



การศึกษาสมบัติของยางสกินที่ได้จากกระบวนการครีมด้วย Cellulose Ethers
A Study of Skim Natural Rubber Properties from Creaming Process
Using Cellulose Ethers

โชติรส ดอกขันธ์
Chotiros Dokkhan

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพอลิเมอร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Polymer Science and Technology
Prince of Songkla University

2552

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การศึกษาสมบัติของยางสีกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนด้วย Cellulose Ethers
ผู้เขียน นางสาวโชติรส ดอกขัน
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพอลิเมอร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

คณะกรรมการสอบ

.....
(ดร.วิรัช ทวีปรีดา)

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎา สุชีวะ)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....กรรมการ
(ดร.วิรัช ทวีปรีดา)

.....
(ดร.สุรพิชญ ลอยกุลนันท์)

.....กรรมการ
(ดร.สุรพิชญ ลอยกุลนันท์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรสา ภัทรไพบุญชัย)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยีพอลิเมอร์

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

ชื่อวิทยานิพนธ์ การศึกษาสมบัติของยางสีกิมที่ได้จากกระบวนการครีมน้ำด้วย Cellulose

Ethers

ผู้เขียน นางสาวโชติรส ดอกขัน

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพอลิเมอร์

ปีการศึกษา 2551

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษา และพัฒนาวิธีการเตรียมยางสีกิมคุณภาพดีโดยใช้กระบวนการครีมน้ำด้วยสารในกลุ่ม cellulose ethers ทางน้ำยางธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการครีมน้ำจะมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจากประมาณ 5% เป็น 30%โดยน้ำหนัก ประสิทธิภาพของกระบวนการครีมน้ำจะไม่ขึ้นกับแหล่งที่มา อายุ และปริมาณแอมโมเนียในทางน้ำยาง ทางน้ำยางที่ผ่านกระบวนการครีมน้ำสามารถจับตัวได้ด้วยกรดซัลฟิวริกเจือจาง 1%โดยน้ำหนัก พบว่ายางสีกิมที่ได้จะมีสีจาง ค่าความหนืดมูนนี้ และค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ต่ำกว่ายางสีกิมโดยทั่วไป นอกจากนี้ปริมาณสิ่งสกปรก ปริมาณเถ้า และปริมาณไนโตรเจนจะมีค่าลดลงเป็นเท่าตัว ขณะที่ค่าดัชนีความอ่อนตัว (PRI) เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 30 เมื่อเปรียบเทียบกับยางสีกิมโดยทั่วไป นอกจากนี้ทางน้ำยางที่ผ่านกระบวนการครีมน้ำยังสามารถจับตัวด้วยกรดเจือจาง 1%โดยน้ำหนัก ชนิดต่างๆ เช่น กรดฟอร์มิก และกรดไฮโดรคลอริกได้อีกด้วย การแช่ยางสีกิมในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่จะช่วยลดปริมาณไนโตรเจนได้ ลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางสีกิมที่เตรียมจากกระบวนการครีมน้ำเมื่อใช้ MBT เป็นสารตัวเร่งจะให้ค่า scorch time และ cure time ที่ช้ากว่ายางสีกิมโดยทั่วไป ส่วนสมบัติเชิงกลของยางสีกิมที่ได้จากกระบวนการครีมน้ำ ได้แก่ ค่า tensile strength และ %elongation at break มีสมบัติดีกว่ายางสีกิมโดยทั่วไป

Thesis Title A Study of Skim Natural Rubber Properties from Creaming Process
using Cellulose Ethers

Author Miss Chotiros Dokkhan

Major Program Polymer Science and Technology

Academic Year 2008

ABSTRACT

In this study, as a study and development of the method to prepare the good quality skim rubber by using creaming process with cellulose ethers as creaming agent. Concentration of skim natural rubber (SNR) latex from creaming process had increased from approximate 5% to be 30% on dry rubber content. Efficiency of creaming process not depends on resource age and ammonia content of SNR latex. The SNR latex from creaming process was coagulated by diluted H_2SO_4 concentration that was 1%w/w. It was found the skim rubber had light color Mooney viscosity and initial plasticity (P_0) lower than the general skim rubber. Moreover, dirt content, ash content and nitrogen content were decreased one time. While plasticity retention index (PRI) was increased about 30% compared with the general skim rubber. In addition, the SNR latex from creaming process could be coagulated by 1%w/w concentration of various acid that formic acid and hydrochloric acid. As soaking of the skim rubber in sodium hydroxide solution was the one method to decreased nitrogen content. Vulcanization characteristic of the skim rubber from creaming process using MBT as accelerator, gave longer scorch time and cure time than the general skim rubber that coagulated by concentrated H_2SO_4 process. Mechanical properties of the skim rubber from creaming process i.e. tensile strength and %elongation at break higher than the general skim rubber.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
รายการตาราง	(9)
รายการภาพประกอบ	(11)
บทที่	
1. บทนำ	
1.1 บทนำต้นเรื่อง	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตและวิธีดำเนินงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ยางธรรมชาติ	3
2.1.1 ลักษณะทั่วไปของยางธรรมชาติ	3
2.1.2 โครงสร้างของยางธรรมชาติ	3
2.1.3 สมบัติทั่วไปของยางธรรมชาติ	4
2.1.4 การใช้งานยางธรรมชาติ	5
2.2 น้ำยางธรรมชาติ	7
2.2.1 ส่วนประกอบต่างๆ ในน้ำยาง	7
2.2.2 ส่วนประกอบของน้ำยาง	7
2.3 การแปรรูปน้ำยางธรรมชาติ	10
2.3.1 การผลิตน้ำยางข้น	11
2.3.2 การผลิตยางแผ่น	14
2.3.3 การผลิตยางแท่ง	14
2.3.4 การผลิตยางสกิม	14
2.4 ยางสกิม	17
2.4.1 ส่วนประกอบของหางน้ำยาง	17
2.4.2 การปรับปรุงคุณภาพของยางสกิม	18

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5 กระบวนการครีมมิ่ง	21
2.5.1 ทฤษฎีของการเกิดครีม	21
2.5.2 ชนิดของสารก่อครีม	24
2.5.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดครีม	26
2.6 การตรวจสอบเอกสาร	27
3. วิธีการทดลอง	
3.1 สารเคมี	34
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือวิจัย	36
3.3 วิธีดำเนินการทดลอง	44
3.3.1 ศึกษาคุณสมบัติของหางน้ำยาก่อนและหลังผ่านกระบวนการครีมมิ่ง	44
3.3.1.1 การหาปริมาณของแข็งทั้งหมด	44
3.3.1.2 การหาปริมาณเนื้ออย่างแห้ง	45
3.3.1.3 การหาปริมาณความเป็นต่าง	45
3.3.1.4 การหาขนาดและการกระจายตัวของอนุภาคยาง	46
3.3.2 ศึกษาสมบัติของยางสกิม	46
3.3.2.1 ศึกษาผลของชนิดกรดที่ใช้ในการจับตัวต่อสมบัติยางสกิม	46
3.3.2.2 ศึกษาผลของความเข้มข้นกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในการจับตัวต่อสมบัติยางสกิม	47
3.3.2.3 ศึกษาผลของระยะเวลาและอุณหภูมิในการอบแห้งยางสกิม	48
3.3.2.4 ศึกษาผลของสมบัติยางสกิมที่ได้จากแหล่งต่างๆ	48
3.3.3 ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพยางสกิม	49
3.3.3.1 ศึกษาผลของการใช้หางน้ำยาก่อนที่ผ่านกระบวนการครีมมิ่งร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	49
3.3.3.2 ศึกษาผลของการแช่ยางสกิมในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	49
3.3.3.3 ศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บยางจับตัวต่อสมบัติยางสกิม	49
3.3.4 ศึกษาสมบัติของยางสกิมผสมสารเคมี	50
3.3.4.1 ศึกษาการเตรียมยางสกิมผสมสารเคมี	50
3.3.4.2 ศึกษาสมบัติการวัลคาไนซ์ของยางสกิมผสมสารเคมี	51
3.3.4.3 ศึกษาสมบัติเชิงกลของยางสกิม	52

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	53
4.1 ผลของคุณสมบัติทางน้ำยางก่อนและหลังผ่านกระบวนการครีมนึ่ง	53
4.2 ผลการศึกษาสมบัติของยางสгим	55
4.2.1 ผลของชนิดกรดที่ใช้ในการจับตัวต่อสมบัติยางสгим	55
4.2.2 ผลของความเข้มข้นกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในการจับตัวต่อสมบัติยางสгим	58
4.2.3 ผลของระยะเวลาและอุณหภูมิในการอบแห้งยางสгим	60
4.2.4 ผลของสมบัติยางสгимที่ได้จากแหล่งต่างๆ	63
4.3 ผลการปรับปรุงคุณภาพยางสгим	65
4.3.1 ผลของการใช้หางน้ำยางที่ผ่านกระบวนการครีมนึ่งร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	65
4.3.2 ผลของการแช่ยางสгимในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	67
4.3.3 ผลของระยะเวลาการเก็บยางจับตัวต่อสมบัติยางสгим	71
4.4 ผลการศึกษาสมบัติของยางสгимผสมสารเคมี	74
4.4.1 ผลของสมบัติการวัลคาไนซ์ของยางสгимผสมสารเคมี	74
4.4.2 ผลของสมบัติเชิงกลของยางสгим	75
5. สรุปผลการทดลอง	80
5.1 คุณสมบัติของหางน้ำยางก่อนและหลังผ่านกระบวนการครีมนึ่ง	80
5.2 สมบัติของยางสгим	80
5.3 การปรับปรุงคุณภาพยางสгим	81
5.4 สมบัติของยางสгимผสมสารเคมี	81
5.5 ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาต่อไป	81
บรรณานุกรม	82
ภาคผนวก	88
ก สิทธิบัตรไทยหมายเลข 1722	89
ข วิธีการทดสอบสมบัติของยางสгим	90
ค การใช้ประโยชน์จากยางสгим	93
ง กระบวนการครีมนึ่งระดับห้องปฏิบัติการ และระดับโรงงาน	95
จ การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน	98
ประวัติผู้เขียน	101

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างการใช้งานยางธรรมชาติชนิดต่างๆ	6
2.2 ส่วนประกอบของน้ำยางสด	7
2.3 สมบัติของน้ำยางชั้นตามมาตรฐาน ASTM 2005 D1076 : Standard Specification for Rubber-Concentrated, Ammonia Preserved, Creamed and Centrifuged Natural Latex (ASTM D1076, 2004)	3
2.4 สมบัติของยางแท่งสกิมเปรียบเทียบกับยางแท่ง STR 5L*	18
2.5 เปรียบเทียบสมบัติของยางสกิมเมื่อใช้เทคนิคของตันลอปกับยางแท่ง STR 20	19
2.6 เปรียบเทียบสมบัติยางดิบของยางสกิมคุณภาพดีกับยาง STR 5L	20
3.1 สูตรยางธรรมชาติตามมาตรฐาน ASTM D3184-89 Rubber-Evaluation of Natural Rubber	50
3.2 ลำดับการผสมสารเคมี	51
4.1 คุณสมบัติของหางน้ำยางจากแหล่งต่างๆ	53
4.2 คุณสมบัติของหางน้ำยางหลังผ่านกระบวนการครีมนึ่งจากแหล่งต่างๆ	53
4.3 สมบัติของยางสกิมและยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งจับตัวด้วยกรดชนิดต่างๆ	56
4.4 สมบัติของยางสกิมที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้นและยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.1, 0.5, 1, 5, 10 และ 96% โดยน้ำหนัก	59
4.5 สมบัติของยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งที่ได้จากการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก อบที่อุณหภูมิต่างๆ	60
4.6 สมบัติของยางสกิมที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้นจากแหล่งต่างๆ	63
4.7 สมบัติของยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก จากแหล่งต่างๆ	64
4.8 สมบัติของยางสกิมที่ได้จากการใช้หางน้ำยางที่ผ่านกระบวนการครีมนึ่งร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นต่างๆ	66
4.9 สมบัติของยางสกิมและยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งหลังแช่ยางจับตัวในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5% โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 0, 10, 30 และ 60 นาที	68

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.10 สมบัติของยางสกิมและยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่งเมื่อเก็บยางจับตัวเป็นเวลา 0, 3, 5 และ 7 วัน	71
4.11 สมบัติการวัลคาไนซ์ของยางสกิมและยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่งจากเครื่อง Moving Die Rheometer (MDR) ที่อุณหภูมิ 160°C เมื่อใช้ MBT เป็นตัวเร่ง	74
4.12 สมบัติเชิงกลของยางสกิม และยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่งก่อนและหลังการบ่มเร่ง	76

