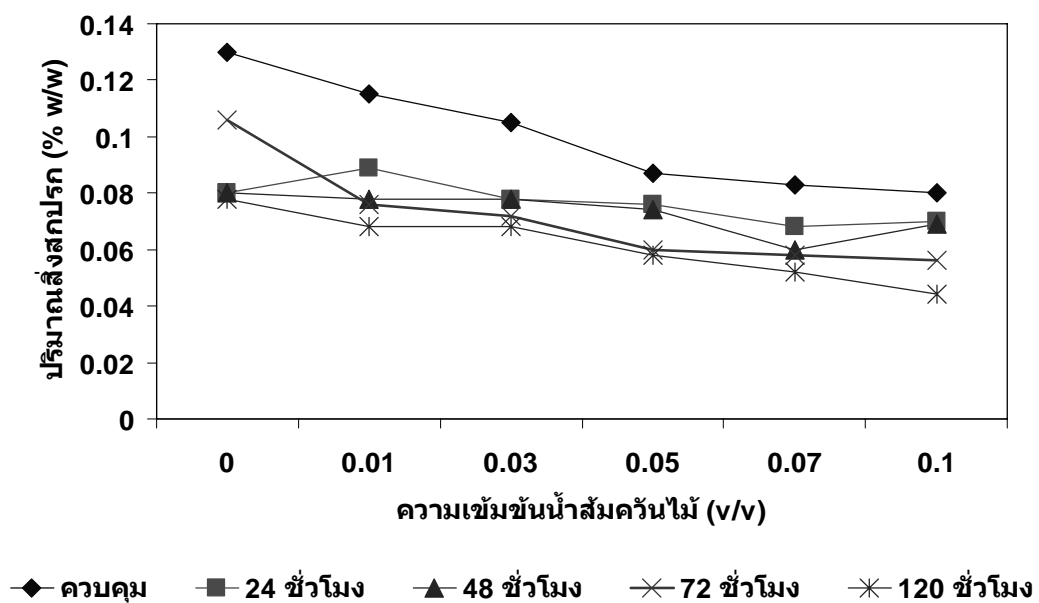
จากตารางที่ 4.3 พบว่า การนำน้ำส้มควันไม้ไปใช้เป็นสารเติมในการผลิตยางแผ่นทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นจากยางแผ่นที่ไม่มีการเติมน้ำส้มควันไม้โดยการผลิตยางแผ่นระดับปฏิบัติการเพิ่มขึ้น 3% ระดับชาวบ้านที่มีการใช้กรดซัลฟิวริกในการจับตัวเพิ่มขึ้น 28% และระดับชาวบ้านที่ใช้กรดฟอร์มิกในการจับตัวเพิ่มขึ้น 22% เมื่อเทียบกับชุดควบคุม แต่เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ที่สามารถปรับปรุงคุณภาพทางกายภาพของยางและยับยั้งเชื้อราในกระบวนการผลิต

ยางแผ่นแล้วจึงมีความเป็นไปได้สูงในการที่จะนำน้ำส้มควันไม้มาใช้เป็นสารเติมเพื่อปรับปรุงคุณภาพ

4.5 ผลการใช้น้ำส้มควันไม้ในกระบวนการผลิตยางแท่ง

ผลการใช้น้ำส้มควันไม้ในกระบวนการผลิตยางแท่งพิจารณาได้จากคุณสมบัติมาตรฐาน ซึ่งได้แก่ ปริมาณสิ่งสกปรก ปริมาณผงเถ้า ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณสิ่งระเหย ความอ่อนตัว เริ่มต้น ดัชนีความอ่อนตัวของยาง และความหนืด

4.5.1 ปริมาณสิ่งสกปรก



ภาพประกอบที่ 4.11 ผลการทดลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสิ่งสกปรกในยางแท่ง

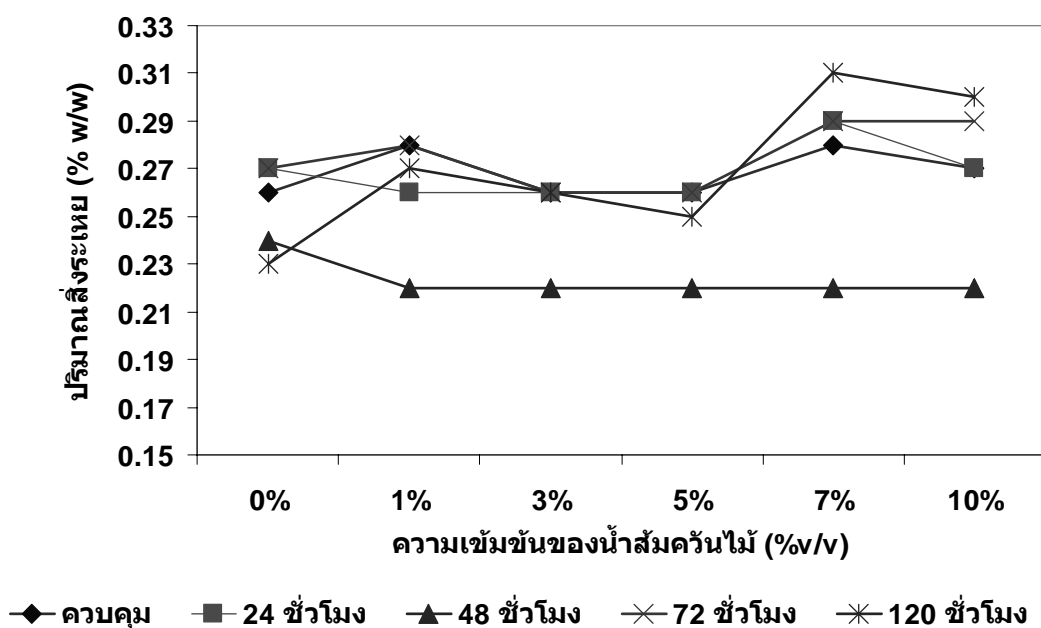
กับความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ในการจุ่มแช่ขึ้นยางที่เวลาต่าง ๆ

ภาพประกอบที่ 4.11 พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสิ่งสกปรกกับระยะเวลาในการจุ่มแช่ขึ้นยาง พบว่าการเพิ่มระยะเวลาในการแช่ขึ้นยางทำให้ปริมาณสิ่งสกปรกลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการที่ขึ้นยางสัมผัสกับน้ำได้นานส่งผลให้ปริมาณสิ่งสกปรกหลุดออกไปจากเนื้อยางได้มาก และเมื่อเพิ่มเวลาในการจุ่มแช่เป็น 48-120 ชั่วโมง พบว่าปริมาณสิ่งสกปรกลดลงเล็กน้อย ทั้งนี้เกิดขึ้นเนื่องจากการที่พื้นที่ผิวสัมผัสของขึ้นยางกับน้ำเริ่มเกิดการอิมตัวและปริมาณสิ่งสกปรกที่ผิวยางได้หลุดออกไปบางส่วนแล้ว ทั้งนี้เมื่อนำปริมาณสิ่งสกปรกจากการทดลองมาพิจารณาพบว่าค่าที่ทดสอบได้ผ่านตามมาตรฐานที่ระบุไว้ว่าต้องไม่เกิน 0.16% สำหรับยางแท่งเอสทีอาร์ 20

เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณสิ่งสกปรกมีแนวโน้มลดลงมากขึ้น โดยเมื่อเพิ่มความเข้มข้นเป็น 5% 7% และ 10% ส่งผลให้ปริมาณสิ่งสกปรกลดลงเป็น 14.45–22.90% เมื่อเทียบกับยางแท่งชุดควบคุม

ที่ 5% และ 7% ไม่ทำให้ปริมาณสิ่งสกปรกแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่เมื่อเพิ่มสัดส่วนเป็น 10% ส่งผลให้ปริมาณสิ่งสกปรกของยางแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเทียบกับความเข้มข้นที่ต่ำกว่า 10%

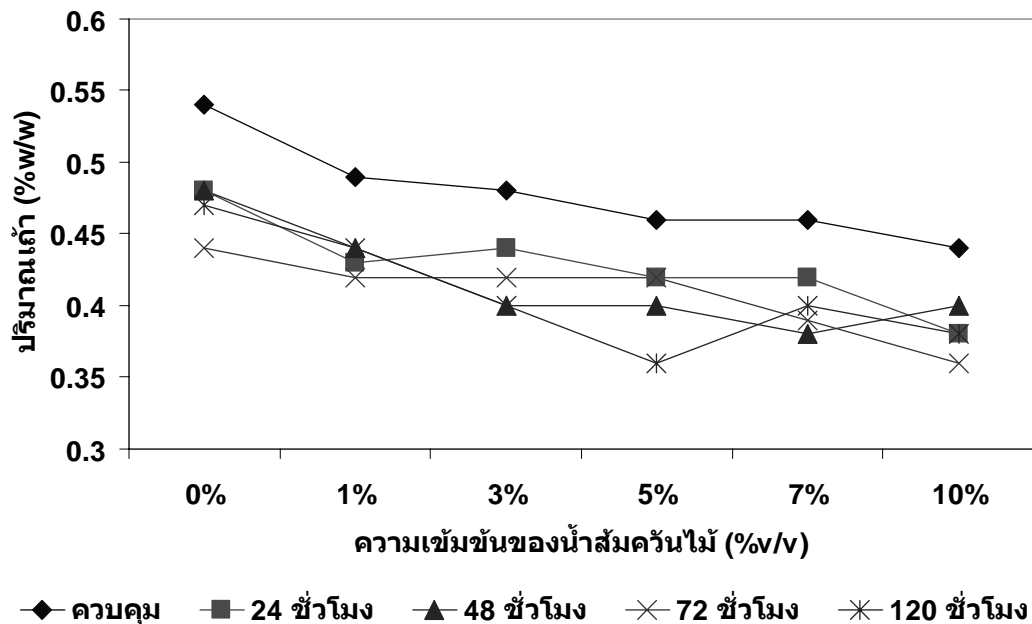
4.5.2 ปริมาณสิ่งระเหย



ภาพประกอบที่ 4.12 ผลการทดลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสิ่งระเหยในยางแท่งกับความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ในการจุ่มแช่ขึ้นยางที่เวลาต่าง ๆ

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสิ่งระเหยกับความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ในการจุ่มแช่ขึ้นยางที่เวลาต่าง ๆ แสดงดังภาพประกอบที่ 4.12 พบว่าระยะเวลาในการแช่ยางในสารละลายน้ำส้มควันไม้ นานขึ้น ปริมาณสิ่งระเหยลดลงในช่วง 0-48 ชั่วโมง ทั้งนี้เกิดจากการที่การที่น้ำเข้าไปในอนุภาคยางทำให้สิ่งระเหยได้เกิดการอิมตัว (เกิดสมดุล) เนื่องจากการสัมผัสน้ำทำให้เกิดการหลุดออกไปมากในช่วงแรก ๆ แต่เมื่อระยะเวลาในการจุ่มแช่นานขึ้น ปริมาณสิ่งระเหยจึงมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อย ในขณะที่ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ไม่ได้ส่งผลต่อปริมาณสิ่งระเหย