รายการภาพประกอบ

รูปที่	หน้า	
2.1	โครงสร้างโมเลกุลยางธรรมชาติแบบ <i>cis</i> -1,4-polyisoprene	3
2.2	โครงสร้างโมเลกุลยางธรรมชาติแบบ <i>trans</i> -1,4-polyisoprene	4
2.3	ลักษณะที่เป็นไปได้ของอนุภาคยางธรรมชาติ	8
2.4	แผนผังการแปรรูปยางดิบของไทย	10
2.5	กระบวนการผลิตน้ำยางข้น	12
2.6	แผนผังแสดงขั้นตอนการผลิตยางแท่งสกิม	15
2.7	ห่อใส่แอมโมเนีย	15
2.8	ขั้นตอนการเตรียมยางแท่งสกิม	16
2.9	ปฏิกิริยาการย่อยสลายโปรตีนของเอนไซม์	19
2.10	กลไกการครีมมิ่ง	22
2.11	ตัวอย่างของถังน้ำยางในโรงงานทำน้ำยางครีมมิ่ง	23
2.12	โครงสร้างไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส	24
2.13	โครงสร้างคาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส	24
2.14	โครงสร้างไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส	25
2.15	โครงสร้างโซเดียมอัลจิเนต	25
2.16	โครงสร้างโพลีไวนิลแอลกอฮอล์	26
3.1	เครื่องวัดขนาดอนุภาค	36
3.2	เครื่องวัดความหนืดของยาง	37
3.3	เครื่องวัดความนุ่มของยาง	37
3.4	เครื่องบดผสมสองลูกกลิ้ง	38
3.5	เครื่องอัดเบาโดยใช้ความดัน	38
3.6	เครื่องวัดลักษณะการวัลคาไนซ์ของยาง	39
3.7	เครื่องทดสอบหาความทนต่อแรงดึง	39
3.8	ตู้อบรมแรง	40
3.9	ตู้อบอากาศร้อน	40
3.10	ถังครีมมิ่ง	41
3.11	เครื่องรีดยาง	41
3.12	เครื่องซั่งสาร	42
3.13	pH meter	42

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.14 เบ้าพิมพ์สแตนเลส	43
3.15 เครื่องตัดชิ้นตัวอย่างรูปดัมเบล	43
3.16 เครื่องวัดความหนา	44
3.17 กระบวนการเตรียมยางสกิม	47
4.1 ขนาดอนุภาคของหางน้ำยางเริ่มต้น (SL) และหางน้ำยางที่ผ่านกระบวนการครีมนึ่ง (CSL)	54
4.2 ลักษณะยางสกิมจับตัว (ก) หางน้ำยางจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (ข) หางน้ำยางที่ผ่านกระบวนการครีมนึ่งจับตัวด้วยซัลฟิวริกเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก	55
4.3 ลักษณะยางสกิมที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดเข้มข้นชนิดต่างๆ (ก) กรดซัลฟิวริก (ข) กรดไฮโดรคลอริก (ค) กรดฟอร์มิก และยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งจับตัวด้วยกรดเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก ชนิดต่างๆ (ง) กรดซัลฟิวริก (จ) กรดไฮโดรคลอริก (ฉ) กรดฟอร์มิก	57
4.4 สมบัติของยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกที่มีความเข้มข้น 0.1, 0.5, 1, 5, 10 และ 96% โดยน้ำหนัก	59
4.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการอบยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก	61
4.6 ความหนืดมูนี้ ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งอบที่อุณหภูมิต่างๆ	61
4.7 ลักษณะของยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก อบที่อุณหภูมิ (ก) 60°C (ข) 80°C (ค) 100°C (ง) 120°C (จ) 150°C	62
4.8 ลักษณะของยางสกิม (ก) กระบวนจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (ข) กระบวนการครีมนึ่งตามด้วยการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก	64
4.9 ความหนืดมูนี้ ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) และปริมาณไนโตรเจนของยางสกิมที่ได้จากการใช้หางน้ำยางที่ผ่านกระบวนการครีมนึ่งร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นต่างๆ	66
4.10 ความหนืดมูนี้ของยางสกิมและยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งหลังจากแช่ยางจับตัวในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5% โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 0, 10, 30 และ 60 นาที	68

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.11 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ของยางสกิมและยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งหลังจากแช่ยางจับตัวในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5% โดยน้ำหนักเป็นเวลา 0, 10, 30 และ 60 นาที	69
4.12 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางสกิมและยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งหลังจากแช่ยางจับตัวในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5% โดยน้ำหนักเป็นเวลา 0, 10, 30 และ 60 นาที	69
4.13 ปริมาณไนโตรเจนของยางสกิมและยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งหลังจากแช่ยางจับตัวในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5% โดยน้ำหนักเป็นเวลา 0, 10, 30 และ 60 นาที	70
4.14 ความหนืดมูนิของยางสกิมและยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งเมื่อเก็บยางจับตัวเป็นเวลา 0, 3, 5 และ 7 วัน	72
4.15 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ของยางสกิมและยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งเมื่อเก็บยางจับตัวเป็นเวลา 0, 3, 5 และ 7 วัน	72
4.16 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางสกิมและยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งเมื่อเก็บยางจับตัวเป็นเวลา 0, 3, 5 และ 7 วัน	73
4.17 ลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางสกิมและยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งด้วยเครื่อง Moving Die Rheometer (MDR) ที่อุณหภูมิ 160°C เมื่อใช้ MBT เป็นตัวเร่ง	75
4.18 ลักษณะกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น-ความเครียดของยางสกิม	76
4.19 ลักษณะกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น-ความเครียดของยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่ง	77
4.20 Tensile strength ของยางสกิมและยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งก่อนและหลังการบ่มเร่ง	77
4.21 100%Modulus ของยางสกิมและยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งก่อนและหลังการบ่มเร่ง	78
4.22 300%Modulus ของยางสกิมและยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งก่อนและหลังการบ่มเร่ง	78
4.23 %Elongation at break ของยางสกิมและยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งก่อนและหลังการบ่มเร่ง	79

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

ตัวย่อ	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชื่อภาษาไทย
ADS	air dried sheet	ยางแผ่นผึ่งแห้ง
BR	butadiene rubber	ยางบิวตะไดอิน
CMC	carboxyl methyl cellulose	คาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส
CMCh	N,O-carboxymethyl chitosan	คาร์บอกซีเมทิลไคโตซาน
CSL	creamed skim latex	หางน้ำยางที่ผ่านกระบวนการครีมมิ่ง
CSR	creamed skim rubber	ยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่ง
DRC	dry rubber content	ปริมาณเนื้อยางแห้ง
HEC	hydroxyl ethyl cellulose	ไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส
HPC	hydroxyl propyl cellulose	ไฮดรอกซีโพรพิลเซลลูโลส
HPMC	hydroxyl propyl methyl cellulose	ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส
MBT	2-mercaptobenzothiazole	เมอร์แคปโตเบนโซไทโอะโซล
MDR	moving die rheometer	เครื่องทดสอบเวลาการวัลคาไนซ์ ของยาง
Mooney viscosity	Mooney viscosity	ค่าความหนืดมูนนี่
Na-g	sodium alginate	โซเดียมอัลจิเนต
P ₀	Initial plasticity	ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น
PRI	Plasticity retention index	ค่าดัชนีความอ่อนตัว
PVA	polyvinyl alcohol	พอลิไวนิลแอลกอฮอล์
Q	silicone rubber	ยางซิลิโคน
RSS	Ribbed Smoked Sheet	ยางแผ่นรมควัน
SBR	styrene butadiene rubber	ยางสไตรีนบิวตาไดอิน
SL	skim latex	หางน้ำยาง
SR	skim rubber	ยางสกิม
STR	Standard Thai Rubber	ยางแท่ง
TMTD	tetramethylthouram disulfide	เตตระเมทิลไทูรัมไดซัลไฟด์
TSC	total solid content	ปริมาณของแข็งทั้งหมด
ZDC	zinc dialkyl dithiocarbamate	ซิงค์ไดอัลคิลไดไทโอคาร์บาเมต
ZnO	zinc oxide	ซิงค์ออกไซด์

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชื่อภาษาไทย
°C	degree celsius	องศาเซลเซียส
%	percent	เปอร์เซ็นต์
μm	Micrometer	ไมโครเมตร
g/cm ³	Grams per cubic centimeter	กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
MPa	Mega Pascal	เมกะพาสคาล
ohm.cm	Ohm-meter	โอห์มต่อเซนติเมตร
phr	part per hundred rubber	ส่วนในร้อยส่วนของยาง
T _g	Glass transition temperature	อุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงสถานะ คล้ายแก้ว

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำต้นเรื่อง

ยางธรรมชาติจัดเป็นพืชเศรษฐกิจอันดับหนึ่งของประเทศไทย ปัจจุบันประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกยางธรรมชาติอันดับหนึ่งของโลก ศักยภาพการผลิตปีละประมาณ 3 ล้านตัน หรือคิดเป็นร้อยละ 36 ของปริมาณการผลิตทั้งหมดในโลก จากข้อมูลการส่งออกในปี พ.ศ.2547 พบว่าไทยสามารถส่งออกยางธรรมชาติในรูปของยางดิบได้สูงถึง 2.62 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่า 1.37 แสนล้านบาท และผลิตภัณฑ์ยางอีก 7.8 หมื่นล้านบาท อุตสาหกรรมยางดิบและผลิตภัณฑ์ยางสามารถทำรายได้ให้ประเทศสูงถึงปีละ 2.16 แสนล้านบาท (IRSG, 2006)

ส่วนอุตสาหกรรมการผลิตน้ำยางข้นในประเทศไทยจะใช้กระบวนการเซนตริฟิวจ์เกือบทั้งหมด น้ำยางธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการเซนตริฟิวจ์จะถูกแยกออกเป็น 2 ส่วนคือ น้ำยางข้น จะมีปริมาณเนื้อยางประมาณ 60%โดยน้ำหนัก และหางน้ำยางซึ่งถือเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการนี้ จะมีองค์ประกอบที่เป็นเนื้อยางเพียง 3-8%โดยน้ำหนัก ที่เหลือเป็นส่วนที่ไม่ใช่ยาง เช่น น้ำตาล โปรตีน และสารอินทรีย์ เป็นต้น ซึ่งจะถูกย่อยสลายได้ง่ายโดยแบคทีเรียทำให้หางน้ำยางจับตัวได้ยาก โดยทั่วไปจึงนิยมใช้การจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้นทำให้ยางสกิมที่ได้มีคุณภาพต่ำ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมการแปรรูปที่ต้องการนำยางสกิมไปผสมเพื่อลดต้นทุนการผลิต นอกจากนี้น้ำเสียที่ได้จากขั้นตอนการเตรียมยางสกิมจะมีความเป็นกรดและปริมาณซัลเฟตสูงมาก ซึ่งจะทำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่มีกลิ่นเหม็นรุนแรงและยังเกิดปัญหาการกัดกร่อนโลหะภายในโรงงานอุตสาหกรรมอีกด้วย (อดิษฐ์, 2542)

งานวิจัยนี้จึงให้ความสนใจกับการศึกษากระบวนการเตรียมยางสกิมและพัฒนาคุณภาพของยางสกิมโดยอาศัยกระบวนการครีมีนึ่งในการแยกอนุภาคยางออกจากหางน้ำยางด้วยสารเคมีในกลุ่ม cellulose ethers ได้แก่ Hydroxyl Propyl Methyl Cellulose (HPMC) ที่มีชื่อทางการค้าว่า A702[®] (ลิขสิทธิ์ของศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ) ซึ่งสามารถเก็บรวบรวมเนื้อยางได้ถึง 100% โดยที่อนุภาคยางไม่เสียสภาพ หางน้ำยางที่ผ่านกระบวนการครีมีนึ่งจะเป็นหางน้ำยางที่มีความเข้มข้นสูงซึ่งสามารถจับตัวได้ด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1%โดยน้ำหนัก ในปริมาณน้อย เปรียบเทียบกับยางสกิมที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ประโยชน์ที่จะได้รับจากงานวิจัยนี้นอกจากจะทำให้คุณภาพของยางสกิมดีขึ้นแล้ว ยังเป็นการช่วยลดต้นทุนของการบำบัดน้ำเสียที่ได้จากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำยางข้น และช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อเตรียมและศึกษาสมบัติของยางสีกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งด้วย cellulose ethers (A702[®]) เปรียบเทียบกับกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น
2. เพื่อศึกษาคุณภาพยางสีกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งด้วย cellulose ethers (A702[®]) เปรียบเทียบกับกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้นที่ได้จากแหล่งต่างๆ
3. เพื่อศึกษาสมบัติเชิงกลของยางสีกิมที่เตรียมได้

1.3 ขอบเขตและวิธีการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาคุณสมบัติของยางน้ำยางที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำยางข้น
2. ศึกษาคุณสมบัติของยางน้ำยางที่ผ่านกระบวนการครีมนึ่งด้วยสาร A702[®]
3. ศึกษาชนิดของกรดที่ใช้ในการจับตัวต่อสมบัติยางสีกิม
4. ศึกษาความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในการจับตัวยางน้ำยางที่ผ่านกระบวนการครีมนึ่งเพื่อเตรียมยางสีกิม
5. ศึกษาระยะเวลา และอุณหภูมิในการอบแห้งยางสีกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่ง
6. ศึกษาสมบัติของยางสีกิมที่ได้จากแหล่งต่างๆ ที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่ง เปรียบเทียบกับกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น
7. ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพยางสีกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งเปรียบเทียบกับยางสีกิมที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น
8. ศึกษาสมบัติเชิงกลของยางสีกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งเปรียบเทียบกับยางสีกิมที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้นโดยใช้ตามสูตร ACS1 (American Chemical Society)
9. วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ได้ยางสีกิมที่มีคุณภาพดี และมีคุณภาพสม่ำเสมอ
2. ช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมและมลภาวะทางอากาศที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำยางข้น

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

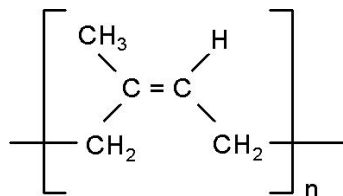
2.1 ยางธรรมชาติ

2.1.1 ลักษณะทั่วไปของยางธรรมชาติ

ยางธรรมชาติเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีหน่วยย่อยของแต่ละหน่วยประกอบด้วยคาร์บอน 5 อะตอม และไฮโดรเจน 8 อะตอม เขียนเป็นสูตรทางเคมีอย่างง่ายคือ C_5H_8 โครงสร้าง 1 โมเลกุลประกอบด้วยไอโซพรีนที่ต่อกันเป็นสายเส้นตรงแบบซิส (linear *cis*-1,4-polyisoprene) ประมาณ 3,000 ถึง 5,000 หน่วยไอโซพรีน มีน้ำหนักโมเลกุลโดยเฉลี่ยประมาณ 200,000 ถึง 400,000 มีการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วงกว้างมาก (วรารณ, 2549) ยางธรรมชาติมีความหนาแน่น เท่ากับ 0.93 g/cm^3 ที่อุณหภูมิ 20°C มีอุณหภูมิของการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (glass transition temperature, T_g) ประมาณ -72°C นั้นหมายความว่าหากนำยางธรรมชาติไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า -72°C สมบัติของยางธรรมชาติจะเปลี่ยนจากที่เคยยืดหยุ่นไปเป็นของแข็งเปราะคล้ายแก้ว (พงษ์ธร, 2547)

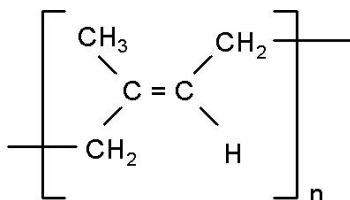
2.1.2 โครงสร้างของยางธรรมชาติ

ยางธรรมชาติที่ได้มาจากต้นยางพาราที่อยู่ในตระกูล *Hevea Brasiliensis* จะมีโครงสร้างโมเลกุลเป็นแบบ *cis*-1,4-polyisoprene ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งมีลักษณะการจัดเรียงตัวไม่สม่ำเสมอทำให้ยางธรรมชาติไม่ตกผลึกที่อุณหภูมิห้องและเป็นวัสดุที่มีความยืดหยุ่น (Young, 1991)



รูปที่ 2.1 โครงสร้างโมเลกุลยางธรรมชาติแบบ *cis*-1,4-polyisoprene (Young, 1991)

ส่วนน้ำยางจากต้น Gutta percha และ Balata จะมีโครงสร้างโมเลกุลเป็นแบบ *trans*-1,4-polyisoprene ดังแสดงในรูปที่ 2.2 และมีโครงสร้างโมเลกุลที่เป็นระเบียบกว่าแบบ *cis*-1,4-polyisoprene ดังนั้นจึงสามารถตกผลึกได้ ทำให้เป็นวัสดุที่แข็งแรงภายใต้สภาวะปกติ (Young, 1991)



รูปที่ 2.2 โครงสร้างโมเลกุลของยางธรรมชาติแบบ *trans*-1,4-polyisoprene (Young, 1991)

2.1.3 สมบัติทั่วไปของยางธรรมชาติ

โดยทั่วไปยางธรรมชาติมีโครงสร้างการจัดเรียงตัวของโมเลกุลเป็นแบบอสัณฐาน (amorphous) แต่ในบางสภาวะ เช่น ที่อุณหภูมิต่ำหรือเมื่อยางถูกยืด โมเลกุลของยางบางส่วนสามารถจัดเรียงตัวได้ค่อนข้างเป็นระเบียบ ยางจึงสามารถเกิดผลึกได้ (crystallize) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเกิดผลึกเนื่องจากการยืดตัวหรือที่เรียกว่า strain-induced crystallization เกิดขึ้นเมื่อยางถูกยืดจนมีความยาวมากกว่าความยาวตั้งต้นประมาณ 2-3 เท่า การเกิดผลึกเนื่องจากการยืดตัวนี้ทำให้ยางมีสมบัติทางกายภาพเปลี่ยนแปลงไปอย่างชัดเจน คือ ยางจะเปลี่ยนจากสภาพโปร่งแสง (transparent) ไปเป็นทึบแสง (opaque) ซึ่งการเกิดผลึกเนื่องจากการยืดตัวยัง คงทำให้ยางคงรูปมีสมบัติเชิงกลดีขึ้น นั่นคือ ยางจะมีความทนทานต่อแรงดึง ความทนทานต่อการฉีกขาดและความต้านทานต่อการขัดถูสูงขึ้น เป็นต้น นอกจากนี้ ยางธรรมชาติยังมีสมบัติอื่น ดังต่อไปนี้ (พงษ์ธร, 2547)

2.1.3.1 ความยืดหยุ่น (elasticity) สมบัติความยืดหยุ่นเป็นลักษณะเด่นอีกประการหนึ่งของยางธรรมชาติ คือ ยางธรรมชาติที่คงรูปแล้วจะมีความยืดหยุ่นสูง เมื่อแรงภายนอกที่มากระทำกับยางหมดไป ยางจะกลับคืนสู่รูปร่างและขนาดเดิม หรือใกล้เคียงขนาดเดิมได้อย่างรวดเร็ว

2.1.3.2 ความเหนียวติดกัน (tack) ยางธรรมชาติในสภาพที่ยังไม่คงรูป มีสมบัติเยี่ยมในด้านความเหนียวติดกัน ซึ่งเป็นสมบัติสำคัญของการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องอาศัยการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ เข้าด้วยกัน เช่น ยางล้อรถยนต์ เป็นต้น

2.1.3.3 ความทนทานต่อแรงดึง (tensile strength) เนื่องจากโมเลกุลของยางธรรมชาติมีความเป็นระเบียบสูงจึงทำให้ยางธรรมชาติสามารถตกผลึกได้ง่ายเมื่อยางถูกดึง ซึ่งผลึกที่เกิดขึ้นจะช่วยเสริมความแข็งแรงให้กับยาง โดยปกติยางธรรมชาติมีความทนต่อแรงดึงประมาณ 20 MPa หรือมากกว่า และเมื่อมีการเติมสารตัวเติมเสริมแรง (reinforcing filler) เข้าช่วยอาจมี

ค่าความทนต่อแรงดึงสูงถึง 30 MPa (Hofmann, 1989) ซึ่งสมบัตินี้ ทำให้ยางธรรมชาติมีความเหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์ที่มีความบาง นิ่ม และแข็งแรงได้ เช่น การทำถุงมือผ่าตัด ลูกโป่ง ยางอนามัย สายยางยืด และยางรัด เป็นต้น

2.1.3.4 ความทนทานต่อการฉีกขาด (tear strength) เนื่องจากยางธรรมชาติสามารถตกผลึกได้เมื่อถูกยืด ดังนั้น ยางธรรมชาติจึงมีความทนทานต่อการฉีกขาดสูงมากทั้งที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิสูง การเติมสารตัวเติมเสริมแรงลงไปก็จะช่วยทำให้ค่าความทนทานต่อการฉีกขาดของยางสูงขึ้น

2.1.3.5 สมบัติเชิงพลวัต (dynamic properties) ยางธรรมชาติมีสมบัติเชิงพลวัตที่ดี ยางมีการสูญเสียพลังงานในรูปของความร้อนต่ำในระหว่างการใช้งาน นอกจากนี้ยางธรรมชาติยังมีความต้านทานต่อการล้าตัว (fatigue resistance) ที่สูงมากอีกด้วย

2.1.3.6 ความต้านทานต่อการขัดถู (abrasion resistance) ยางธรรมชาติมีค่าความต้านทานต่อการขัดถูสูง แต่ยังคงต่ำกว่ายาง SBR เล็กน้อย อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับยางสังเคราะห์ชนิดอื่นๆ พบว่า ยางธรรมชาติมีค่าความต้านทานต่อการขัดถูอยู่ในกลุ่มที่สูงมาก

2.1.3.7 ความเป็นฉนวนไฟฟ้า (insulation) ยางธรรมชาติมีค่าความเป็นฉนวนไฟฟ้าสูง โดยมีค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (specific resistivity) สูงถึง 10^{15} หรือ 10^{16} ohm.cm

2.1.3.8 การหักงอที่อุณหภูมิต่ำ (low temperature flexibility) ยางธรรมชาติยังคงรักษาสมบัติความยืดหยุ่นหรือความสามารถในการหักงอได้แม้ที่อุณหภูมิต่ำมากๆ ซึ่งมีสมบัติดีกว่ายางเพียง 2 ชนิดเท่านั้น คือ ยางบิวตะไดอิน (BR) และยางซิลิโคน (Q)

2.1.4 การใช้งานยางธรรมชาติ

ยางธรรมชาติที่ผลิตได้ในรูปแบบต่างๆ จะมีการนำไปใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิด ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างการใช้งานยางธรรมชาติชนิดต่างๆ (สถาบันวิจัยยาง, 2540)

ชนิด	การใช้งาน	หมายเหตุ
STR XL, STR 5L, ADS, RSS 1, pale crepe	ผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ เกษชกรรม การสัมผัสอาหาร ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเติมแต่งสีสนั เส้นด้าย ยางยัด (cut threads) กาวยาง เทปติดพื้น รองเท้าและส่วนประกอบ เป็นต้น	เป็นยางที่มีความสะอาดมีสีจาง โดยเฉพาะยาง STR XL และSTR 5L, RSS ค่อนข้างแข็งมาก ค่า Mooney Viscosity สูงและไม่ค่อยเหมาะในงานผลิตภัณฑ์ที่ต้องการสัมผัสอาหาร
STR 20, RSS 2, 3, 4, 5	ผลิตภัณฑ์ยางรถยนต์ ยางล้อดอกกรวมทั้ง ผลิตภัณฑ์ยางอะไหล่ ยางใช้ในงานวิศวกรรมและใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป เป็นต้น	เป็นยางสีคล้ำ มักใช้งานที่ผสมกับสารตัวเติม โดยเฉพาะพวกเขม่าดำ โดยเฉพาะยางแผ่นรมควันชั้น 4, 5 จะมีคุณภาพต่ำจึงมักใช้ผลิตภัณฑ์คุณภาพต่ำ
Skim Rubber	ผลิตภัณฑ์คุณภาพต่ำ เช่น ยางปูพื้น ยางล้อรถเข็น ยางกันกระแทก เป็นต้น (เพิ่มเติมในภาคผนวก)	ใช้ผสมกับยางคุณภาพสูงเพื่อลดต้นทุนและเนื่องจากมีสีอ่อน (ยางสกินที่มีคุณภาพดี) และมี non-rubber มากกว่ายางปกติจึงสามารถใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ยางสีจาง หรือยางที่ต้องการแต่งเติมสี นอกจากนี้ยังมีข้อได้เปรียบในการเกิดคงรูปได้เร็ว แต่ข้อเสียคือสมบัติทางกายภาพต่ำ
น้ำยางข้น	ผลิตภัณฑ์จุ่มแบบ เช่น ถุงมือ ลูกโป่ง ยางอนามัย จุกนมสำหรับทารก เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ตีฟอง เช่น ที่นอน หมอน ตุ๊กตา ฟองน้ำ เป็นต้น ผลิตภัณฑ์หล่อแบบ เช่น ตุ๊กตายาง หุ่นการศึกษา เป็นต้น ผลิตภัณฑ์เส้นด้ายยัด (latex thread) ท่อ ยาง กาวน้ำยาง เป็นต้น	สามารถออกสูตรสารเคมีผสมน้ำยางให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเหนียวและแข็งแรงมาก โดยไม่เติมสารเสริมความแข็งแรง (reinforcing filler)
น้ำยางคงรูป (Prevulcanised Latex)	ผลิตภัณฑ์จุ่มแบบต่างๆ เช่น ถุงมือ ลูกโป่ง และผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นแบบหล่อต่างๆ เป็นต้น	มีส่วนผสมสารเคมีต่างๆแล้วจึงใช้งานได้สะดวก และสามารถปรับเพิ่มความทนทานให้กับผลิตภัณฑ์โดยการเติมสารเคมีกันเสื่อมในกระบวนการขึ้นรูป