4.5.3 ปริมาณเถ้า



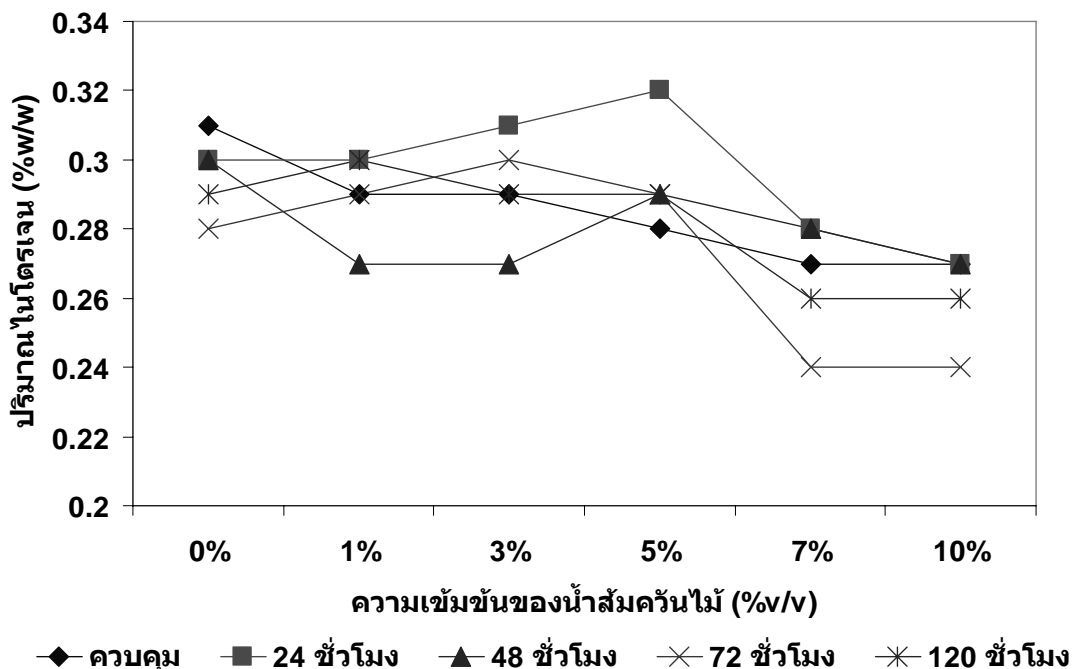
ภาพประกอบที่ 4.13 ผลการทดลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเถ้าในยางแท่งกับความเข้มข้นของน้ำส้มคว้นไม้ในการจุ่มแช่ขึ้นยางที่เวลาต่าง ๆ

ปริมาณเถ้าซึ่งเป็นคุณสมบัติที่บ่งบอกถึงปริมาณแร่ธาตุที่มีอยู่ในยางจากการทดลองพบว่าปริมาณเถ้ามีค่าไม่เกิน 0.80% ซึ่งผ่านตามมาตรฐานยางแท่ง การเพิ่มระยะเวลาในการจุ่มแช่ขึ้นยางทำให้ปริมาณเถ้าลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงดังภาพประกอบที่ 4.13 ทั้งนี้อาจเกิดจากการที่น้ำส้มคว้นไม้มีส่วนประกอบของสารอินทรีย์ที่สามารถละลายน้ำส่งผลให้เกิดการหลุดไปกับน้ำส่งผลให้ปริมาณเถ้าลดลงโดยปริมาณเถ้าที่ลดลงอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในช่วงเวลา 120 ชั่วโมง ปริมาณเถ้าลดลงอย่างชัดเจน

และเมื่อพิจารณาความเข้มข้นของน้ำส้มคว้นไม้ พบว่า เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณเถ้ามีแนวโน้มลดลงมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อความเข้มข้นสูงขึ้นปริมาณสารอินทรีย์มากขึ้นทำให้ปริมาณเถ้าลดลง โดยเมื่อเพิ่มความเข้มข้นเป็น 3% 5% 7% และ 10% ส่งผลให้ปริมาณเถ้าลดลงเป็น 6.7-13.3% เมื่อเทียบกับยางแท่งชุดควบคุม

ที่ความเข้มข้น 1% ไม่ทำให้ปริมาณเถ้าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่เมื่อเพิ่มสัดส่วนเป็น 5% และ 10% ส่งผลให้ปริมาณเถ้าของยางแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเทียบกับความเข้มข้นที่ต่ำกว่า 5%

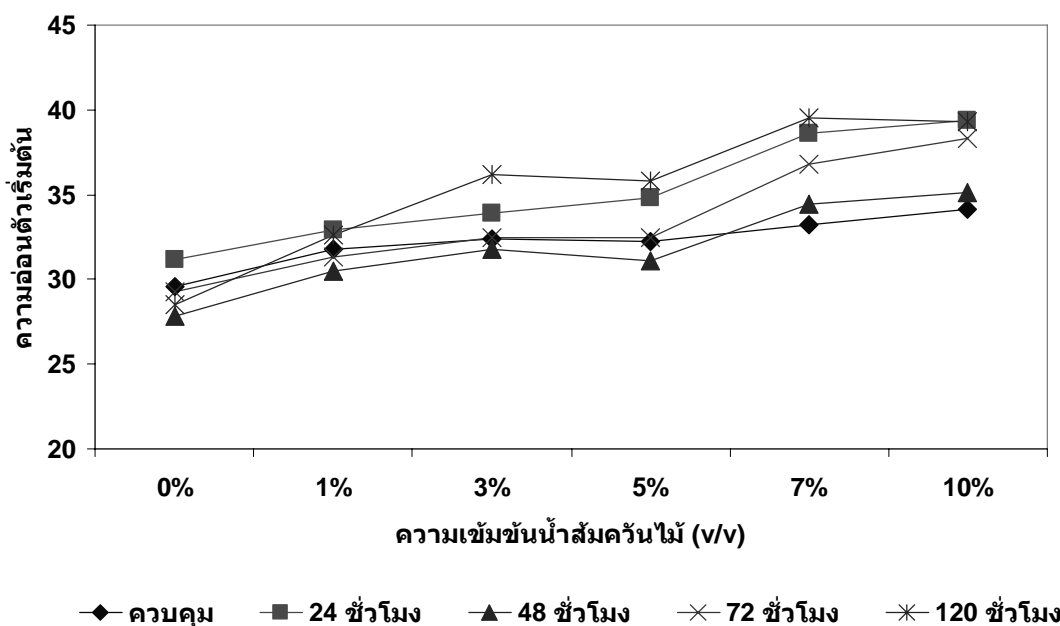
4.5.4 ปริมาณไนโตรเจน



ภาพประกอบที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนของยางแท่งกับความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ในการจุ่มแช่ขึ้นยงที่เวลาต่าง ๆ

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนของยางแท่งกับความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ในการจุ่มแช่ขึ้นยงที่เวลาต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 4.14 พบว่าระยะเวลาในการจุ่มแช่ขึ้นยงไม่ได้ส่งผลต่อปริมาณไนโตรเจน และเมื่อพิจารณาความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ในการจุ่มแช่ พบว่าความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ที่สูงขึ้นส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนที่ได้มีค่าลดลงโดยเมื่อเพิ่มความเข้มข้นเป็น 7% และ 10% ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนลดลงเป็น 6.9–10.3 % เทียบกับยางแท่งชุดควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากน้ำส้มควันไม้ที่ใช้ในการทดลองมีความเป็นกรดส่งผลให้โครงสร้างโปรตีนที่มีอยู่ในยางถูกทำลาย ทำให้ปริมาณไนโตรเจนลดลงเมื่อความเข้มข้นสูงขึ้น และจากผลการทดลองพบว่าปริมาณไนโตรเจนที่ได้มีค่าตามมาตรฐานยางแท่งเอสทีอาร์ 20 ที่ระบุไว้ว่าต้องไม่เกิน 0.60%

4.5.5 ความอ่อนตัวเริ่มต้น



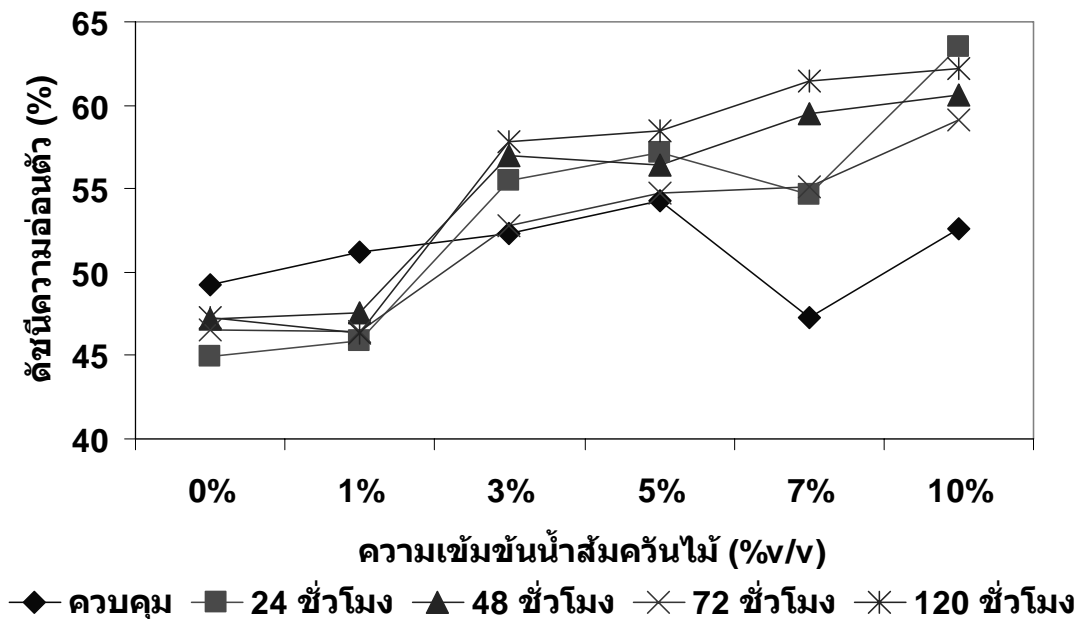
ภาพประกอบที่ 4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความอ่อนตัวเริ่มต้นของยางแท่งกับความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ในการจุ่มแช่ขึ้นยางที่เวลาต่าง ๆ

พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความอ่อนตัวเริ่มต้นกับความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ในการจุ่มแช่ขึ้นยางที่เวลาต่าง ๆ แสดงดังภาพประกอบที่ 4.15 พบว่าระยะเวลาในการจุ่มแช่ขึ้นยางไม่ทำให้ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นเฉลี่ยของยางภายหลังการจุ่มแช่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยมีค่าอยู่ในช่วง 31.23-34.54 ซึ่งเป็นค่าที่ผ่านตามมาตรฐานยางแท่งเอสทีอาร์ 20 ที่กำหนดไว้ว่าต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 30

และเมื่อพิจารณาที่ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ในการจุ่มแช่ พบว่าเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นเฉลี่ยของยางมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเมื่อเพิ่มสัดส่วนเป็น 3% 5% 7% และ 10% ส่งผลให้ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นของยางแท่งเพิ่มขึ้นเป็น 7.9-21.4% เมื่อเทียบกับยางแท่งควบคุม (control) ทั้งนี้เนื่องมาจากการที่น้ำส้มควันไม้มีองค์ประกอบของสารอินทรีย์มากมาย เช่น กรดอะซิติก ฟีนอล และสารจำพวกหมู่อัลดีไฮด์ ซึ่งสารจำพวกหมู่อัลดีไฮด์จะทำปฏิกิริยากับหมู่เอมีนที่มีอยู่ในยางส่งผลต่อการเชื่อมโยงของโมเลกุลของยางทำให้ค่าความอ่อนตัวของยางที่ได้จะมีค่าที่สูงขึ้น (हररया และकणख, 2527)

ที่ 3% และ 5% ไม่ทำให้ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อเพิ่มสัดส่วนมากขึ้นเป็น 7% และ 10% ส่งผลให้ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นของยางแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเทียบกับที่สัดส่วนต่ำกว่า 7%

4.5.6 ดัชนีความอ่อนตัว

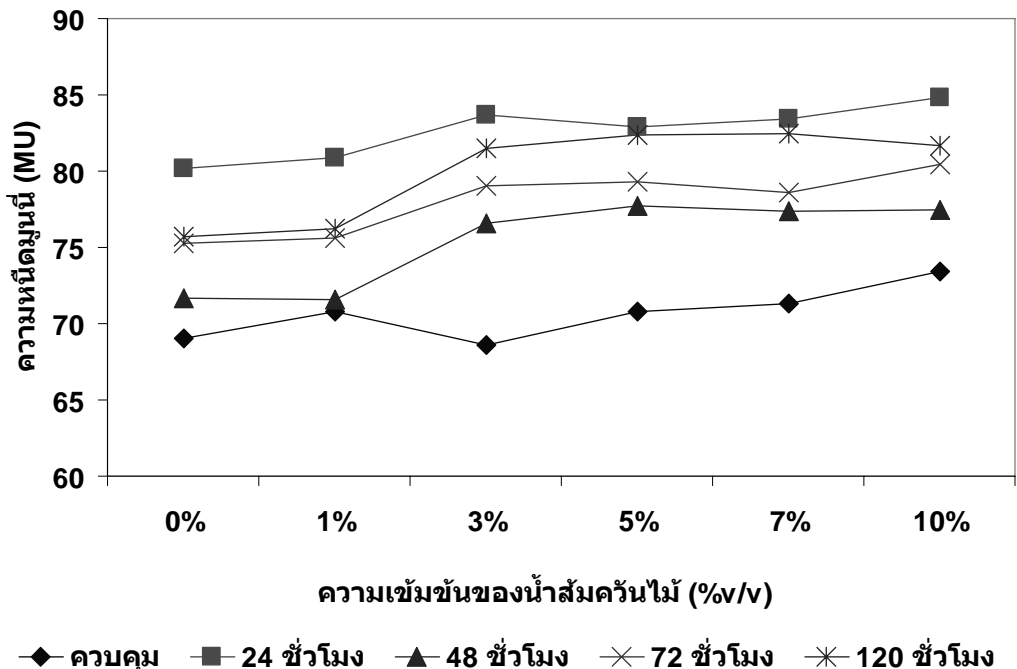


ภาพประกอบที่ 4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความอ่อนตัวของยางแท่งกับความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ในการจุ่มแช่ขึ้นยางที่เวลาต่าง ๆ

ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความอ่อนตัวของยางกับความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ในการจุ่มแช่ขึ้นยางที่เวลาต่าง ๆ แสดงดังภาพประกอบที่ 4.16 พบว่าระยะเวลาในการจุ่มแช่ทำให้ค่าดัชนีความอ่อนตัวเฉลี่ยของยางภายหลังการจุ่มแช่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยมีค่าอยู่ในช่วง 44.69–59.29 ซึ่งเป็นค่าที่ผ่านตามมาตรฐานยางแท่งเอสทีอาร์ 20 ที่กำหนดไว้ว่าต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 40

และเมื่อพิจารณาที่ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ในการจุ่มแช่ พบว่าความเข้มข้นเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าดัชนีความอ่อนตัวเฉลี่ยของยางมีแนวโน้มมากขึ้น โดยเมื่อเพิ่มสัดส่วนเป็น 3% 5% 7% และ 10% ส่งผลให้ค่าดัชนีความอ่อนตัวของยางแท่งเพิ่มขึ้นเป็น 4–14.8 % เมื่อเทียบกับยางแท่งควบคุม (control) ทั้งนี้เนื่องจากน้ำส้มควันไม้มีสารแอนติออกซิแดนท์ จึงส่งผลให้ค่าดัชนีความอ่อนตัวของยางที่ผ่านการจุ่มแช่น้ำส้มควันไม้มีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับชุดควบคุม

4.5.7 ความหนืดมูนี้



ภาพประกอบที่ 4.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของยางแท่งกับความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ในการจุ่มแช่ขึ้นยางที่เวลาต่าง ๆ

ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของยางแท่งกับความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ในการจุ่มแช่ที่เวลาต่าง ๆ แสดงดังภาพประกอบที่ 4.17 พบว่าระยะเวลาในการจุ่มแช่ทำให้ค่าความหนืดของยางภายหลังการจุ่มแช่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยมีค่าอยู่ในช่วง 70.68–82.63 ซึ่งเป็นค่าที่ผ่านตามมาตรฐานยางแท่งเอสทีอาร์ 20 คือต้องอยู่ในช่วง 70-80 เมื่อพิจารณาที่ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ในการจุ่มแช่ พบว่าความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความหนืดของยางมีแนวโน้มมากขึ้น โดยเมื่อเพิ่มสัดส่วนเป็น 3% 5% 7% และ 10% ส่งผลให้ค่าความหนืดของยางแท่งเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับยางแท่งควบคุม (Control)

อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของค่าความหนืดจากน้ำส้มควันไม้ ยังไม่สามารถอธิบายได้ชัดเจนในขณะนี้ เนื่องจากองค์ประกอบในน้ำส้มควันไม้มีอยู่มากมาย และนอกจากนี้ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าปริมาณของน้ำส้มควันไม้ส่งผลกระทบต่อค่าความอ่อนตัวของยางด้วย ทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้บางชนิดสามารถทำหน้าที่เป็นสารต้านการเกิดออกซิเดชันในยาง

4.6 การทดสอบความสามารถในการต้านเชื้อราในยางแท่ง

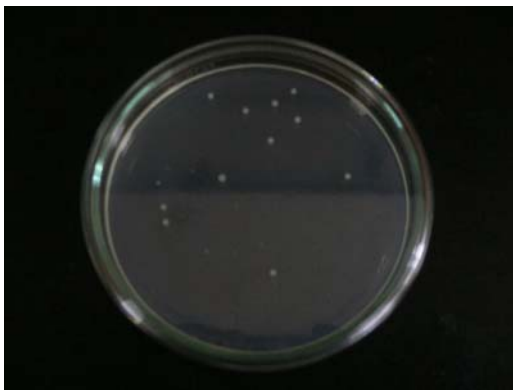
การศึกษาความสามารถในการยับยั้งการเกิดเชื้อราบนยางแท่งของน้ำส้มควันไม้ ดำเนินการทดลองเป็นการจุ่มแช่ขึ้นข้างลงในสารละลายน้ำส้มควันไม้ที่ความเข้มข้นช่วง 0–10% โดยปริมาตร ที่เวลา 24, 48, 72 และ 120 ชั่วโมง น้ำส้มควันไม้ที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำส้มควันไม้กะลามะพร้าวซึ่งผลิตได้ใน อ.หาดใหญ่ จังหวัดสงขลา พบว่าความเข้มข้นของสารละลายน้ำส้มควันไม้ในการจุ่มแช่ไม่มีผลต่อปริมาณเชื้อรา ที่ความเข้มข้น 1% 3% 5% 7% และ 10% โดยปริมาตร ปริมาณเชื้อราที่เกิดขึ้นไม่มีความแตกต่างกันและเมื่อพิจารณาระหว่างการจุ่มแช่ในสารละลายน้ำส้มควันไม้กับไม่จุ่มแช่ พบว่าปริมาณเชื้อราไม่มีความแตกต่างกันซึ่งแสดงดังภาพประกอบที่ 4.18 สำหรับในส่วนของการจุ่มแช่ขึ้นข้างที่ระยะเวลา 48, 72 และ 120 ชั่วโมงปริมาณเชื้อราที่เกิดขึ้นไม่แตกต่างกับภาพประกอบที่ 4.18 ทั้งนี้เนื่องจากในกระบวนการผลิตยางแท่งจะมีการอบยางด้วยซึ่งจะทำให้เชื้อรามีปริมาณน้อย(กรมวิชาการเกษตร, 2550) และอีกทั้งน้ำส้มควันไม้มีองค์ประกอบทางเคมีที่หลากหลายอีกทั้งน้ำส้มควันไม้ยังมีกรดอะซิติกและฟีนอลซึ่งมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อรา



(Control)



(A)



(B)



(C)



(D)



(E)

ภาพประกอบที่ 4.18 เชื้อราบนยางแท่งที่มีการจุ่มแช่น้ำส้มคว้นไม่เวลาดำเนินการ 24 ชั่วโมงที่ความเข้มข้น (Control) 1% (A) 3% (B) 5% (C) 7% (D) และ 10% (E) โดยปริมาตร

4.7 การหาต้นทุนการผลิตยางแท่ง

เนื่องจากต้นทุนการผลิตยางแท่งจากโรงงานโดยทั่วไปไม่สามารถเปิดเผยข้อมูลให้บุคคลภายนอกรับทราบ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงพิจารณาต้นทุนเฉพาะราคาเศษยางกับราคาน้ำส้มควันไม้เป็นหลัก พบว่า การเพิ่มน้ำส้มควันไม้ที่เหมาะสมทำให้ราคายางเพิ่มขึ้นเป็น 43% จากเดิม และแนวโน้มในการนำน้ำส้มควันไม้มาใช้ในกระบวนการผลิตยางแท่งนั้นสามารถทำได้ถ้าสามารถลดต้นทุนการผลิตน้ำส้มควันไม้ได้

เศษยาง 36 บาท/กิโลกรัม

น้ำส้มควันไม้ 80 บาท/ลิตร

(ข้อมูล วันที่ 22 ตุลาคม 2552)

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

5.1.1 การใช้ น้ำส้มควันไม้ เป็นสารเติมในกระบวนการผลิตยางแผ่นส่งผลดีต่อคุณสมบัติด้านความอ่อนตัวเริ่มต้น ดัชนีความอ่อนตัวของยางและสามารถยับยั้งเชื้อราได้ โดยสัดส่วนที่เหมาะสมในการใช้ น้ำส้มควันไม้ เป็นสารเติมในกระบวนการผลิตยางแผ่นระดับปฏิบัติการ คือ สัดส่วนน้ำ: น้ำยาง: กรดซัลฟิวริก: น้ำส้มควันไม้กะละมะพร้าว ที่ 300: 300: 90: 30 มิลลิลิตร และระดับชาวบ้าน คือ สัดส่วนน้ำ: น้ำยาง: กรดซัลฟิวริก: น้ำส้มควันไม้กะละมะพร้าว 1,500: 1,500: 450: 250 มิลลิลิตร

5.1.2 การใช้ น้ำส้มควันไม้ ในกระบวนการผลิตยางแท่ง พบว่า ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ ในการจุ่มแช่ทำให้ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น ดัชนีความอ่อนตัวและความหนืดมูนนี้มีค่าสูงขึ้น ขณะที่ปริมาณสิ่งสกปรก ปริมาณเถ้าและปริมาณไนโตรเจนลดลงแต่ไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณสิ่งระเหย

เมื่อพิจารณาระยะเวลาในการจุ่มแช่ พบว่า การจุ่มแช่ขึ้นยางในระยะเวลาสั้นทำให้ปริมาณสิ่งสกปรก ปริมาณสิ่งระเหย และปริมาณเถ้าลดลง ขณะที่ดัชนีความอ่อนตัวและความหนืดมูนนี้เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ระยะเวลาในการจุ่มแช่ส่งผลเพียงเล็กน้อยต่อความสามารถในการยับยั้งเชื้อรา และไม่ส่งผลกระทบต่อค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นและปริมาณไนโตรเจน

ที่สภาวะในการจุ่มแช่ขึ้นยางที่ความเข้มข้น 10% เวลา 120 ชั่วโมงเป็นสภาวะที่ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของยางแท่งที่ดีที่สุด

5.1.3 การใช้ น้ำส้มควันไม้ ในกระบวนการผลิตยางแผ่นและยางแท่งมีแนวโน้มในการนำมาใช้ได้ถ้าสามารถลดต้นทุนในการผลิตน้ำส้มควันไม้ลงได้ทั้งนี้เนื่องจากน้ำส้มควันไม้มีคุณสมบัติในการปรับปรุงคุณภาพทางกายภาพและยับยั้งเชื้อราในกระบวนการผลิตยางแผ่นได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการใช้ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ที่สูงขึ้นในการจุ่มแช่เพื่อเป็นการศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ที่มีผลต่อคุณสมบัติของยาง
2. ควรลดปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ใช้เป็นสารเติมในกระบวนการผลิตยางแผ่นที่เกิดจากการจับตัวด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก

บรรณานุกรม

- กรมวิชาการเกษตร. 2544. การทดสอบตามมาตรฐานยางแท่งเอสทีอาร์.
- กรมวิชาการเกษตร. 2550. เอกสารข้อมูลวิชาการยางพารา 2550. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด กรุงเทพฯ.
- จิระพงษ์ คูหากาญจน์. ไม่ปรากฏวันเดือนปีที่พิมพ์. น้ำส้มควันไม้. วารสารเกษตรกรรมธรรมชาติ.
- จุไรวัลย์ รัตนะพิสิฐ, จันทิมา ชั่งศิริพร และจรัญ บุญกาญจน์. 2550. การหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตและกลั่นแยกน้ำส้มควันไม้จากไม้ยางพารา สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- นงลักษณ์ สุวรรณพินิจและปรีชา สุวรรณพินิจ. 2541. จุลชีววิทยาทั่วไป
- พิมพ์ภัตรา ทัพพะวาสน์และสุชินันท์ พลฤกษ์พัฒนรักษ์. 2006. การศึกษาการใช้น้ำส้มควันไม้เพื่อเพิ่มคุณภาพยางแผ่น. โครงการงานนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- พุดินันท์ พึ่งวงศ์ญาติ. 2546. ถ่านไม้และน้ำส้มควันไม้. ชมรมสวนป่า ผลิตภัณฑ์และพลังงานจากไม้.
- ยอดธง ไบมาก. 2549. การศึกษาน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัสสำหรับใช้เป็นสารช่วยให้ยางจับตัวและสารยับยั้งการเกิดเชื้อราในการผลิตยางแผ่น. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์เคมี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- วราภรณ์ ขจรไชยกูล. 2537. ผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติ. ศูนย์วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ยาง สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพมหานคร
- เสาวนีย์ ก่ออุทธิ์รังสี. 2547. การผลิตยางธรรมชาติ. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

- ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. 2550. กระบวนการผลิตและการทดสอบยาง.
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. โรงพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด มหาชน กรุงเทพฯ.
- Chen CA, Pakdel H and Roy C. 2001. Production of monomeric phenols by thermochemical conversion of biomass: a review. *Journal of Bioresource technology*. 79: 277-299
- Demirbas A. 2002. Partly chemical analysis of liquid fraction of flash pyrolysis products from biomass in the presence of sodium carbonate. *Journal of Energy Conversion and Management*. 43: 1801-1809.
- Fengel D, Wegener D. 1984. *Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions*. ISBN 3-11-008481-3. New York: Walter de Gruyter; Berlin.
- Ferreira V. S, Rego I.N.C, Jr F.P, Mandai M.M, Mendes L.S, Santos K.A.M, Rubim J.C and Suarez P.A.Z. 2004. The use of smoke acid as an alternative coagulating agent for natural rubber sheets' production. *Journal of Bioresource technology*. 96:605-609
- Grandmaison JL and Kaliaguine S. 1991. Behaviour of phenols under supercritical fluid chromatographic conditions in relation to the pyrolysis of lignocellulosic materials. *Journal of Chromatography*. 540: 225-238.
- Gullu D and Demirbas A. 2001. Biomass to methanol via pyrolysis process. *Journal of Energy Conversion and Management*. 42: 1349-1356.
- Kadota M and Niimi Y. 2004. Effects of charcoal with pyroligneous acid and barnyard manure on bedding plants. *Journal of Scientia Horticulturae*. 101: 327-332.

- Kartal S.N., Imamura Y, Tsuchiya F and Ohsato K. 2004. Preliminary evaluation of Fungicidal and termiticidal activities of filtrates from biomass slurry fuel production. *Journal of Bioresource technology*. 95: 41-47.
- Lim K.G. 2004. Pyrolysis and characterization of the products for recycle of rubber wood residues.
- Loo A.Y, Jain K. and Darah I. 2007. Antioxidant and radical scavenging activities of the pyrolygneous acid from a mangrove plant, *Rhizophora aciculate*. *Journal of Food Chemistry*. 104: 300-307.
- Mu J, Uehara T, and Furuno T. 2003. Effect of bamboo vinegar on regulation of germination and radical growth of seed plants. *Journal of Wood Science*. 49: 262-270
- Nakai T, Kartal S.N, Hata T and Imamura Y. 2005. Chemical characterization of pyrolysis liquids of wood – based composites of their bio-efficiency. *Journal of Building and Environment*. 42: 1236-1241.
- Sakasegawa M and Yotagai M.2005. Composition of pyrolyzate from japanese green tea. *Journal of Wood science*. 51: 73-76.
- Available online: <http://www.chantong.com/Deorub.htm> (access 2550)
- Available online: <http://www.kiengmool.com> (access 2550)
- Available online: <http://www.rubberthai.com> (access 2551)
- Available online: <http://library.tisi.go.th> (access 2551)
- Available online: <http://www.wikipedia.org/wiki/> (access 2551)

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ทางกายภาพและการทดสอบสมบัติของยาง

การเตรียมตัวอย่าง

ก่อนที่จะนำตัวอย่างยางที่ได้ไปทดสอบหาค่าสมบัติต่างๆ จะต้องมีการเตรียมตัวอย่าง โดยการบดตัวอย่างให้เป็นเนื้อเดียวกัน เพื่อความสม่ำเสมอของชิ้นทดสอบ โดยการปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง ให้ปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง ให้ปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งทั้งสอง จนได้ความหนาตามที่ต้องการ แล้วนำไปตัดแบ่งเป็นชิ้นเล็ก ๆ เพื่อทดสอบหาสมบัติต่าง ๆ ดังนี้

สมบัติ	น้ำหนักชิ้นทดสอบโดยประมาณ (กรัม)
ปริมาณสิ่งสกปรก	15
ปริมาณเถ้า	10
ปริมาณไนโตรเจน	10
ปริมาณสิ่งระเหย	15
ดัชนีความอ่อนตัวและตี	25
ความหนืด	25

การทดสอบปริมาณสิ่งสกปรก (Determination of Dirt Content)

ปริมาณสิ่งสกปรก หมายถึง ปริมาณของสารที่ได้จากการกรองด้วยตัวกรอง ซึ่งสารที่ได้นั้นจะประกอบด้วยสารแปลกปลอมอื่นๆ เช่น เปลือกไม้ ใบไม้ ปริมาณและชนิดของสิ่งสกปรกมีความสำคัญต่อกระบวนการแปรรูปและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นความสกปรกจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องมีในปริมาณน้อยที่สุด

การทดสอบเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM D1278-91 a Standard Test Method for Rubber from Natural Source Chemical Analysis ซึ่งมีวิธีการทดสอบดังนี้

เครื่องมือ/อุปกรณ์

1. เครื่องบด 2 ลูกกลิ้ง
2. ขวดแก้วรูปชมพู่ ขนาด 500 มิลลิลิตร และ 1,000 มิลลิลิตร
3. เทอร์โมมิเตอร์ ช่วงอุณหภูมิ $100^{\circ}\text{C} - 200^{\circ}\text{C}$
4. ตัวกรอง
5. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
6. ตู้อบอุณหภูมิ $0^{\circ}\text{C} - 200^{\circ}\text{C}$
7. เตาสำหรับต้มที่สามารถควบคุมอุณหภูมิ 140°C
8. กรวยสำหรับกรอง
9. ถาดกลมมีขอบ
10. โถแก้วดูความชื้น
11. เตาไฟฟ้า
12. คีมจับขวดแก้วรูปชมพู่
13. ขวดฉีด
14. ชุดขาตั้งยึดกรวยสำหรับกรอง
15. เครื่องทำความสะอาดตัวกรอง

สารเคมี

1. น้ำมันสน
2. สารเคมีเร่งการละลายยาง

วิธีการทดสอบ

1. ละลายยางดิบ 10 กรัม ด้วยน้ำมันสน 250 มิลลิลิตร
2. เติมสารเร่งเพื่อช่วยในการละลายของยาง 1 มิลลิลิตร

3. วางบนเตาที่มีความร้อนประมาณ 140°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
4. นำสารละลายยางที่ได้ไปกรองเพื่อคำนวณหาน้ำหนักของปริมาณผงในยาง

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณสิ่งสกปรก} = \frac{[(\text{น้ำหนักตัวกรองพร้อมสิ่งสกปรก} - \text{น้ำหนักตัวกรอง}) / \text{น้ำหนักชิ้นทดสอบ}] * 100}{}$$

การทดสอบปริมาณเถ้า (Determination of Ash Content)

เถ้าในยางธรรมชาติ ประกอบด้วยเกลืออนินทรีย์พวกคาร์บอเนตออกไซด์ และฟอสเฟต ของ โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม โซเดียม และแร่ธาตุอื่นๆ ปริมาณเถ้าจะเป็นตัวบ่งชี้ปริมาณแร่ธาตุที่มีอยู่ในยางดิบ

การทดสอบเป็นไปตามมาตรฐานมาตรฐาน ASTM D1278-91 a Standard Test Method for Rubber from Natural Source Chemical Analysis ซึ่งมีวิธีการทดสอบดังนี้

เครื่องมือ/อุปกรณ์

1. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
2. เตาเผาอุณหภูมิสูง
3. โถแก้วดูความชื้น
4. ถ้วยทนความร้อน
5. คีม
6. กระดาษกรองชนิดไร้เถ้า

หลักการ

1. ชั่งยางดิบให้ได้น้ำหนัก 5 กรัม
2. ห่อด้วยกระดาษกรองโดยกระดาษกรอง ใส่ในถ้วยทนความร้อน และบันทึกน้ำหนัก
3. นำเข้าเผาในเตาเผาอุณหภูมิสูงที่อุณหภูมิ 550°C ± 20°C เป็นเวลาประมาณ 4 ชั่วโมง
4. ทำให้เย็นในโถแก้วดูความชื้น แล้วชั่งละเอียด 0.0001 กรัม

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณซีเถ้า} = \frac{[\text{น้ำหนักถั่วพร้อมถั่ว} - \text{น้ำหนักถั่ว}]}{\text{น้ำหนักชิ้นทดสอบ}} * 100$$

การทดสอบปริมาณไนโตรเจน (Determination of Nitrogen Content)

ไนโตรเจนในยางดิบ ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของโปรตีน ดังนั้น ปริมาณของไนโตรเจนจึงเป็นตัวบ่งชี้ว่าในยางดิบมีโปรตีนอยู่มากน้อยเพียงใด

การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน ใช้วิธี Semi- micro kjedahl โดยย่อยสลายยางด้วยกรดกำมะถันเข้มข้นแล้วใช้สารเร่งปฏิกิริยา เพื่อเปลี่ยนสารประกอบไนโตรเจนไปเป็นแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ปรับสารละลายให้เป็นด่าง แล้วนำไปกลั่น จะได้ก๊าซแอมโมเนีย จับก๊าซแอมโมเนียด้วยกรดบอริก แล้วไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานกรดกำมะถัน

การทดสอบเป็นไปตามมาตรฐานมาตรฐาน ASTM D3533-90 Standard Method of Testing Rubber from Natural Source - Nitrogen Content ซึ่งมีวิธีการทดสอบดังนี้