หมายเหตุ : STR: Standard Thai Rubber (ยางแท่ง), ADS: Air Dried Sheet (ยางแผ่นผึ่งแห้ง), RSS: Ribbed Smoked Sheet (ยางแผ่นรมควัน)

2.2 น้้ายางธรรมชาติ

2.2.1 ส่วนประกอบต่าง ๆ ในน้้ายาง

น้้ายาง (latex) มีสภาพเป็นคอลลอยด์หรือสารแขวนลอย (dispersion) ที่ประกอบด้วยส่วนที่กระจัดกระจาย (dispersion phase) ได้แก่ อนุภาคขนาดเล็กๆ ของสารพอลิเมอร์ที่มีขนาด 0.05-5 ไมครอน และส่วนของสารที่เป็นตัวกลาง (dispersion medium) โดยทั่วไปเรียกว่า ซีรัม (serum)

น้้ายางสดมีลักษณะเป็นของเหลวสีขาว มีสถานะเป็นสารคอลลอยด์หรือแขวนลอยอยู่ในตัวกลางที่เป็นน้ำ มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 0.975-0.980 กรัมต่อมิลลิลิตร มีค่า pH ประมาณ 6.5-7.0 ความหนืดมีค่าประมาณ 12-15 เซนติพอยส์ (centipoise) และอาจมีค่าแปรปรวนขึ้นอยู่กับปริมาณของส่วนประกอบในน้้ายาง นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่น พันธุ์ยาง อายุยาง ฤดูกาลที่ยางเป็นต้น น้้ายางสดอยู่ในสภาวะแขวนลอยและมีประจุที่เป็นลบจึงผลักกันตลอดเวลาทำให้คงสภาพอยู่ได้ จนกว่าสภาพแวดล้อมและปัจจัยต่างๆ ที่มารบกวน เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรด ซึ่งทำให้เกิดการจับตัวเป็นก้อนของน้้ายาง (Blackley, 1997)

ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบของน้้ายางสด (Blackley, 1997)

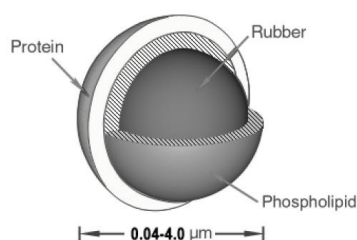
Constituent	Proportion / % (m/m) on whole latex
Total Solid Content, TSC	27 - 48
Dry Rubber Content, DRC	25 - 45
Proteinaceous substances	1 - 1.5
Resinous substances	1 - 2.5
Ash	Up to 1
Sugars	1
Water	ad 100

2.2.2 ส่วนประกอบของน้้ายาง (เสาวนีย์, 2546)

2.2.2.1 ส่วนของเนื้อยาง มีส่วนประกอบหลักๆ ดังนี้ คือ

1) อนุภาคยาง ถูกห่อหุ้มด้วยสารจำพวกไขมันและโปรตีนโดยโปรตีนจะอยู่ชั้นนอกและอาจมีโลหะบางชนิด เช่น แมกนีเซียม โพแทสเซียม และทองแดงปะปนอยู่ปริมาณเล็กน้อยประมาณ 0.5% โดยปกติอนุภาคยางจะแขวนลอยในน้ำ ประกอบด้วยสารประกอบพวกไฮโดรคาร์บอน มีชื่อโครงสร้างทางเคมีว่า ไอโซพรีน (*cis*-1,4-polyisoprene) มีความหนาแน่น

0.92 กรัมต่อมิลลิลิตร มีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยอยู่ในช่วง 200,000-400,000 กรัมต่อโมล ลักษณะอนุภาคยังเป็นรูปค่อนข้างกลมคล้ายลูกแพร์ มีขนาดอนุภาคแตกต่างกันมากอยู่ระหว่าง 0.04-4 ไมครอน แสดงดังรูปที่ 2.3 อนุภาคยวงส่วนใหญ่จะมีขนาดไม่เกิน 0.4 ไมครอน ขนาดอนุภาคเฉลี่ยประมาณ 1 ไมครอน เมื่อนำน้ำยางสดมาปั่นด้วยความเร็วสูง พบว่า อนุภาคยวงที่มีขนาดใหญ่จะแยกตัวออกจากชั้นน้ำขึ้นมาอยู่ด้านบนซึ่งสามารถแยกออกได้เป็นน้ำยางชั้น ส่วนอนุภาคยวงที่มีขนาดเล็กจะปนอยู่กับหางน้ำยาง (Skim latex)



รูปที่ 2.3 ลักษณะที่เป็นไปได้ของอนุภาคยวงธรรมชาติ (Blackley, 1997)

2) โปรตีน (Protein) โปรตีนที่ห่อหุ้มอยู่ตรงผิวรอบนอกของอนุภาคยวงมีอยู่ประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำยาง โปรตีนที่อยู่ในน้ำยางส่วนใหญ่เป็นชนิดแอลฟาглоบูลินและฮีวิน (α -Globulin และ Hevein) ส่วนนอกสุดของอนุภาคยวงมีโปรตีนห่อหุ้มอยู่ประมาณ 1%ของอนุภาคยวง ส่วนใหญ่เป็นพวกแอลฟาглоบูลิน ซึ่งไม่ละลายในน้ำกลั่นแต่ละลายในกรด ต่าง หรือเกลือ มีค่า Isoelectric point ที่ pH = 4.8 ดังนั้นอนุภาคยวงจะรวมตัวกันอย่างรวดเร็วที่ pH ของแอลฟาглоบูลินละลายน้อยที่สุด สำหรับโปรตีนที่ห่อหุ้มผิวรอบนอกของอนุภาคยวงซึ่งเป็นโปรตีนพวกฮีวิน สามารถละลายในน้ำได้ มีค่า Isoelectric point ที่ pH = 4.5 จะป้องกันอนุภาคยวงมารวมตัวกัน ส่วนประกอบของฮีวินมีกำมะถันอยู่ประมาณ 5% และเป็นประเภท crystalline disulphide linkage ดังนั้นขณะที่น้ำยางเกิดการสูญเสียสภาพ จะเกิดการบดเน่าโดยโปรตีนส่วนนี้จะสลายตัวให้สารประกอบพวกไฮโดรซัลไฟด์และสารเมอร์แคปแทนทำให้มีกลิ่นเหม็น

3) ไขมัน (Lipid) ไขมันอยู่ระหว่างผิวของอนุภาคยวงและโปรตีน ส่วนใหญ่เป็นสารพวกฟอสโฟไลปิดชนิด α -Lecithin ทำหน้าที่ยึดโปรตีนให้เกาะอยู่บนผิวของอนุภาคยวง น้ำยางในสถานะที่เป็นต่าง เช่น มีแอมโมเนียอยู่ (ประมาณ 0.6%ขึ้นไป) ฟอสโฟไลปิดจะถูกไฮโดรไลซ์เป็นกรดไขมันที่มีโมเลกุลยาวซึ่งจะรวมตัวกับแอมโมเนียกลายเป็นสบู่ ให้น้ำยางมีความเสถียรยิ่งขึ้น แต่กรณีที่มีแอมโมเนียปริมาณน้อย (ประมาณ 0.2%ในน้ำยาง) การไฮโดรไลซิสจะเกิดขึ้นน้อย การเพิ่มความเสถียรของน้ำยางจึงจำเป็นต้องเพิ่มสบู่หรือสารอื่นที่ช่วยในการเก็บรักษาน้ำยางเพิ่มลงไป

2.2.2.2 ส่วนที่ไม่ใช่ยาง มีส่วนประกอบหลักๆ ดังนี้ คือ

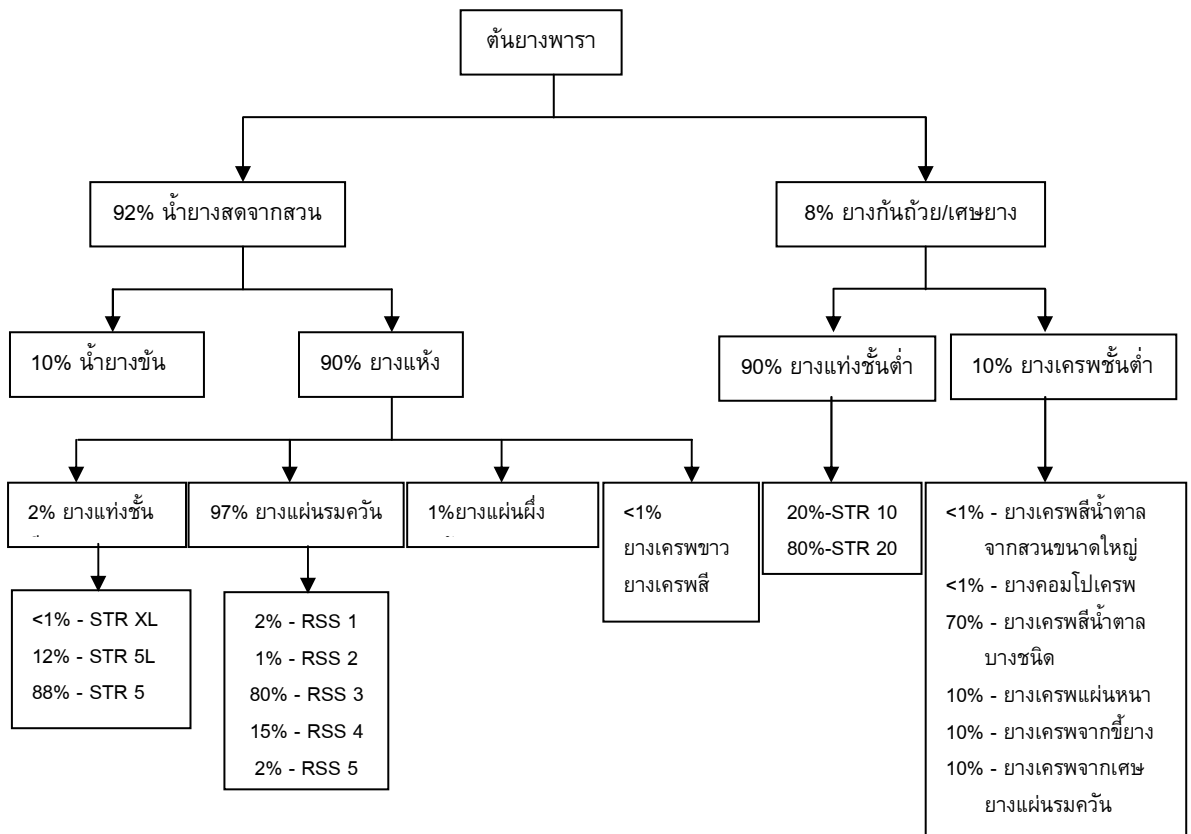
1) ส่วนที่เป็นน้ำหรือซีรัม ซีรัมของน้ำยางมีความหนาแน่นประมาณ 1.02 กรัมต่อมิลลิลิตร ประกอบด้วยสารชนิดต่างๆ คือ คาร์โบไฮเดรตเป็นสารพวกแป้งและน้ำตาลมีอยู่ในน้ำยางประมาณ 1% น้ำตาลส่วนใหญ่เป็นชนิดคิวบาชิทอล (Quebrachitol)

2) โปรตีนและกรดอะมิโน เป็นส่วนที่อยู่ในซีรัมของน้ำยาง มีค่า Isoelectric point หลายค่า โปรตีนที่มีค่า Isoelectric point สูงสามารถสลายตัวให้ประจุบวกได้เป็นสาเหตุให้น้ำยางสูญเสียสภาพ

3) ส่วนของลูทอยด์และสารอื่นๆ ลูทอยด์(Lutoids) เป็นอนุภาคที่ค่อนข้างกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.5-3 ไมครอน ห่อหุ้มด้วยเยื่อบางๆ ภายในเยื่อบางๆ นี้มีทั้งสารละลายและสารที่แขวนลอย มีค่า pH = 5.5 ส่วนใหญ่ประกอบด้วยโปรตีน โดยมีโปรตีนที่ละลายน้ำอยู่ประมาณ 3% และมีส่วนของโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำอยู่ประมาณ 2% นอกจากนี้ยังมีส่วนของสารพวกฟอสโฟไลปิดแขวนลอยอยู่ประมาณ 0.5% และมีสารโพลีฟีนอลออกซิเดส ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ยางมีสีเหลืองหรือสีคล้ำเมื่อสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ ลูทอยด์ห่อหุ้มด้วยเนื้อเยื่อชั้นเดียวสามารถเกิดการออสโมซิสได้ง่าย ดังนั้นการเติมน้ำลงในน้ำยางสดจะทำให้ลูทอยด์บวมและแตกง่าย ขณะที่ลูทอยด์เกิดการพองตัวมีผลทำให้น้ำยางมีความหนืดเพิ่มขึ้น และเมื่อลูทอยด์แตกความหนืดก็จะลดลง หากเติมแอมโมเนียลงในน้ำยางสด พบว่า ส่วนของลูทอยด์และสารพวกโลหะแมกนีเซียมจะรวมตัวกับแอมโมเนีย เกิดการตกตะกอนเป็นดมสีน้ำตาลและสีม่วงแยกตัวออกจากเนื้อยางและเกาะรวมกันอยู่ด้านล่างสามารถแยกออกได้ สารอื่นๆ โดยมากเป็นอนุภาคเฟรย์-วิสลิง (Frey wysling) เป็นสารที่ไม่ใช่ยางมีอนุภาคใหญ่กว่ายาง แต่ความหนาแน่นน้อยกว่า มีรูปร่างค่อนข้างกลม มีผนังล้อมรอบสองชั้น มีปริมาณไม่มากนัก ประกอบด้วย สารเม็ดสีพวกคาโรทีนอยด์ ซึ่งทำให้ยางมีสีเหลืองเข้ม สามารถรวมตัวกับแอมโมเนียและแยกตัวออกจากยางมาอยู่ในส่วนของซีรัม

2.4 การแปรรูปน้ำยางธรรมชาติ

จากข้อมูลในรูปการแปรรูปยางของข้อมูลวิชาการยางพาราปี 2542 พบว่า น้ำยางที่ได้จากต้นยางพารา 100% จะได้น้ำยางสด 92% อีก 8% ที่เหลือเป็นยางก้นถ้วยและเศษยาง ซึ่งส่วนใหญ่ประมาณ 90% ใช้ในการผลิตยางแท่งชั้นต่ำ ส่วนที่เหลือจึงผลิตเป็นยางเครพชั้นต่ำ ส่วนน้ำยางสดนั้นจะมีการแปรรูปเป็นยางแท่งถึง 90% โดยส่วนใหญ่ถึง 97% ของยางแท่งเป็นยางแผ่นรมควันอีก 2% เป็นยางแท่งชั้นดี ซึ่งบางส่วนของยางแผ่นรมควันก็ถูกนำมาแปรรูปใหม่เป็นยางแท่งชั้นดีเช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.4 ซึ่งในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมา สัดส่วนการผลิตยางแท่งเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง (สถาบันวิจัยยาง, 2542)



รูปที่ 2.4 แผนผังการแปรรูปยางดิบของไทย (สถาบันวิจัยยาง, 2542)

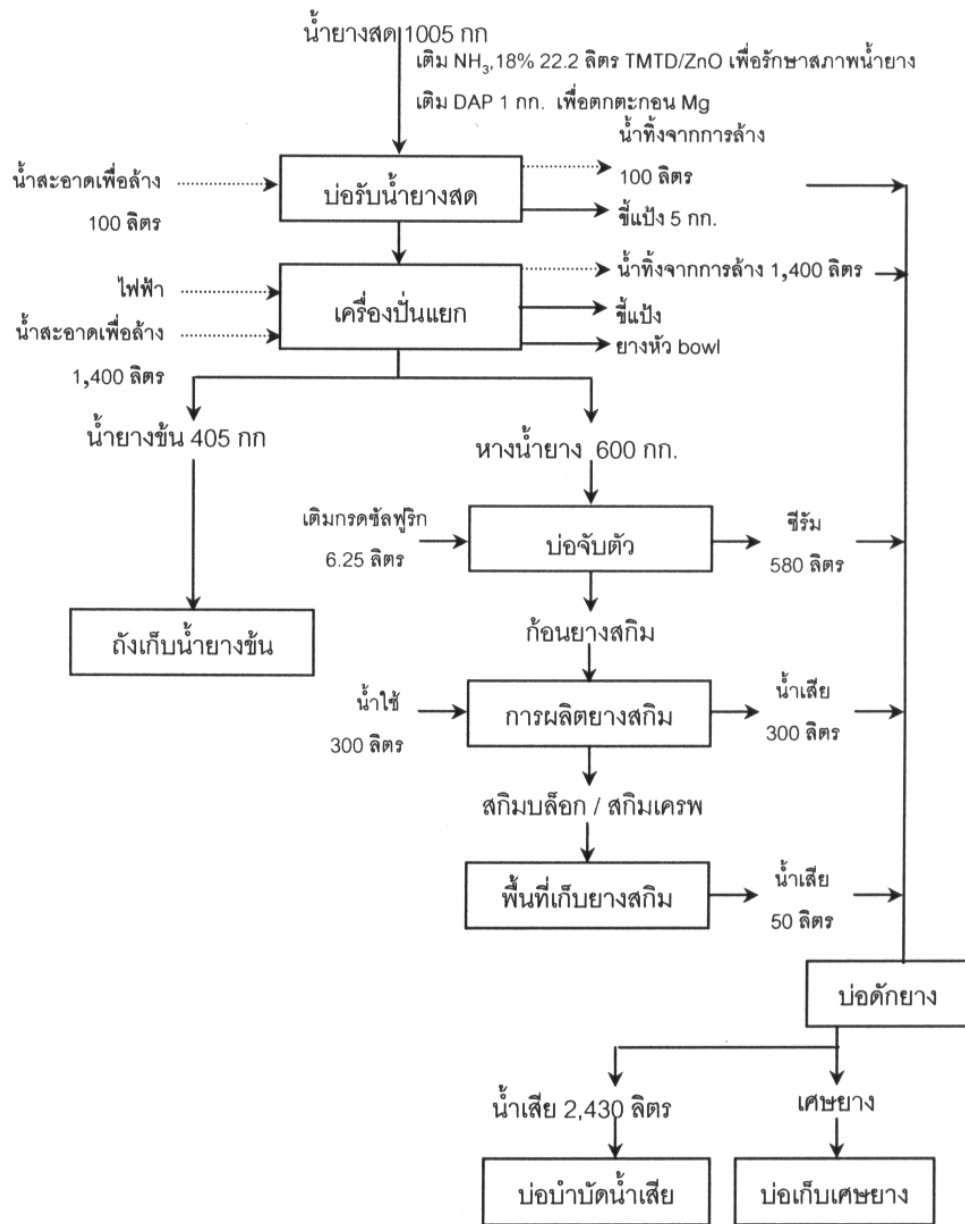
2.3.1 การผลิตน้ำยางข้น (สถาบันวิจัยยาง, 2542)

กระบวนการผลิตน้ำยางข้นได้จากการนำน้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วยสารละลายแอมโมเนียหรือสารละลายโซเดียมซัลไฟท์ แล้วนำมาปั่นแยกด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูง เพื่อแยกน้ำและสารอื่นๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำออกไปบางส่วน จะได้น้ำยางแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

1) น้ำยางข้น 60% (Concentrated latex) รักษาสภาพด้วย 0.7% สารละลายแอมโมเนียชนิดเข้มข้นหรือ 0.2% สารละลายแอมโมเนียชนิดเจือจางร่วมกับสารช่วยรักษาสภาพน้ำยาง

2) หางน้ำยาง (Skim latex) นำมาใส่ NH_3 แล้วเติม H_2SO_4 แล้วผ่านกระบวนการรีด เครพหรือตัดย่อย เพื่อผลิตเป็นสกิมเครพหรือสกิมบล็อด

การผลิตน้ำยางข้นโดยกระบวนการเซนตริฟิวจ์ เป็นวิธีการที่สำคัญที่สุดในการผลิตน้ำยางข้นจากน้ำยางสด เพราะสามารถผลิตได้ในปริมาณมากและผลิตอย่างต่อเนื่องโดยตลอด ประสิทธิภาพของกระบวนการนี้ ส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการออกแบบและการพัฒนาเครื่องปั่นแยก (Centrifuge) ปริมาณการใช้ทรัพยากร ซึ่งได้แก่น้ำยางสด สารเคมี น้ำ และพลังงาน ตลอดจนของเสียที่เกิดขึ้นในขั้นตอนต่างๆ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.5 (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)



รูปที่ 2.5 แสดงกระบวนการผลิตน้ำยางข้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)

ในการผลิตน้ำยางข้นชนิดต่างๆที่ได้จากกระบวนการปั่นแยก (Centrifuged latex) และกระบวนการครีมมิ่ง (Creaming process) ได้มีการกำหนดมาตรฐานน้ำยางข้นดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 สมบัติของน้ำยางข้นตามมาตรฐาน ASTM 2005 D1076 : Standard Specification for Rubber-Concentrated, Ammonia Preserved, Creamed and Centrifuged Natural Latex (ASTM D1076, 2004)

Properties	Type 1	Type 2	Type 3
Total solids, min,%	61.5	66.0	61.5
Dry rubber content (DRC), min,%	60.0	64.0	60.0
Total solids content minus dry rubber content, max,%	2.0	2.0	2.0
Total alkalinity calculated as ammonia, as % latex	0.60 min	0.55 min	0.29 max
Sludge content, max,%	0.10	0.10	0.10
Coagulum content, max,%	0.050	0.050	0.050
KOH number, max,%	0.80	0.80	0.80
Mechanical stability, s, min	650	650	650
Copper content, max,% of total solids	0.0008	0.0008	0.0008
Manganese content, max,% of total solids	0.0008	0.0008	0.0008
Color on visual inspection	No pronounced blue or grey		
Odor after neutralization with boric acid	No putrefactive odor		

Type 1 Centrifuged natural latex preserved with ammonia only or by formaldehyde followed by ammonia

Type 2 Creamed natural latex preserved with ammonia only or by formaldehyde followed by ammonia

Type 3 Centrifuged natural latex preserved with low ammonia with other necessary Preservative

2.3.2 การผลิตยางแผ่น (สถาบันวิจัยยาง, 2542)

การผลิตยางแผ่นทำได้โดยการนำน้ำยางสดมากรองแยกสิ่งสกปรกแล้วทำให้จับตัวด้วยกรดฟอร์มิคหรืออะซีติก จากนั้นนำมาทำการนวดและรีดด้วยจักรรีดยางจนยางมีแผ่นหนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร แล้วนำไปผึ่งไว้ในที่ร่มจะได้ยางแผ่นดิบ (Unsmoked sheet, USS) ซึ่งสามารถนำมาแปรรูปต่อได้ 2 ทางคือ

- 1) ทำยางแผ่นผึ่งแห้ง โดยการอบด้วยลมร้อน อุณหภูมิ 45-65°C ใช้เวลาประมาณ 3-5 วัน บรรจุหีบห่อ รอการจำหน่าย
- 2) ทำยางแผ่นรมควัน โดยการเข้าโรงรมควัน อุณหภูมิประมาณ 50-60°C ใช้เวลาประมาณ 4-10 วัน แล้วจัดชั้นด้วยสายตา บรรจุหีบห่อรอการจำหน่าย

2.3.3 การผลิตยางแท่ง (สถาบันวิจัยยาง, 2542)