เครื่องมือ/อุปกรณ์

1. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
2. ขวดแก้วสำหรับย่อยสลายแบบ micro – kjedahl ขนาด 30 มิลลิลิตร
3. ชุดกลั่นแบบ micro – kjedahl พร้อมอุปกรณ์
4. เครื่องย่อยสลายแบบ 12 หลุม
5. เครื่องกลั่นน้ำ พร้อมเครื่องกรองน้ำ
6. บิวเรต ขนาด 50 มิลลิลิตร พร้อมอุปกรณ์
7. คีม
8. สายยางชนิดทนความร้อน กรด-ด่าง
9. ขวดแก้วบอกริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร, 250 มิลลิลิตร, 500 มิลลิลิตรและ 1000 มิลลิลิตร
10. กระจกบอกริมาตร ขนาด 10 มิลลิลิตรและ 100 มิลลิลิตร
11. ปิเปต ขนาด 1 มิลลิลิตร, 5 มิลลิลิตร, 10 มิลลิลิตร และ 25 มิลลิลิตร
12. ขวดแก้วรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร
13. ลูกยางสำหรับดูด
14. บีกเกอร์ ขนาด 600 มิลลิลิตร

15. แ่งแก้วตัน
16. ซ้อนตักสารเคมี
17. ขวดแก้วกันแบน ขนาด 2 ลิตรพร้อมจุกยาง
18. ขวดแก้วพร้อมอุปกรณ์สำหรับหยดสารเคมี
19. ขวดแก้วใส่สารเคมี ขนาด 500 มิลลิลิตร
20. เต้าไฟฟ้า
21. กรวยแก้ว
22. โถแก้วดูดความชื้น

หลักการ

1. การเตรียมสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบปริมาณไนโตรเจน

1.1 สารเร่งปฏิกิริยา เตรียมได้ดังนี้ คือ

ชนิดของสารเคมี	ปริมาณที่ใช้(กรัม)
โพแตสเซียมซัลเฟตชนิดแห้ง	150
คอปเปอร์ซัลเฟต	20
ผงซิลิเนียม	10

นำสารเคมีที่ชั่งแล้วมาผสมให้เข้ากันอย่างสม่ำเสมอ

1.2 อินดิเคเตอร์

1.3 สารละลายกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล

1.4 สารละลายกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 0.005 นอร์มัล

1.5 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 67% โดยปริมาตร

1.6 สารละลายกรดบอริก

2. ชั่งยาให้ได้น้ำหนัก 0.1 กรัม ละเอียด 0.0001 กรัม ใส่ในขวดแก้วสำหรับย่อยสลายแบบ micro – kjedahl เติมส่วนผสมของสารเร่งปฏิกิริยา 0.65 กรัม และกรดกำมะถันเข้มข้น ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร
3. ให้ความร้อนจนได้สารละลายใสสีเขียวหรือไม่มีสี และจะต้องไม่มีสีเหลืองปน
4. ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร
5. ถ่ายสารละลายลงในชุดกลั่นซึ่งเตรียมผ่านไอน้ำให้ร้อนไว้แล้ว และล้างขวดแก้วที่ใส่สารละลายนี้ด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 2 มิลลิลิตร-3 มิลลิลิตร

6. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 67% ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ลงในชุดกลั่นแล้วล้างด้วยน้ำกลั่นไม่เกิน 5 มิลลิลิตร
7. นำขวดแก้วรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร ที่มีสารละลายกรดบอริก 2% ปริมาตร 10 มิลลิลิตรและสารละลายเมทิลเรด 2-3 หยด รองรับสิ่งกลั่น โดยให้ปลายหลอดแก้วของเครื่องควบแน่นจุ่มอยู่ที่ผิวของสารละลาย
8. ผ่านไอน้ำเพื่อทำการกลั่น 5 นาที
9. เลื่อนขวดแก้วรูปชมพู่เพื่อรองรับสิ่งกลั่นให้ต่ำลง จนปลายหลอดแก้วของเครื่องควบแน่นอยู่เหนือระดับผิวหน้าของสารละลาย กลั่นต่อไปอีก 1 นาที แล้วใช้น้ำกลั่นฉีดล้างปลายหลอดแก้ว
10. ไตเตรททันทีกับสารละลายกรดกำมะถัน 0.005 โมลาร์ ที่จุดยุติสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงอ่อน
11. ทำตามวิธีการทดสอบทุกอย่างโดยไม่ใส่ตัวอย่าง (Blank)

การทดสอบหาปริมาณไนโตรเจนเพื่อป้องกันการนำหาน้ำยางมาผลิตเป็นยางแท่ง เพราะในหาน้ำยางมีปริมาณไนโตรเจนสูงซึ่งจะมีผลทำให้เกิดความยุ่งยากเกี่ยวกับการเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ คือ จะทำให้เกิดการวัลคาไนซ์ที่เร็วส่งผลให้เป็นการเพิ่มความแข็งให้แก่ยางซึ่งจะส่งผลต่อสมบัติทางไดนามิกส์ เช่น สมบัติการกระดอน เมื่อยางแข็งการกระดอนก็จะต่ำลง

การคำนวณ

ปริมาณไนโตรเจน = $\left\{ \left[\text{ปริมาณสารละลายในการไตเตรทตัวอย่าง} - \text{ปริมาณสารละลายในการไตเตรท Blank} \right] \times \text{ความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถัน} \times 0.028 \right\} / \text{น้ำหนักชิ้นทดสอบ} \times 100$

การทดสอบปริมาณสิ่งระเหย (Determination of Volatile Matter Content)

สิ่งระเหย ในบางส่วนใหญ่มากเป็นความชื้น ถ้ามีปริมาณสูงจะทำให้ยางเกิดราได้ง่าย มีกลิ่นเหม็นและเกิดปัญหาระหว่างกระบวนการแปรรูป

การทดสอบเป็นไปตามมาตรฐานมาตรฐาน ASTM D1278-91 a Standard Test Method for Rubber from Natural Source Chemical Analysis ซึ่งมีวิธีการทดสอบดังนี้

เครื่องมือ/อุปกรณ์

1. เครื่องบด 2 ลูกกลิ้ง
2. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
3. ตู้อบอุณหภูมิ 0°C - 200°C
4. ถังพลาสติกพอลิเอทิลีน
5. ถาดอะลูมิเนียม
6. ที่แขวนถังพลาสติกพร้อมที่หนีบ

หลักการ

1. ชั่งยางที่เตรียมไว้ให้ได้น้ำหนัก 10 กรัม นำไปผ่านเครื่องบด
2. วางยางในถาดอะลูมิเนียมแล้วนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ $100 \pm 3^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 4 ชั่วโมง
3. นำยางออกจากตู้อบทีละถาด และนำยางแต่ละชิ้นใส่ในถังพลาสติก พับปากถาด 3 ครั้ง พับครั้งอีกครั้ง แล้วนำไปหนีบไว้กับที่หนีบ
4. ปล่อยางในถังพลาสติกให้เย็น ใช้เวลาประมาณ 30 นาที นำไปชั่งละเอียด 0.001 กรัม แล้วจึงหาเปอร์เซ็นต์สิ่งระเหยในยางได้

การคำนวณ

ปริมาณสิ่งระเหย = $\frac{(\text{น้ำหนักชิ้นทดสอบก่อนอบ} - \text{น้ำหนักชิ้นทดสอบหลังอบ})}{$

$\text{น้ำหนักชิ้นทดสอบก่อนอบ}} \times 100$

การทดสอบดัชนีความอ่อนตัว (Determination of Plasticity Retention Index)

การทดสอบเป็นไปตามมาตรฐานมาตรฐาน ASTM D3194-84 Standard Method of Testing Rubber from Natural Source – Plasticity Retention Index (PRI) ซึ่งมีวิธีการทดสอบดังนี้ นำยางที่เตรียมไว้ 20 ± 5 กรัม ผ่านเครื่องบดซึ่งมีน้ำเย็นผ่านลูกกลิ้ง ให้ได้ชิ้นยางที่มีความหนา 3.2-3.6 มิลลิเมตร ตัดตัวอย่างให้ได้ชิ้นทดสอบ จำนวน 6 ชิ้น แบ่งชิ้นทดสอบเป็น 2 ชุด ชุดละ 3 ชิ้น วางชิ้นทดสอบชุดแรก ระหว่างกระดาษมวนบุหรี่ นำเข้าเครื่อง อัดชิ้นทดสอบ โดยเป็นโลหะกลมบน และล่างจะกดให้ชิ้นทดสอบมีความหนา 1 มิลลิเมตร และในเวลาเดียวกันจะทำให้ร้อนที่ $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 15 วินาที จากนั้นแรง 10 ± 0.1 กิโลกรัม จะอัดข้างเป็นเวลา 15 วินาที อ่านค่าความอ่อนตัวบนหน้าปัด จะได้ค่า P_0 นำชิ้นทดสอบชุดที่ 2 เข้าตู้อบซึ่งควบคุมอุณหภูมิแน่นอนที่ $140 \text{ }^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 30 นาที ± 15 วินาที นำชิ้นทดสอบมาทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที นำไปหาความอ่อนตัวจะได้ค่า P_{30}

$$\text{ดัชนีความอ่อนตัว} = (\text{ความอ่อนตัวของยางไม่อบ} / \text{ความอ่อนตัวของยางอบ}) * 100$$

การทดสอบค่าความหนืดมูนนี่ (Determination of Mooney Viscosity)

การทดสอบเป็นไปตามมาตรฐานมาตรฐาน ASTM D3157-84 Standard Method of Testing Rubber from Natural Source – Viscosity, Stress – Relaxation, and Pre- Vulcanization Characteristics (Mooney Viscometer) ซึ่งมีวิธีการทดสอบดังนี้

หลักการ

1. ตรวจสอบอุณหภูมิของช่องใส่ยางให้คงที่ ที่ 100°C อุณหภูมิโดยใส่ลงในช่องใส่ยางให้ร้อนเป็นเวลา 2 นาที นำโรเตอร์ออกจากช่องใส่ยาง
2. แบ่งยางที่เตรียมไว้ 25 กรัมเป็น 2 ส่วน นำยางมาปะกบด้านบนและด้านล่างของโรเตอร์แล้วใส่ในช่องใส่ยาง แล้วเดินเครื่อง เครื่องจะอุ่นยางเป็นเวลา 4 นาที
3. ให้บันทึกผลความหนืดจากค่าที่อ่านได้จากเครื่องพร้อมระบุเงื่อนไขการทดสอบดังนี้

xML (1+4) 100°C

เมื่อ x คือ ค่าความหนืดที่อ่านได้จากเครื่อง

M คือ Mooney

L คือ โรเตอร์ใหญ่

1 คือ เวลาที่ใช้ในการอุ่นยาง หน่วยเป็นนาที

4 คือ เวลาที่โรเตอร์หมุนวัดความหนืด หน่วยเป็นนาที

100°C คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ

ภาคผนวก ข

ข้อมูลดิบ

ตารางที่ ข.1 ผลของการใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเติมในกระบวนการผลิตยางแผ่นระดับปฏิบัติการ
สัดส่วน น้ำยาง: น้ำ: กรดซัลฟิวริก คือ 300:300: 90 มิลลิลิตร

ชนิดน้ำส้มควัน ไม้	น้ำส้มควัน ไม้ (มิลลิลิตร)	ค่า P_0		ค่า PRI		ค่า Mooney viscosity (MU)	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
ชุดควบคุม	0	39.6	40.3	66.92	61.71	59.41	60.42
น้ำส้มควันไม้ กะลามะพร้าว	5	41.0	42.9	66.59	63.53	59.81	63.08
	10	41.7	43.8	66.67	63.7	58.48	60.66
	20	42.0	42.8	68.77	63.06	57.88	58.66
	30	42.9	44.1	70.28	63.07	58.82	59.72
	40	42.3	42.5	67.61	66.82	60.09	59.46
	50	42.1	40.0	65.08	66.67	57.96	54.79

ตารางที่ ข.2 ผลของการใช้น้ำส้มควันไม้กะลามะพร้าวเป็นสารเติมในกระบวนการผลิตยางแผ่น

ชนิดน้ำส้มควันไม้	น้ำส้มควันไม้ (มิลลิลิตร)	ค่า P_0	ค่า PRI (%)	ค่า Mooney viscosity (MU)
ชุดควบคุม	0	40.0 ^a	64.32 ^a	59.92 ^{ab}
น้ำส้มควันไม้ กะลามะพร้าว	5	42.0 ^{ab}	65.06 ^a	61.44 ^b
	10	42.8 ^{ab}	65.18 ^a	59.57 ^{ab}
	20	42.4 ^{ab}	65.92 ^a	58.27 ^{ab}
	30	43.5 ^b	66.68 ^a	59.27 ^{ab}
	40	42.4 ^b	67.22 ^a	59.78 ^{ab}
	50	41.0 ^{ab}	65.88 ^a	56.38 ^a

ตารางที่ ข.3 ผลของการใช้น้ำส้มควันไม้เกรดการค้าเป็นสารเติมในกระบวนการผลิตยางแผ่นระดับปฏิบัติการ สัดส่วน น้ำยาง: น้ำ: กรดซัลฟิวริก คือ 300:300: 90 มิลลิลิตร

ชนิดน้ำส้มควันไม้	น้ำส้มควันไม้ (มิลลิลิตร)	ค่า P_0		ค่า PRI		ค่า Mooney viscosity (MU)	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
ชุดควบคุม	0	39.6	40.3	66.92	61.71	59.41	60.42
น้ำส้มควันไม้ เกรดการค้า นำเข้า	5	41.9	42.4	62.78	61.80	53.61	62.00
	10	41.5	44.8	69.90	59.82	54.43	61.07
	20	43.1	45.2	67.75	60.17	60.16	60.63
	30	42.3	45.0	60.75	60.22	57.85	63.06
	40	42.0	42.3	59.76	61.94	56.76	58.43
	50	42.2	44.3	59.00	55.08	56.06	59.18

ตารางที่ ข.4 ผลของการใช้น้ำส้มควันไม้เกรดการค้าเป็นสารเติมในกระบวนการผลิตยางแผ่น

ชนิดน้ำส้มควันไม้	น้ำส้มควันไม้ (มิลลิลิตร)	ค่า P_0	ค่า PRI (%)	ค่า Mooney viscosity (MU)
ชุดควบคุม	0	40.0 ^a	64.32 ^a	59.92 ^a
น้ำส้มควันไม้ เกรดการค้า นำเข้า	5	42.2 ^{ab}	62.29 ^a	57.80 ^a
	10	43.2 ^{ab}	64.86 ^a	57.75 ^a
	20	44.2 ^b	63.96 ^a	60.40 ^a
	30	43.6 ^b	60.48 ^a	60.46 ^a
	40	42.2 ^{ab}	60.85 ^a	57.60 ^a
	50	43.2 ^{ab}	57.04 ^a	57.62 ^a

ตารางที่ ข.5 คุณสมบัติทางกายภาพ P_0 , PRI, Mooney viscosity. ของยางแผ่นระดับชาวบ้าน
สัดส่วน น้ำยาง: น้ำ: กรดซัลฟิวริก คือ 1,500: 1,500: 450 มิลลิลิตร

ชนิดน้ำส้มควัน ไม้	น้ำส้มควัน ไม้ (มิลลิลิตร)	ค่า P_0		ค่า PRI (%)		ค่า Mooney viscosity (MU)	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
ชุดควบคุม	0	41.6	44.5	40.62	36.85	44.66	52.43
น้ำส้มควันไม้ กะลามะพร้าว	25	44.4	45.7	43.69	43.39	47.01	51.57
	50	44.6	45.8	48.88	44.54	47.00	52.54
	100	44.1	45.5	47.62	50.55	46.93	50.03
	150	46.3	47.5	41.68	48.21	54.02	52.95
	200	46.2	48.4	49.57	50.00	51.60	51.61
	250	43.7	50.1	54.00	75.85	48.87	55.74

ตารางที่ ข.6 ผลของการใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเติมในกระบวนการผลิตยางแผ่นระดับชาวบ้าน

ชนิดน้ำส้มควันไม้	น้ำส้มควันไม้ (มิลลิลิตร)	ค่า P_0	ค่า PRI (%)	ค่า Mooney viscosity (MU)
ชุดควบคุม	0	43.0 ^a	38.74 ^a	48.54 ^a
น้ำส้มควันไม้กะลามะพร้าว	25	45.0 ^a	43.54 ^a	49.29 ^a
	50	45.2 ^a	46.71 ^a	49.77 ^a
	100	44.8 ^a	47.95 ^a	48.48 ^a
	150	46.9 ^a	44.30 ^a	53.48 ^a
	200	47.3 ^a	49.48 ^{ab}	51.60 ^a
	250	46.9 ^a	64.92 ^b	52.30 ^a

ตารางที่ ข.7 คุณสมบัติทางกายภาพ P_0 , PRI, Mooney viscosity. ของยางแผ่นระดับชาวบ้านสกัดส่วน
น้ำยาง: น้ำ: กรดฟอร์มิก คือ 1,500: 1,500:450 มิลลิลิตร

ชนิดน้ำส้มควัน ไม้	น้ำส้มควัน ไม้	ค่า P_0		ค่า PRI		ค่า Mooney viscosity (MU)	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
ชุดควบคุม	0	54.0	56.1	83.15	80.39	56.90	61.05
น้ำส้มควันไม้ กะลามะพร้าว	25	52.5	53.1	90.28	84.44	55.43	58.39
	50	51.7	52.6	90.33	87.07	55.87	57.69
	100	49.9	55.1	94.19	74.59	55.55	61.50
	150	51.8	50.5	84.75	82.18	56.31	59.50
	200	51.5	49.7	86.41	91.14	56.39	58.34
	250	52.5	51.6	83.62	84.69	55.59	58.92

ตารางที่ ข.8 ผลของการใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเติมในกระบวนการผลิตยางแผ่นระดับชาวบ้าน

ชนิดน้ำส้มควันไม้	น้ำส้มควันไม้ (มิลลิลิตร)	ค่า P_0	ค่า PRI (%)	ค่า Mooney viscosity (MU)
ชุดควบคุม	0	55.0 ^b	81.77 ^a	58.98 ^a
น้ำส้มควันไม้กะลามะพร้าว	25	52.8 ^{ab}	87.36 ^a	56.91 ^a
	50	52.2 ^{ab}	88.70 ^a	56.78 ^a
	100	52.5 ^{ab}	84.39 ^a	58.52 ^a
	150	51.2 ^{ab}	83.46 ^a	57.90 ^a
	200	50.6 ^a	88.78 ^a	57.36 ^a
	250	52.0 ^{ab}	84.16 ^a	57.26 ^a

ตารางที่ ข.9 ข้อมูลคิขยงแห่ง ความหน้ดมุนนี้

สัคส่วน/เวลาในการจุ่มแซ่ (ช่วโมง)	0			24			48			72			120		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Control	65.3	69.6	72.2	77.1	81.3	82.3	72.1	70.3	72.8	72.4	72.1	81.3	73	75.4	78.6
1%	68.3	71.0	73.2	77.8	82.4	82.5	73.2	71.5	70.2	74.0	72.2	80.7	74.6	81.1	73.0
3%	63.9	67.8	74.1	80.8	85.8	84.4	74.0	76	79.8	76.6	75.1	85.2	76.6	83.3	84.6
5%	68.0	72.4	72.1	81.3	81.9	85.4	73.5	76.7	83.0	78.3	75.2	84.3	78.7	84.7	83.7
7%	68.7	73.2	72.1	81.7	83	85.4	75.9	74.8	81.5	77.9	73.4	84.6	78.8	84.7	83.9
10%	68.9	75.1	76.3	82.8	85.1	86.4	77.1	74.5	81	77.5	77.4	86.3	78.4	82.2	84.5

ตารางที่ ข.10 ข้อมูลคิพความอ่อนตัวเริ่มต้น

สัดส่วน/ เวลาใน การจุ่ม แช่ (ชั่วโมง)	0			24					48					72					120				
	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Control	26.4	30.5	32.1	25.5	24.9	26	38.8	41	25.5	24.9	26	29.8	33	22	25.6	26	30.5	42.5	25.5	24.9	26	30.8	35.3
1%	29.3	32.1	34	30	26.3	28.3	38.5	41.2	33.4	25.4	30.3	30.2	33	25.7	26.4	29.5	31.5	43.5	26.4	35	38	32.7	30.7
3%	30.5	33.1	33.5	28.8	27.8	29.2	40.5	43.2	30.5	24.9	32.8	32.6	38	25.9	27.3	30.6	33.1	45.8	27.1	38	40.7	35.4	40
5%	33	31.2	32.4	30	27.3	32.9	40.6	43.3	28	25.4	31.1	32.3	38.5	26.9	24.7	31.7	33.3	46	27.1	38.2	38.8	34.1	40.7
7%	30.8	33.4	35.4			29.8	42.2	43.8			32.3	31.7	39.3			31.7	32.3	46.5			42	34.5	42
10%	32.4	34	36			31.1	43.4	43.7			32.7	32.1	40.5			33	33.8	48.2			40	35	42.8

ตารางที่ ข.11 ข้อมูลดัชนีความอ่อนตัว

สัดส่วน/ เวลาใน การจุ่ม แช่ (ชั่วโมง)	0			24					48					72					120				
	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Control	43.2	42.1	44.1	57.9	61.1	49.2	40.6	42.6	57.9	61.1	49.2	45.5	49	54.3	62.7	49.2	40.2	49.4	62.7	65.2	49.2	47	47.2
1%	44.8	40.8	45.9	68.1	66.1	52.3	42.6	42.8	73.1	56.2	51.2	46.5	45.1	68.4	66.2	49.8	42.3	47.1	73.2	58.4	49.1	49.7	40.1
3%	42.8	42.8	46.2	65.8	64.5	57.1	54.6	54.8	71.9	66	58.2	56.2	56.6	40.1	70.9	54.1	51.9	52.4	70.7	66.8	57.7	57.3	58.3
5%	45.7	45.9	45.8	71.6	66.6	59.9	55.3	56.5	72.5	66.2	60.7	53.3	55.1	71.2	67.6	56.3	54.6	53.3	70.8	69.8	59.3	61.3	55
7%	44.1	44.9	47.4			56.2	50.2	57.4			63.3	55	60.2			60.1	51.5	53.8			61.9	58	64.7
10%	46.2	45.1	46.6			63.6	58.6	68.3			61	60.5	60.4			61.4	58.8	57.1			62.5	62.1	61.9

ตารางที่ ข.12 ข้อมูลดิบปริมาณสิ่งสกปรก

สัดส่วน/ เวลาใน การจุ่ม แช่ (ชั่วโมง)	0			24					48					72					120				
	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Control	0.130	0.120	0.140	0.080	0.081	0.066	0.077	0.073	0.080	0.081	0.066	0.074	0.069	0.120	0.093	0.066	0.070	0.07	0.074	0.081	0.066	0.065	0.068
1%	0.110	0.120	0.110	0.090	0.088	0.060	0.071	0.072	0.080	0.063	0.062	0.079	0.077	0.080	0.058	0.078	0.074	0.082	0.064	0.071	0.070	0.063	0.065
3%	0.100	0.110	0.130	0.080	0.075	0.059	0.064	0.074	0.080	0.075	0.063	0.064	0.067	0.090	0.087	0.075	0.060	0.069	0.079	0.084	0.069	0.058	0.067
5%	0.092	0.082	0.095	0.080	0.072	0.058	0.056	0.068	0.080	0.069	0.063	0.067	0.064	0.110	0.093	0.061	0.053	0.058	0.079	0.074	0.064	0.043	0.051
7%	0.085	0.086	0.081			0.070	0.064	0.065			0.059	0.062	0.061			0.060	0.060	0.055			0.079	0.057	0.046
10%	0.075	0.085	0.084			0.071	0.043	0.068			0.072	0.072	0.066			0.059	0.054	0.056			0.061	0.050	0.039