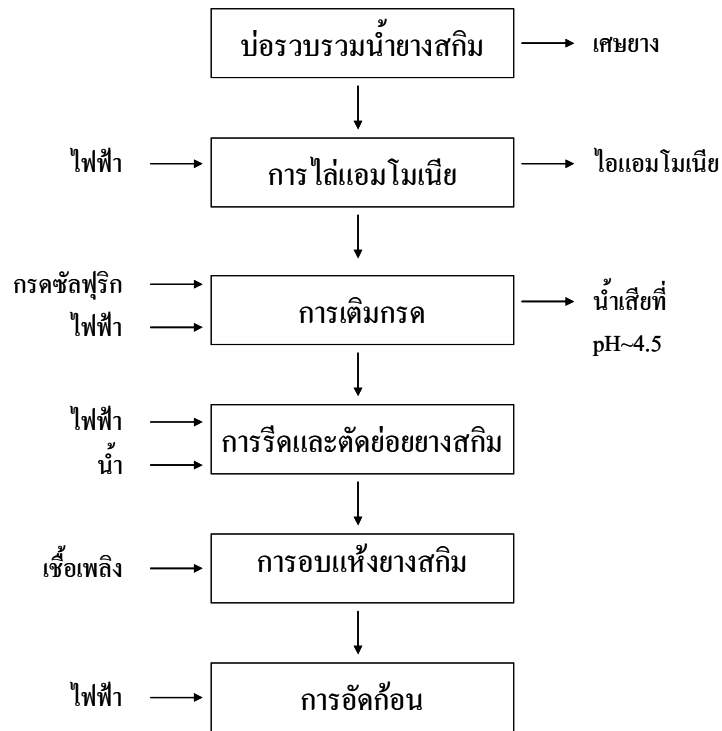
ไทยเริ่มผลิตยางแท่งเมื่อปี 2511 เพื่อปรับปรุงรูปแบบให้มีขนาดเหมาะสมกับการใช้ในภาคอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องมีการตรวจสอบคุณภาพทางวิทยาศาสตร์และจำแนกชั้นตามข้อกำหนดทำให้สินค้ามีมาตรฐานมากขึ้น

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตยางแท่งใช้ได้ทั้งน้ำยางสดที่ต้องทำให้จับตัวเป็นก้อนก่อนและยางแท่งที่จับตัวแล้ว เช่น ยางแผ่นดิบ เศษยางกันถ้วย โดยมีขั้นตอนการผลิตแตกต่างกัน คือ

- 1) การใช้น้ำยางสด ทำได้โดยการนำน้ำยางสดมาเทรวมในถังรวมยางแล้วทำให้ยางจับตัวแล้วตัดเป็นก้อน จึงผ่านเข้าเครื่องเครพ จากนั้นย่อยยางเป็นเม็ดเล็กๆ แล้วจึงอบยางให้แห้งและอัดเป็นแท่งขนาด 33.3 กิโลกรัม
- 2) การใช้ยางแท่งที่จับตัวแล้ว สำหรับยางแผ่นดิบสามารถนำมาตัดแล้วอบแล้วอัดเป็นแท่งได้เลย ส่วนเศษยางต้องมารวมในถังรวมยางแล้วตัด ทำความสะอาด แล้วบรรจุใส่ถังรวมอีกครั้งก่อนผ่านเข้าเครื่องเครพ ย่อยยางเป็นชิ้นเล็กๆ จึงอบให้แห้งแล้วอัดเป็นแท่งสี่เหลี่ยมขนาด 33.3 กิโลกรัม

2.3.4 การผลิตยางสกิม (สถาบันวิจัยยาง, 2540)

กระบวนการผลิตยางสกิมโดยทั่วไปจะใช้กรดแก่ เช่น กรดซัลฟิวริก ในการทำให้เนื้อยางในหางน้ำยางเกิดการจับรวมตัวกันเป็นก้อน ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 7 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แผนผังแสดงขั้นตอนการผลิตยางแท่งสกิม (วิรัช, 2550)

หางน้ำยางที่ได้จากการปั่นแยกจะถูกบีบผ่านท่อไปรวบรวมไว้ที่บ่อเดียวกัน ก่อนที่หางน้ำยางจะถูกสูบบี้ไปที่ยอดของหอไล่แอมโมเนีย ดังแสดงในรูปที่ 2.7 เพื่อทำการลดปริมาณแอมโมเนียในหางน้ำยาง โดยการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสกับอากาศให้กับหางน้ำยางพร้อมๆ กับการพรมน้ำจนเกิดการระเหยของไอแอมโมเนีย ปริมาณแอมโมเนียในหางน้ำยางจะถูกลดได้โดยวิธีนี้ประมาณ 0.1-0.15%



รูปที่ 2.7 แสดงหอไล่แอมโมเนีย

หางน้ำยางที่ผ่านการไล่แอมโมเนียจะถูกปล่อยลงบ่อจับตัวเพื่อผสมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น จนได้ความเป็นกรดของหางน้ำยางที่ pH~4.5 ปล่อยทิ้งไว้ให้ยางจับตัวและลอยแยกตัวออกจากน้ำซีรัมที่มีลักษณะเป็นของเหลวสีเหลืองใส เมื่อยางที่จับตัวแล้วรวมตัวกันแน่นขึ้นจะถูกตัดแบ่งเป็นก้อนเล็กๆ เพื่อให้สะดวกต่อการขนย้ายจากบ่อจับตัวไปยังเครื่องรีดเครพและเครื่องตัดย่อย โดยยางสกิมจะถูกแช่ในน้ำก่อนเพื่อล้างกรดที่ตกค้างก่อนที่จะถูกลำเลียงไปตามสายพานเข้าจักรรีดและจักรตัด ยางที่ถูกตัดย่อยเป็นเม็ดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร จะถูกป้อนขึ้นไปบนตะแกรงสั่น และลงสู่กระบะเพื่อเข้าสู่เตาอบ เพื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 110-120°C เป็นเวลา 4-5 ชั่วโมง อุณหภูมิที่ใช้ในการอบจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความชื้นในยาง สำหรับเตาอบที่ใช้จะอาศัยความร้อนจากน้ำมันเชื้อเพลิงหรือก๊าซที่เผาไหม้ในเตา มีพัดลมเป่าลมร้อนให้หมุนเวียนอยู่ในเตาอบ ส่วนความชื้นจะทำให้ระบายออกทางท่อระบาย หรือระเหยออกไป ดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แสดงขั้นตอนการเตรียมยางแท่งสกิม

ยางที่ผ่านการอบแห้งแล้วจะมีการตรวจสอบคุณภาพ โดยดูสี ความสะอาด และ ความสุขของยางจากนั้นจึงนำไปอัดเป็นแท่งด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกที่มีขนาดแรงอัดประมาณ 30-60 ตัน เป็นระยะเวลา 2-4 นาที ยางที่ถูกอัดเป็นแท่งแล้วจะถูกชั่งน้ำหนักให้ได้ 33.3 กิโลกรัม ก่อนนำไปบรรจุหีบห่อในถุงพลาสติก ซึ่งก่อนที่จะห่อยางจะต้องทำให้อุณหภูมิของยาง ต่ำกว่า 60°C เพื่อป้องกันการเกิดหยดน้ำภายในถุง ขนาดของยางหลังการอัดและการห่อ ประมาณ 67.5 x 33 x 19 เซนติเมตร จากนั้นจะทำการบรรจุตามความต้องการของลูกค้า ยางแท่งที่บรรจุแล้วจะนำไปเก็บในคลังสินค้าเพื่อรอจำหน่าย

นอกจากการใช้กรดซัลฟิวริกในการผลิตยางสกิมแล้ว ยางสกิมยังสามารถถูก เตรียมได้โดยการตั้งทิ้งหางน้ำยางที่ผ่านการไล่แอมโมเนียจนมีปริมาณแอมโมเนียต่ำกว่า 0.1% ไว้ให้จับตัวเอง ซึ่งจะทำได้ยางสกิมที่มีคุณภาพดีกว่ายางสกิมที่เตรียมโดยการใช้กรดแก่ในการทำให้ยางจับรวมตัวกันเป็นก้อน แต่วิธีการนี้จะต้องใช้เวลาานาน ซึ่งไม่สามารถกระทำได้จริง ในระดับอุตสาหกรรมการผลิตน้ำยางชั้นที่มีปริมาณหางน้ำยางมากกว่า 200 ตัน ต่อวัน

2.4 ยางสกิม

2.4.1 ส่วนประกอบของหางน้ำยาง

โดยทั่วไปเมื่อทำการเซนตริฟิวจ์น้ำยางสดจะได้น้ำยางชั้นที่มีเนื้อยางแห้ง ประมาณ 60% ในขณะที่หางน้ำยางจะประกอบด้วยเนื้อยางแห้งเพียง 4-8% เท่านั้น เมื่อนำหาง น้ำยางมาทำเป็นแผ่นยางสกิมจะประกอบด้วย (Bloomfield, 1961)

Rubber Hydrocarbon	70 - 85%
Acetone-solution fatty materials	5 - 10%
Protein	10 - 20%

นอกจากนี้ยางสกิมยังมีส่วนประกอบที่คล้ายกับน้ำยางธรรมชาติมาก ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงสมบัติของยางแท่งสกินเปรียบเทียบกับยางแท่ง STR 5L*

Properties	Skim rubber	STR 5L
Moony viscosity, [ML(1+4), 100°C]	41 ± 2	80 ± 1
P ₀	17 ± 5	51 ± 1
PRI	28 ± 3	83 ± 1
Ash content (%wt.)	0.6 ± 0.1	0.3 ± 0.1
Nitrogen content (%wt.)	1.7 ± 0.2	0.5 ± 0.1

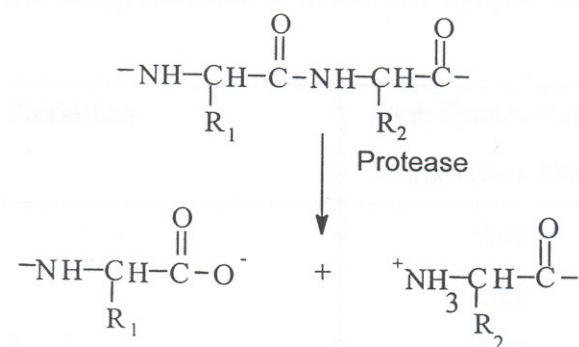
หมายเหตุ: *ทำการสุ่มทดสอบตัวอย่างที่ได้จากโรงงานต่างๆ 5 แห่ง ในเขตพื้นที่จังหวัดสงขลา

2.4.2 การปรับปรุงคุณภาพของยางสกิน

2.4.2.1 วิธีของดันลอป (The Dunlop Process)

กระบวนการนี้จะใช้เอนไซม์เป็นตัวย่อยสลาย โดยเอนไซม์ที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือ เอนไซม์ทริปซิน (Trypsin enzyme) ซึ่งเอนไซม์ทริปซินจะทำการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) สารพวกโปรตีนและเปปไทด์ (Peptides) ที่อยู่ในยางให้เกิดการเปลี่ยนรูปไปเป็นสารประกอบที่สามารถเข้ากันได้กับน้ำ หรือละลายน้ำได้ ทำใหยางสกินที่ได้มีปริมาณไนโตรเจนที่ต่ำลง ส่งผลยางสกินที่ได้มีความบริสุทธิ์มากขึ้น กระบวนการดันลอปมีขั้นตอนของการปฏิบัติค่อนข้างง่าย และกระบวนการนี้ได้มีการใช้ในเชิงพาณิชย์มาหลายปี กระบวนการนี้มีขั้นตอนการผลิต ดังนี้

- 1) ทำการสลายโปรตีนด้วยเอนไซม์ทริปซิน โดยเติมในอัตราส่วน 0.2% โดยน้ำหนักยางแห้ง
- 2) กวนให้เข้ากัน 15 นาที ปล่อยให้ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง และใส่แอมโมเนีย
- 3) เติมสารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.05% โดยน้ำหนักยางแห้ง
- 4) นำก้อนยางมาผ่านเครื่องรีดเครฟหลายๆครั้ง ฝั่งให้แห้ง จะได้อย่างสกินเครฟสีจาง (Morris, 1984)



รูปที่ 2.9 ปฏิกิริยาการย่อยสลายโปรตีนของเอนไซม์ (Morris, 1984)

จากกระบวนการผลิตยางสกิมโดยวิธีด้นลอป จะเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายที่เพิ่มเติมขึ้นไปจากกระบวนการทำยางสกิมแบบปกติก็คือ ค่าใช้จ่ายของตัวเอนไซม์ทริปซิน นอกเหนือจากนั้นกระบวนการผลิตเกือบจะเหมือนกับกระบวนการทำยางสกิมแบบปกติ (กฤษฎณา, 2532)

ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบสมบัติของยางสกิมเมื่อใช้เทคนิคของด้นลอปกับยางแท่ง STR 20 (กฤษฎณา, 2532)

Properties	Skim rubber	STR 20
Dirt content (%wt.)	0.05-0.10	0.20
Ash content (%wt.)	1.0	0.8
Nitrogen content (%wt.)	1.0-4.0	0.35-0.5
Initial Plasticity (P ₀)	35-45	35-45
Plasticity Retention Index (PRI)	Less than 40	40
Volatile Matter (%wt.)	1.40	0.8

2.4.2.2 วิธีของไฟร์สโตน (The Firestone Process)