ตารางที่ ข.13 ข้อมูลดิบปริมาณสิ่งระเหย

สัดส่วน/ เวลาใน การจุ่ม แช่ (ชั่วโมง)	0			24					48					72					120				
	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Control	0.25	0.28	0.26	0.18	0.26	0.21	0.28	0.41	0.18	0.26	0.21	0.28	0.25	0.28	0.19	0.21	0.28	0.39	0.17	0.21	0.21	0.28	0.26
1%	0.27	0.29	0.28	0.18	0.27	0.19	0.28	0.38	0.19	0.27	0.15	0.28	0.21	0.25	0.2	0.23	0.33	0.38	0.17	0.22	0.34	0.4	0.26
3%	0.24	0.29	0.26	0.18	0.26	0.2	0.28	0.36	0.17	0.26	0.17	0.27	0.24	0.23	0.18	0.22	0.32	0.35	0.17	0.2	0.31	0.4	0.23
5%	0.23	0.3	0.27	0.18	0.25	0.21	0.29	0.38	0.16	0.26	0.17	0.26	0.23	0.25	0.19	0.22	0.31	0.34	0.15	0.2	0.3	0.4	0.22
7%	0.25	0.33	0.26			0.23	0.3	0.35			0.15	0.27	0.23			0.22	0.3	0.34			0.33	0.39	0.22
10%	0.27	0.29	0.26			0.19	0.27	0.35			0.17	0.27	0.21			0.22	0.33	0.33			0.31	0.38	0.22

ตารางที่ ข.14 ข้อมูลดิบปริมาณเก่า

สัดส่วน/ เวลาใน การจุ่ม แช่ (ชั่วโมง)	0			24					48					72					120				
	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Control	0.56	0.53	0.52	0.38	0.41	0.49	0.48	0.45	0.38	0.41	0.46	0.5	0.46	0.41	0.35	0.47	0.49	0.47	0.36	0.44	0.44	0.5	0.44
1%	0.48	0.50	0.50	0.35	0.33	0.40	0.46	0.44	0.34	0.33	0.39	0.48	0.48	0.32	0.38	0.46	0.48	0.53	0.31	0.36	0.42	0.46	0.45
3%	0.47	0.49	0.49	0.35	0.32	0.38	0.45	0.43	0.33	0.34	0.37	0.43	0.43	0.30	0.32	0.44	0.50	0.40	0.33	0.34	0.38	0.43	0.39
5%	0.47	0.46	0.47	0.35	0.33	0.40	0.39	0.44	0.33	0.32	0.37	0.42	0.41	0.30	0.33	0.39	0.45	0.40	0.33	0.34	0.39	0.41	0.39
7%	0.45	0.46	0.48			0.39	0.42	0.44			0.35	0.42	0.43			0.37	0.46	0.41			0.39	0.40	0.41
10%	0.44	0.43	0.45			0.37	0.39	0.43			0.35	0.44	0.45			0.32	0.4	0.39			0.37	0.40	0.40

ตารางที่ ข.15 ข้อมูลดิบปริมาณไนโตรเจน

สัดส่วน/ เวลาใน การจุ่ม แช่ (ชั่วโมง)	0			24					48					72					120				
	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Control	0.34	0.29	0.29	0.33	0.34	0.3	0.26	0.26	0.33	0.34	0.27	0.26	0.28	0.33	0.32	0.26	0.27	0.24	0.33	0.35	0.27	0.26	0.26
1%	0.33	0.28	0.27	0.31	0.33	0.31	0.26	0.28	0.23	0.34	0.25	0.28	0.27	0.39	0.32	0.25	0.26	0.24	0.35	0.33	0.26	0.28	0.28
3%	0.29	0.29	0.28	0.36	0.34	0.34	0.27	0.26	0.26	0.31	0.26	0.23	0.27	0.38	0.34	0.28	0.26	0.24	0.36	0.3	0.24	0.28	0.27
5%	0.3	0.27	0.26	0.34	0.35	0.32	0.29	0.29	0.24	0.35	0.27	0.24	0.35	0.39	0.33	0.26	0.24	0.24	0.35	0.29	0.26	0.28	0.27
7%	0.28	0.25	0.29			0.31	0.27	0.26			0.28	0.26	0.3			0.22	0.26	0.25			0.24	0.27	0.26
10%	0.27	0.26	0.27			0.31	0.25	0.26			0.23	0.27	0.3			0.25	0.23	0.24			0.25	0.28	0.26

ผลของการใช้น้ำส้มควันไม้จุ่มแช่ในกระบวนการผลิตยางแท่ง

ตารางที่ ข.16 ปริมาณสิ่งสกปรกของยางเมื่อแช่ในน้ำส้มควันไม้ที่เวลาต่าง ๆ

ความเข้มข้น/ ระยะเวลาจุ่มแช่ (ชั่วโมง)	ปริมาณสิ่งสกปรก (%)				
	0	24	48	72	120
0%	0.130 ^a	0.075 ^a	0.074 ^b	0.084 ^b	0.071 ^b
1%	0.110 ^a	0.076 ^a	0.072 ^b	0.074 ^{ab}	0.067 ^{ab}
3%	0.110 ^a	0.070 ^a	0.070 ^{ab}	0.076 ^{ab}	0.071 ^b
5%	0.090 ^a	0.067 ^a	0.069 ^{ab}	0.075 ^{ab}	0.062 ^{ab}
7%	0.084 ^a	0.066 ^a	0.060 ^a	0.058 ^{ab}	0.061 ^{ab}
10%	0.081 ^a	0.061 ^a	0.070 ^{ab}	0.056 ^a	0.050 ^a

หมายเหตุ: คอลัมน์เดียวกันตัวอักษรเดียวกันแสดงถึงการไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ข.17 ปริมาณสิ่งสกปรกเฉลี่ยของยางเมื่อแช่ในน้ำส้มควันไม้ที่ความเข้มข้นและเวลาต่าง ๆ

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณสิ่งสกปรก (%)
0	0.102 ^b
24	0.07 ^a
48	0.069 ^a
72	0.073 ^a
120	0.066 ^a
ความเข้มข้นน้ำส้มควันไม้ (โดยปริมาตร)	ปริมาณสิ่งสกปรก (%)
0%	0.083 ^d
1%	0.078 ^{cd}
3%	0.077 ^{bcd}
5%	0.071 ^{abc}
7%	0.066 ^{ab}
10%	0.064 ^a

หมายเหตุ: คอลัมน์เดียวกันตัวอักษรเดียวกันแสดงถึงการไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ข.18 ปริมาณสิ่งระเหยของยางเมื่อแช่ในน้ำส้มควันไม้ที่เวลาต่าง ๆ

ความเข้มข้น/ ระยะเวลาจุ่มแช่ (ชั่วโมง)	ปริมาณสิ่งระเหย (%)				
	0	24	48	72	120
0%	0.26 ^a	0.27 ^a	0.24 ^a	0.27 ^a	0.23 ^a
1%	0.28 ^a	0.26 ^a	0.22 ^a	0.28 ^a	0.28 ^a
3%	0.26 ^a	0.26 ^a	0.22 ^a	0.26 ^a	0.26 ^a
5%	0.26 ^a	0.26 ^a	0.22 ^a	0.26 ^a	0.25 ^a
7%	0.28 ^a	0.29 ^a	0.18 ^a	0.29 ^a	0.31 ^a
10%	0.27 ^a	0.27 ^a	0.22 ^a	0.29 ^a	0.3 ^a

หมายเหตุ: คอลัมน์เดียวกันตัวอักษรเดียวกันแสดงถึงการไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ข.19 ปริมาณสิ่งระเหยเฉลี่ยของยางเมื่อแช่ในน้ำส้มควันไม้ที่ความเข้มข้นและเวลาต่าง ๆ

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณสิ่งระเหย (%)
0	0.27 ^b
24	0.26 ^b
48	0.22 ^a
72	0.27 ^b
120	0.27 ^b
ความเข้มข้นน้ำส้มควันไม้ (โดยปริมาตร)	ปริมาณสิ่งระเหย (%)
0%	0.25 ^a
1%	0.26 ^a
3%	0.25 ^a
5%	0.25 ^a
7%	0.28 ^a
10%	0.27 ^a

หมายเหตุ: คอลัมน์เดียวกันตัวอักษรเดียวกันแสดงถึงการไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ข.20 ปริมาณเถ้าของยางเมื่อแช่ในน้ำส้มควันไม้ที่เวลาต่าง ๆ

ความเข้มข้น/ ระยะเวลาจุ่มแช่ (ชั่วโมง)	ปริมาณเถ้า (%)				
	0	24	48	72	120
0%	0.54 ^c	0.48 ^b	0.48 ^a	0.44 ^a	0.47 ^b
1%	0.49 ^b	0.43 ^{ab}	0.44 ^a	0.42 ^a	0.44 ^{ab}
3%	0.48 ^{ab}	0.44 ^{ab}	0.4 ^a	0.42 ^a	0.4 ^{ab}
5%	0.46 ^{ab}	0.42 ^{ab}	0.4 ^a	0.42 ^a	0.36 ^a
7%	0.46 ^{ab}	0.42 ^{ab}	0.38 ^a	0.39 ^a	0.4 ^{ab}
10%	0.44 ^a	0.38 ^a	0.4 ^a	0.36 ^a	0.38 ^a

หมายเหตุ: คอลัมน์เดียวกันตัวอักษรเดียวกันแสดงถึงการไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ข.21 ปริมาณเถ้าเฉลี่ยของยางเมื่อแช่ในน้ำส้มควันไม้ที่ความเข้มข้นและเวลาต่าง ๆ

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณเถ้า (%)
0	0.43 ^{bc}
24	0.44 ^c
48	0.40 ^{ab}
72	0.41 ^{abc}
120	0.40 ^a
ความเข้มข้นน้ำส้มควันไม้ (โดยปริมาตร)	ปริมาณเถ้า (%)
0%	0.45 ^b
1%	0.42 ^{ab}
3%	0.40 ^a
5%	0.39 ^a
7%	0.42 ^{ab}
10%	0.40 ^a

หมายเหตุ: คอลัมน์เดียวกันตัวอักษรเดียวกันแสดงถึงการไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ข.22 ปริมาณไนโตรเจนของยางเมื่อแช่น้ำส้มควันไม้ที่เวลาต่าง ๆ

ความเข้มข้น/ ระยะเวลาจุ่มแช่ (ชั่วโมง)	ปริมาณไนโตรเจน				
	0	24	48	72	120
0%	0.31 ^a	0.30 ^a	0.30 ^a	0.28 ^a	0.29 ^a
1%	0.29 ^a	0.30 ^a	0.27 ^a	0.29 ^a	0.30 ^a
3%	0.29 ^a	0.31 ^a	0.27 ^a	0.30 ^a	0.29 ^a
5%	0.28 ^a	0.32 ^a	0.29 ^a	0.29 ^a	0.29 ^a
7%	0.27 ^a	0.28 ^a	0.28 ^a	0.24 ^a	0.26 ^a
10%	0.27 ^a	0.27 ^a	0.27 ^a	0.24 ^a	0.26 ^a

หมายเหตุ: คอลัมน์เดียวกันตัวอักษรเดียวกันแสดงถึงการไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ข.23 ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยของยางเมื่อแช่น้ำส้มควันไม้ที่ความเข้มข้นและเวลาต่าง ๆ

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณไนโตรเจน (%)
0	0.28 ^a
24	0.3 ^a
48	0.28 ^a
72	0.28 ^a
120	0.29 ^a
ความเข้มข้นน้ำส้มควันไม้ (โดยปริมาตร)	ปริมาณไนโตรเจน (%)
0%	0.29 ^b
1%	0.29 ^b
3%	0.29 ^b
5%	0.29 ^b
7%	0.27 ^a
10%	0.26 ^a

หมายเหตุ: คอลัมน์เดียวกันตัวอักษรเดียวกันแสดงถึงการไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ข.24 ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นของยางเมื่อแช่ในน้ำส้มควันไม้ที่เวลาต่าง ๆ

ความเข้มข้น/ ระยะเวลาจุ่มแช่ (ชั่วโมง)	ความอ่อนตัวเริ่มต้น				
	0	24	48	72	120
0%	29.6 ^a	31.2 ^a	27.8 ^a	29.3 ^a	28.5 ^a
1%	31.8 ^{ab}	32.9 ^a	30.5 ^{ab}	31.3 ^a	32.6 ^{ab}
3%	32.4 ^{ab}	33.9 ^a	31.1 ^{ab}	32.5 ^a	36.2 ^b
5%	32.2 ^{ab}	34.8 ^a	31.8 ^{ab}	32.5 ^a	35.8 ^{ab}
7%	33.2 ^{ab}	38.6 ^a	34.4 ^{ab}	36.8 ^a	39.5 ^b
10%	34.1 ^b	39.4 ^a	35.1 ^b	38.3 ^a	39.3 ^b

หมายเหตุ: คอลัมน์เดียวกันตัวอักษรเดียวกันแสดงถึงการ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ข.25 ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นเฉลี่ยของยางที่ความเข้มข้นและเวลาต่าง ๆ

เวลา (ชั่วโมง)	ความอ่อนตัวเริ่มต้น
0	32.23 ^a
24	34.54 ^a
48	31.32 ^a
72	32.85 ^a
120	34.68 ^a
ความเข้มข้นน้ำส้มควันไม้ (โดยปริมาตร)	ความอ่อนตัวเริ่มต้น
0%	29.28 ^a
1%	31.80 ^{ab}
3%	33.45 ^{bc}
5%	33.37 ^{bc}
7%	36.51 ^{cd}
10%	37.25 ^d

หมายเหตุ: คอลัมน์เดียวกันตัวอักษรเดียวกันแสดงถึงการ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ข.26 ค่าดัชนีความอ่อนตัวของยางเมื่อแช่น้ำส้มควันไม้ที่เวลาต่าง ๆ

ความเข้มข้น/ ระยะเวลาจุ่มแช่ (ชั่วโมง)	ดัชนีความอ่อนตัว				
	0	24	48	72	120
0%	49.2 ^a	52.7 ^a	54.3 ^a	53.9 ^a	56.1 ^a
1%	51.2 ^a	54.4 ^a	54.4 ^a	54.8 ^a	54.1 ^a
3%	52.3 ^a	59.4 ^a	61.8 ^a	53.9 ^a	62.2 ^a
5%	54.3 ^a	62.0 ^a	61.6 ^a	60.6 ^a	63.2 ^a
7%	47.3 ^a	54.6 ^a	59.5 ^a	55.1 ^a	61.5 ^a
10%	52.6 ^a	63.5 ^a	60.6 ^a	59.1 ^a	62.2 ^a

หมายเหตุ: คอลัมน์เดียวกันตัวอักษรเดียวกันแสดงถึงการ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ข.27 ค่าดัชนีความอ่อนตัวของยางที่ความเข้มข้นและเวลาต่าง ๆ

เวลา (ชั่วโมง)	ดัชนีความอ่อนตัว (%)
0	44.69 ^a
24	57.09 ^b
48	58.15 ^b
72	55.57 ^b
120	59.23 ^b
ความเข้มข้นน้ำส้มควันไม้ (โดยปริมาตร)	ดัชนีความอ่อนตัว (%)
0%	50.90 ^a
1%	53.03 ^{ab}
3%	57.29 ^{bc}
5%	59.75 ^c
7%	55.25 ^{abc}
10%	58.27 ^{bc}

หมายเหตุ: คอลัมน์เดียวกันตัวอักษรเดียวกันแสดงถึงการ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ข.28 ค่าความหนืดของยางเมื่อแช่ในน้ำส้มควันไม้ที่เวลาต่าง ๆ

ความเข้มข้น/ ระยะเวลาจุ่มแช่ (ชั่วโมง)	ความหนืดมูนี้(MU)				
	0	24	48	72	120
0%	71.3 ^a	80.9 ^{ab}	71.6 ^a	76.7 ^a	77 ^a
1%	71 ^a	79.8 ^a	73.0 ^{ab}	74.6 ^a	76.4 ^a
3%	74.7 ^a	84.4 ^c	77.2 ^b	77.8 ^a	80.9 ^a
5%	75.6 ^a	83.2 ^{bc}	77.3 ^b	78.1 ^a	81.8 ^a
7%	77.8 ^a	83.3 ^{bc}	77.3 ^b	77.4 ^a	81.4 ^a
10%	75.1 ^a	84.9 ^c	78.4 ^b	79.4 ^a	81.1 ^a

หมายเหตุ: คอลัมน์เดียวกันตัวอักษรเดียวกันแสดงถึงการ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ข.29 ค่าความหนืดเฉลี่ยของยางที่ความเข้มข้นและเวลาต่าง ๆ

เวลา (ชั่วโมง)	ความหนืด (MU)
0	70.68 ^a
24	82.63 ^d
48	75.44 ^b
72	78.03 ^c
120	79.99 ^c
ความเข้มข้นน้ำส้มควันไม้ (v/v)	ความหนืด (MU)
0%	74.39 ^a
1%	75.05 ^a
3%	77.87 ^a
5%	78.61 ^a
7%	78.64 ^a
10%	79.57 ^b

หมายเหตุ: คอลัมน์เดียวกันตัวอักษรเดียวกันแสดงถึงการ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ภาคผนวก ค

วิธีคิดราคาขาย

น้ำยางสด

$$\text{ราคาน้ำยางสด} = \text{น้ำหนักน้ำยางสด} * \text{เปอร์เซ็นต์ยางแห้ง} * \text{ราคาน้ำยาง}$$

ต้นทุนการผลิตยางแผ่น

$$\text{ราคาขายแผ่น} = \text{ราคาน้ำยางสด} + \text{ราคาน้ำ} + \text{ราคาสารละลายกรดเจือจาง} + \text{ราคา}$$

$$\text{น้ำส้มควันไม้}$$

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างผลวิเคราะห์น้ำส้มควันไม้กะลามาะพร้าวด้วยเครื่อง GC



ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
 ชั้น 1 อาคารบริหารวิชาการรวม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110
 Scientific Equipment Center, Prince of Songkla University
 Central Academic Administrator Bld. Hat-Yai Campus, Songkhla 90110 Tel.0 7428 6904-7 Fax.0 7421 2813

F-RES-0031/T ฉบับที่ 5 บังคับใช้ 29/05/52

เลขที่ 1959/52 หน้า 1/1

รายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า : นางสาวน้ำทิพย์ รัตนวรรณ
 ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เลขที่ใบขอใช้บริการฯ : 2032/52

วันที่รับตัวอย่าง : 29 กรกฎาคม 2552

วันที่ขอใช้บริการฯ : 29 กรกฎาคม 2552

ผู้ทดสอบ : นางสาววราภรณ์ รัศมีพะกาย

วันที่ทำการทดสอบ : 5-6 สิงหาคม 2552

วิธีการทดสอบ : อ้างอิง WI-RES-GC-001

เครื่องมือทดสอบ : HP 6850 Gas Chromatograph with Flame Ionization Detector

เทคนิคการทดสอบ : Gas Chromatography

สถานะการทดสอบ : **สถานะเครื่อง Gas Chromatograph**
 Inlet temperature: 250 °C
 Oven temperature: initial 50 °C
 Ramp to : 100 °C at 5 °C /min
 Ramp to : 220 °C at 6 °C /min
 Detector temperature: 300 °C
 Column: HP-Innowax, length 30 m., 250 µm I.D, 0.25 µm film thickness

รายละเอียดตัวอย่าง : น้ำส้มควันไม้ จำนวน : 1 ตัวอย่าง

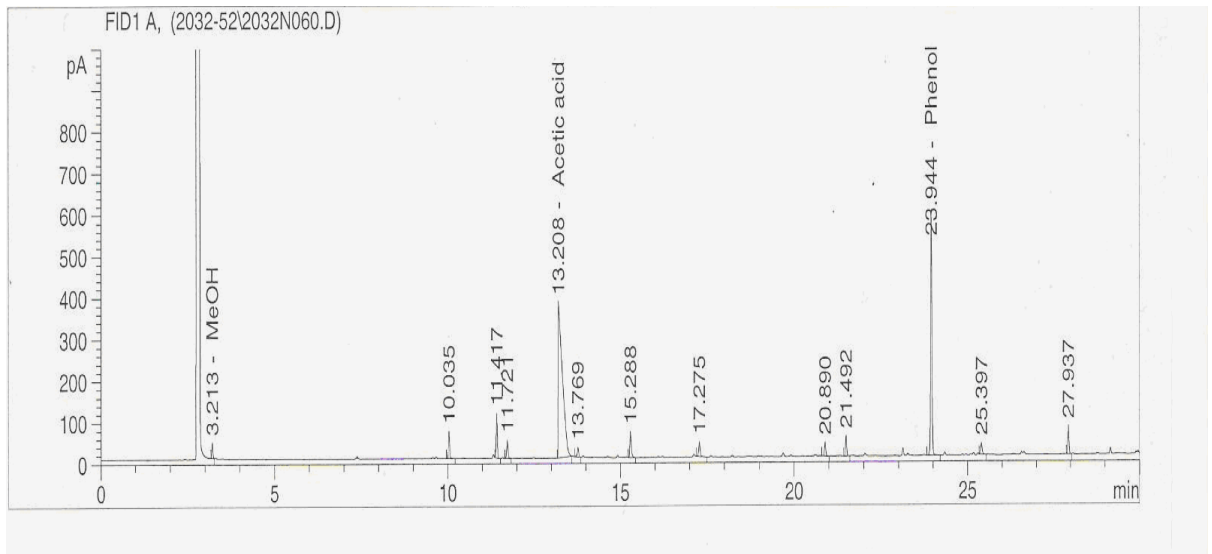
ผลการทดสอบ :

ที่	สารประกอบ	น้ำส้มควันไม้
		ความเข้มข้น (%RSD), g/L
1	Methanol	3.60 (2.33)
2	Acetic acid	156.07 (7.21)
3	Phenol	14.70 (2.30)

อ้างอิงข้อมูลฉบับที่ไฟล์เคอร์ 2032-52

(นางสาวพัชรา สุกธรัตน์)

ผู้ตรวจสอบ



ภาพประกอบที่ ง.1 ผลการวิเคราะห์น้ำส้มควันไม้กะลามะพร้าวด้วยเครื่อง GC

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล	นางสาวน้ำทิพย์ รัตนวรรณ	
รหัสประจำตัวนักศึกษา	5010120037	
วุฒิการศึกษา		
วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมี)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2548

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

น้ำทิพย์ รัตนวรรณ และจุไรวัลย์ รัตนะพิสิฐ. 2551. ความเป็นไปได้การใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเติม เพื่อปรับปรุงคุณภาพในการผลิตยางแผ่น: การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์ ครั้งที่ 18. โรงแรมจอมเทียน ปาล์มบีช ชลบุรี, 20-21 ตุลาคม 2551.

น้ำทิพย์ รัตนวรรณ กุลชนานู ประเสริฐสิทธิ และจุไรวัลย์ รัตนะพิสิฐ. 2552. การใช้น้ำส้มควันไม้ เป็นสารเติมเพื่อปรับปรุงคุณภาพและป้องกันเชื้อราในกระบวนการผลิตยางแท่ง: การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์ ครั้งที่ 19. โรงแรมเฟลิกซ์ ริเวอร์ แคว รีสอร์ท กาญจนบุรี, 26-27 ตุลาคม 2552.