กระบวนการผลิตยางสกิมแบบไฟร์สโตน จะมีเทคนิคที่แตกต่างไปจากกระบวนการที่ใช้เอนไซม์ในการย่อยสลายโปรตีน โดยกระบวนการนี้เป็นการปรับปรุงคุณภาพของยางสกิมโดยการนำยางสกิมที่จับตัวแล้วมาแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์หรือแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งวิธีนี้สามารถลดปริมาณไนโตรเจนและปริมาณอะซีโตนในยางสกิมได้ดี แต่ค่า PRI ของยางสกิมจะต่ำ กระบวนการผลิตยางสกิมโดยวิธีของไฟร์สโตน (Firestone Process) มีวิธีการผลิต ดังนี้

- 1) เติมสารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.04% โดยน้ำหนักยางแห้ง ลงในยางก่อนจะทำให้ยางจับตัว
 - 2) เมื่อหางน้ำยางจับตัวแล้วนำไปย่อยให้เป็นก้อนเล็กๆเหมือนวิธีการผลิตยางแห้ง
 - 3) นำก้อนยางที่ย่อยแล้วไปแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3% โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อลดปริมาณไนโตรเจนในยางสกิน
 - 4) นำก้อนยางขึ้นล้างด้วยน้ำสะอาด 5 ครั้งๆ ละ 40 นาที นำไปจุ่มแช่ในกรดกำมะถัน 0.15% เป็นเวลา 40 นาที แล้วล้างด้วยน้ำสะอาดอีก 1 ครั้ง เพื่อกำจัดโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหลือ
 - 5) นำก้อนยางที่ได้มาแช่ในสารละลายผสมระหว่างไทโอยูเรีย 1% โดยน้ำหนัก และกรดออกซาลิก 1% โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 5 นาที
 - 6) แล้วจึงนำไปทำให้แห้ง (Firestone Type and Rubber Company, 1955)
- ในการปรับปรุงคุณภาพยางสกินเป็นการพยายามที่จะปรับปรุงยางสกินให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับเกรดมาตรฐาน Ong.C.O. ได้น้ำยางสกินที่ได้ปรับปรุงคุณภาพโดยการสกัดไนโตรเจนด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มาเปรียบเทียบกับสมบัติของยางมาตรฐาน STR 5L ดังตารางที่ 2.6 (Ong, 1974)

ตารางที่ 2.6 เปรียบเทียบสมบัติยางดิบของยางสกินคุณภาพดีกับยาง STR 5L (Ong, 1974)

Properties	Skim rubber	STR 5L
Dirt content (%wt.)	0.02	0.01
Ash content (%wt.)	0.22	0.20
Nitrogen content (%wt.)	0.29	0.41
Volatile Matter (%wt.)	0.36	0.31
Mooney viscosity [ML(1+4), 100 °C]	74.0	67.0
Initial Plasticity (P ₀)	47.5	48.5
Plasticity Retention Index (PRI)	76.0	95.0
Accelerated Storage-Hardening (ΔP)	3.00	23.0
Color (Lovibond units)	5.00	3.50
Acetone-Extraction (%wt.)	6.40	3.40

2.5 กระบวนการครีมมิ่ง

ธรรมชาติของการเกิดครีมของน้ำยางธรรมชาติหรือน้ำยางอื่นๆ เป็นที่รู้จักกันมานานแล้วย้อนไปถึงราวปี 1825 Faraday ได้อธิบายถึงการเกิดครีมของ *Castilloa latex* และมีรายงานบันทึกถึงการเกิดครีมของน้ำยางธรรมชาติที่เกิดขึ้นในระหว่างการขนส่งทางเรือรวมทั้งการเกิดเป็นก้อนเม็ดน้ำยางขนาดเล็กๆ และมีการบันทึกของสารบางชนิด เช่น Irish moss ซึ่งมีประสิทธิภาพในการเร่งการเกิดครีมของน้ำนมและได้ประยุกต์ใช้กับน้ำยางโดย Stevens ในราวปี 1900 ต่อมาได้จดสิทธิบัตรโดย Traube ในราวปี 1923 ตั้งแต่นั้นเป็นต้นมาได้มีการวิจัยพัฒนาถึงชนิดของสารที่ช่วยในการทำให้เกิดครีม (creaming agent) รวมทั้งเทคนิควิธีการในกระบวนการทำให้เกิดครีม (Royce, 1953)

2.5.1 ทฤษฎีของการเกิดครีม (Theory of creaming)

อนุภาคจะมีการกระจายตัวอยู่ในตัวกลางที่เป็นของเหลว และมีการเคลื่อนที่ตามแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravitational force) ซึ่งมีแนวโน้มการเคลื่อนที่สัมพันธ์กับชั้นซีรัมคือ ถ้าความหนาแน่นของอนุภาค (ρ) ต่างจากความหนาแน่นของชั้นซีรัม (σ) โดยถ้า ρ น้อยกว่า σ ก็จะเป็นแบบที่เกิดขึ้นในน้ำยางธรรมชาติ คือ อนุภาคก็จะลอยไปอยู่ที่ผิวของชั้นซีรัมและรวมกันเป็นชั้นครีม กระบวนการนี้เรียกว่า creaming ถ้า ρ มากกว่า σ อนุภาคก็จะตกไปอยู่ในชั้นซีรัม กระบวนการนี้เรียกว่า sedimentation

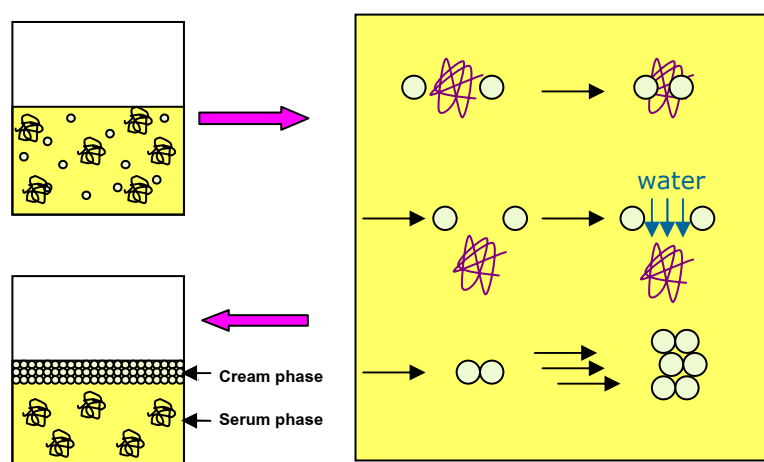
กระบวนการ creaming และกระบวนการ sedimentation ถูกต้านโดยการเคลื่อนที่แบบลอยตัวด้วยความร้อน ทำให้อนุภาคด้านบนมีการชนกันแบบสุ่มกับโมเลกุลของซีรัม ผลของการชนกันทำให้เกิดการเคลื่อนที่แบบ Brownian ของอนุภาคที่กระจายอยู่ในที่สุดก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงสมดุลของความเข้มข้นของอนุภาคกับความสูงซึ่งถูกสร้างขึ้นระหว่างการต้านการแยกชั้นและการกระจายตัว การเปลี่ยนแปลงสมดุลของความเข้มข้นของอนุภาคกับความสูงในกระบวนการ creaming ขึ้นอยู่กับอัตราการเกิด creaming ความเร็วเฉลี่ยที่อนุภาคเคลื่อนที่จากชั้นซีรัมไปยังชั้นบน สมดุลระหว่างแรงโน้มถ่วงของโลก (gravitational force) ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่แบบเร่งความเร็ว และแรงของความหนืดเฉื่อย (viscous drag) ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่แบบช้าลง เมื่อ X คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาคทรงกลม $\pi X^3(\rho-\sigma)g/6$ คือ แรงโน้มถ่วงของโลก $3\pi\eta X(dh/dt)$ คือ จำนวนแรงของความหนืดเฉื่อย (viscous drag) ซึ่งเป็นค่าประมาณ η คือ ความหนืดของชั้นซีรัม และ (dh/dt) คือ ความเร็วของอนุภาคที่เคลื่อนที่จากชั้นซีรัมขึ้นสู่ชั้นบน ดังนั้นจะแสดงค่า (dh/dt) ได้ดังในสมการ

$$\frac{\pi X^3(\rho-\sigma)g}{6} = - \frac{3\pi\eta X dh}{dt} \quad (1)$$

$$\frac{dh}{dt} = - \frac{(\rho - \sigma)g}{18\eta} X^2 \quad (2)$$

จากสมการที่ (2) จะเห็นว่า อัตราเร็วของการเกิด creaming จะขึ้นกับปัจจัยหลายประการ เช่น อัตราเร็วของการเกิด creaming จะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกำลังสองของเส้นผ่านศูนย์กลางอนุภาคหรือเป็นสัดส่วนโดยตรงกับส่วนกลับของความหนืดของชั้นซีรัม นอกจากนี้ยังเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความแตกต่างของความหนาแน่นระหว่างอนุภาคกับชั้นซีรัม ซึ่งจะบ่งบอกถึงทิศทางของการเกิด creaming ด้วยว่าจะเป็นบวกหรือลบขึ้นอยู่กับ ρ มากกว่าหรือน้อยกว่า σ ดังนั้นการเกิด creaming ที่รวดเร็วจะถูกสนับสนุนโดยอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ ซีรัมที่มีความหนืดต่ำและมีความแตกต่างของความหนาแน่นระหว่างอนุภาคกับซีรัมที่ค่อนข้างสูง โดยระยะเวลาการ creaming ขึ้นอยู่กับการกระจายตัวของขนาดอนุภาคในชั้นครีม และชั้นซีรัม ซึ่งมีกลไกการครีมมิ่งดังแสดงในรูปที่ 2.10

จากสมการดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ถ้าจะให้ขนาดอนุภาคของเม็ดยางแยกออกจากซีรัมได้อย่างรวดเร็ว ก็ควรเพิ่มขนาดของเม็ดยางซึ่งในวิธีการทำ creaming นี้ทำโดยใส่สารที่เรียกว่า creaming agent ลงไปในน้ำยาง สารดังกล่าวนี้จะรวมอนุภาคของเม็ดยางอย่างหลวมๆ ทำให้ค่า X เพิ่มขึ้นทำให้อัตราการแยกอนุภาคออกจากกันเร็วขึ้น (Blackley, 1997)



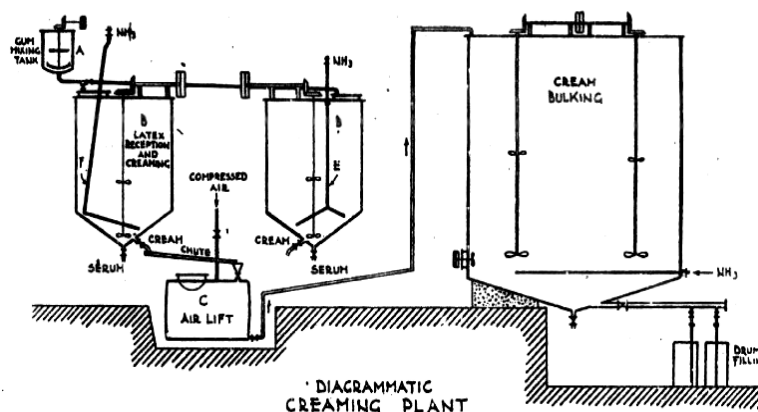
รูปที่ 2.10 กลไกการครีมมิ่ง

สารครีมมิ่งดังกล่าว ได้แก่ Sodium aginate, Ammonium aginate, Tragon seed gum, Locust bean gum, Pectin และ Gum tragacarth เป็นต้น สารเหล่านี้มีสมบัติคล้ายกันคือ เป็นคอลลอยด์ที่ชอบน้ำและเมื่อใส่ลงในน้ำ สารเหล่านี้จะดูดน้ำพองตัวออกมา

เมื่อละลายน้ำในความเข้มข้น 1-15% จะให้ความหนืดของสารละลายที่สูงมาก แต่เนื่องจากสารครีมมิ่งนี้มาจากธรรมชาติทั้งสิ้น ดังนั้นในบางครั้งสารครีมมิ่งเหล่านี้จึงมีสมบัติไม่ค่อยแน่นอน

อุปกรณ์ที่สำคัญของการทำน้ำยางข้นโดยวิธีการครีมมิ่งนี้ คือ ถังตั้งตรงที่มีขนาดเหมาะสมอาจจะมีหนึ่งถังหรือมากกว่านั้นตามปริมาณน้ำยางที่ต้องการจะผลิตตั้งรูปที่ 2.11 ส่วนสูงของถังควรจะมีสูงกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของถัง เพื่อให้ทำให้การแยกทำได้ดีขึ้น นอกจากนี้กันถังควรจะทำเป็นรูปกรวยเพื่อทำให้การไขชั้นน้ำที่อยู่ใต้สุดให้ออกไปได้ง่าย ด้านข้างถังควรมีประตูน้ำเพื่อไขน้ำยางมาตรวจสอบสภาวะของการแยกชั้นของน้ำยาง อุปกรณ์ที่ใช้ในการกวนน้ำยางขณะที่ใส่สารครีมมิ่งก็ควรมีอยู่ในถังด้วย

ในการทำน้ำยางครีมนี้ ในขั้นตอนแรกของการแยกของน้ำยางจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว คือ ภายหลังจากที่ได้เติมสารครีมมิ่งลงไปแล้ว จะเกิดการแยกตัวอย่างรวดเร็วของอนุภาคยางในเวลา 24-40 ชั่วโมง เช่น ในเวลา 18 ชั่วโมงแรก จะให้ความเข้มข้นของเนื้อยางสูงถึง 55% แต่ถ้าจะให้เนื้อยางสูงถึงขั้น 60% จะต้องตั้งน้ำยางต่อไปอีก 4-5 วัน เป็นต้น เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการทำครีมมิ่งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของสารครีมมิ่ง เช่น บางครั้งอาจจะใช้เวลา 1 อาทิตย์หรือมากกว่านั้น ก่อนที่จะไขซีรัมออกไปจากน้ำยางได้ (บุญธรรม และคณะ, 2531)



รูปที่ 2.11 ตัวอย่างของถังน้ำยางในโรงงานทำน้ำยางครีมมิ่ง (บุญธรรม และคณะ, 2531)

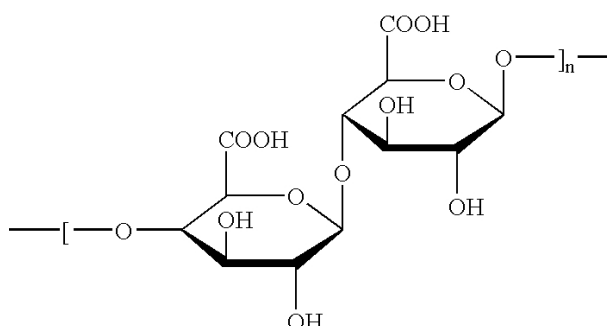
ปัจจัยที่มีต่อการแยกยางโดยการทำครีม (บุญธรรม และคณะ, 2531) คือ

- 1) อายุของน้ำยาง ถ้าเป็นน้ำยางที่เก็บไว้แล้ว 2-3 วัน แล้วใส่สารครีมมิ่ง จะเกิดการแยกชั้นได้เร็วกว่าน้ำยางสดที่กรี๊ดใหม่
- 2) อุณหภูมิ อุณหภูมิของน้ำยางสูงขึ้น จะทำให้การแยกยางเป็นไปอย่างรวดเร็วขึ้น
- 3) ความเป็นกรด-ด่าง พบว่าการแยกยางจะเร็วที่สุดเมื่อค่า pH ของน้ำยางอยู่ในช่วง 10.8-11.8
- 4) การกวน การกวนสารครีมมิ่งที่นานพอให้ผสมกันทั่วถึง ทำให้การแยกชั้นเป็นไปอย่างรวดเร็วขึ้น

2.5.2 ชนิดของสารก่อครีม

2.5.2.1 ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (Hydroxyl Propyl Methyl Cellulose, HPMC)

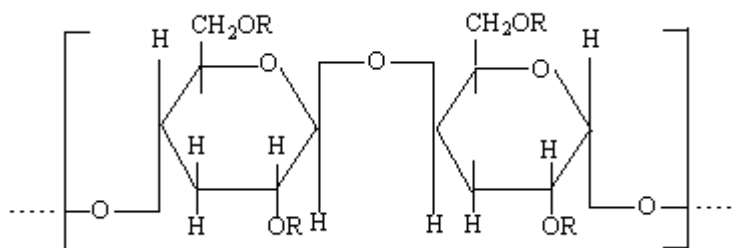
เป็น nonionic cellulose ethers มีลักษณะเป็นผงสีขาว ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส อุณหภูมิที่เหมาะสมในการย่อยสลายคือ 190-220°C สามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ และน้ำเพื่อเปลี่ยนสภาพเป็นคอลลอยด์ แต่ไม่สามารถละลายได้ในน้ำร้อน เป็นสารที่สามารถทำปฏิกิริยาได้ดีที่บริเวณผิวหน้าและมีความโปร่งใสสูง สามารถใช้เป็น suspending agent, thickening agent, emulsifier, stabilizator, gellant และ dispersing agent เป็นต้น มีโครงสร้างดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 โครงสร้างไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส

2.5.2.2 คาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส (Carboxyl Methyl Cellulose, CMC)

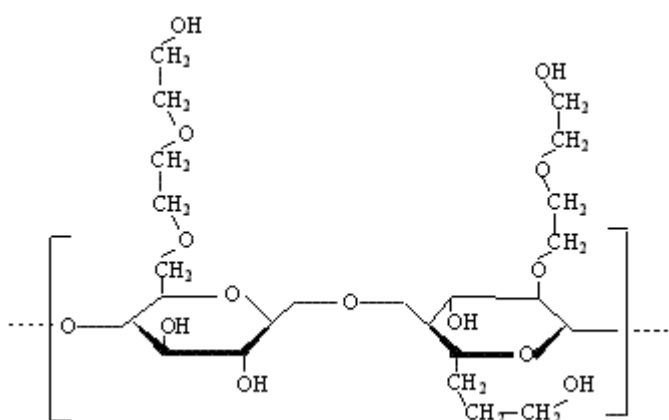
มีลักษณะเป็นผงสีขาวหรือสีเหลือง เป็นพอลิเมอร์นำไฟฟ้า สามารถดูดความชื้น มีกลิ่นน้อย ไม่เป็นพิษ ละลายน้ำได้โดยสารละลายอยู่ในรูป colloid ที่มีความหนืดสูง และเก็บไว้ได้เป็นเวลานาน แต่ไม่ละลายในกรด เมทิลแอลกอฮอล์ เอทานอล เบนซีน คลอโรฟอร์ม และตัวทำละลาย organic ต่างๆ ใช้กันอย่างกว้างขวางในสิ่งทอ เซรามิกส์ ผงซักฟอก สารเคลือบ และสารเคมีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน สามารถใช้เป็น suspending agent, thickener, emulsifying agent, stabilizator และ dispersing agent เป็นต้น มีโครงสร้างดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 โครงสร้างคาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส

2.5.2.3 ไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส (Hydroxyl Ethyl Cellulose, HEC)

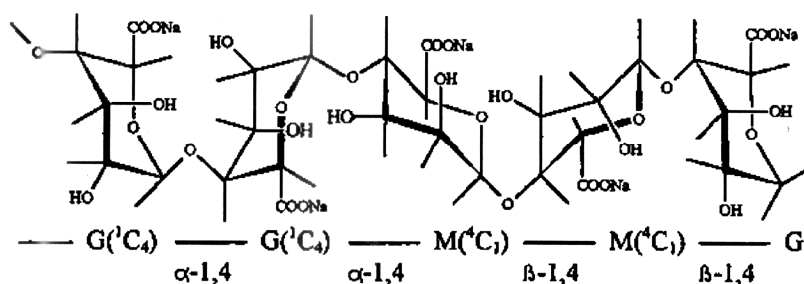
เป็น nonionic cellulose มีลักษณะเป็นผงสีขาวหรือครีม สามารถละลายได้ทั้งในน้ำเย็นและน้ำร้อน สามารถตกตะกอนเมื่ออยู่ในน้ำร้อนมากหรือน้ำเดือด ใช้ร่วมกับพอลิเมอร์ละลายน้ำได้ มีความสามารถในการดูดน้ำ และมีความหนืดคงที่ ใช้กันอย่างกว้างขวางในเครื่องสำอางค์, สารทำความสะอาด กระจก โลชั่น และผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในบ้าน เป็นต้น สามารถใช้เป็น stabilizing agent, thickener, eye clear agent, suspending agent, adhesive agent, emulsification agent, coating agent และ protective agent เป็นต้น มีโครงสร้างดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 โครงสร้างไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส

2.5.2.4 โซเดียมอัลจิเนต (Sodium Alginate, Na-g)

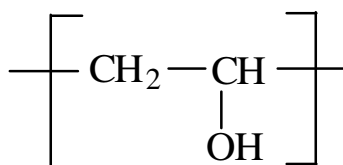
มีลักษณะเป็นผงสีขาวหรือสีเหลือง น้ำหนักโมเลกุล 10000-600000 กรัม/โมล เป็นเกลือของ alginic acid สามารถละลายน้ำได้มีหลายเกรดตามความหนืด ใช้กันอย่างกว้างขวางในกาว, แป้งเปียก และสีที่ใช้ในการพิมพ์ เป็นต้น โดยมีโครงสร้างดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 โครงสร้างโซเดียมอัลจิเนต

2.5.2.5 พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl alcohol, PVA)

มีลักษณะเป็นผงสีขาวหรือครีม ผลิตจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ในภาวะกรดหรือเบส มีองศาการพอลิเมอไรเซชัน (Degree of Polymerization) 600 น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยเท่ากับ 27000 กรัม/โมล องศาการไฮโดรไลซิส (Degree of hydrolysis) เท่ากับ 98.0-98.8 mol% และมีเอสเทอร์น้ำมันเบอร์ 15-25 มีหลายเกรดตามความหนืดซึ่งขึ้นอยู่กับดีกรีของพอลิเมอไรเซชันและ %ของแอลกอฮอล์ไฮดรอลิซิส ละลายน้ำได้มากขึ้นเมื่อน้ำหนักโมเลกุลลดลง ใช้กันอย่างกว้างขวางในเครื่องสำอางค์, เซรามิก, หนังสัตรี, ผ้า และกระดาษ เป็นต้น มีโครงสร้างดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 โครงสร้างพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

2.5.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดครีม (Royce, 1953)

- 1) ปริมาณของ creaming agent ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามชนิดของสาร โดยจะมีปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการเกิดครีมในน้ำยางอยู่ค่าหนึ่ง ถ้าใช้น้อยกว่าค่านี้จะทำให้ %DRC ที่ได้ในน้ำยางชั้นมีค่าต่ำ
- 2) อายุของน้ำยาง ถ้าน้ำยางมีอายุ 2-3 วัน (หลังจากเก็บรักษาด้วยแอมโมเนีย) จะเกิดการครีมได้ดีกว่าในน้ำยางสด
- 3) อุณหภูมิ ถ้าเพิ่มอุณหภูมิ อัตราการเกิดครีมและค่า %DRC จะสูงขึ้น ยกเว้นการใช้ creaming agent ซึ่งเหมาะสมสำหรับที่อุณหภูมิต่ำกว่า เช่น Methyl cellulose
- 4) ความเป็นด่างของน้ำยาง (pH) ค่าที่เหมาะสมควรอยู่ที่ pH 10.8-11.8
- 5) การกวน ซึ่งจะผสมสารละลาย creaming agent กับน้ำยางเข้าด้วยกัน
- 6) ตัวช่วยเร่งการเกิดครีม (Secondary Creaming Agent) ซึ่งจะใส่สบู่เป็นตัวช่วยหรือเป็นตัวเร่งสำหรับ creaming agent ควรใส่อยู่ในช่วง 0.3-0.5% สบู่ (น้ำหนักแห้ง) ของน้ำหนักน้ำยางเริ่มต้น สบู่ควรเติมอยู่ในรูปสารละลายเข้มข้น 10% เติมหลังจากใส่ creaming agent
- 7) Clarification of Creaming Agents เพื่อป้องกันสิ่งสกปรกซึ่งเป็นอนุภาคที่ไม่ละลายน้ำ

8) ความหนืดของน้ำยาง ความสัมพันธ์ที่ผกผันระหว่างความหนืดของน้ำยางตอนเริ่มต้นและน้ำยางชั้นที่เกิด ซึ่งอธิบายโดย Van Dalfsen เขาพบว่าน้ำยางที่มีความหนืดสูงจะไม่เหมาะในการทำน้ำยางชั้นโดยการ creaming ซึ่งสามารถใช้สบู่ในการลดความหนืดและปรับปรุงความสามารถในการเกิด creaming

2.6 การตรวจสอบเอกสาร

US Rubber Co.,Ltd. (1945) การแยกยางออกจากซีรัมหรือหางน้ำยางเป็นผลจากการครีมหรือการเซนตริฟิวจ์จากน้ำยางโดยการจับตัวกับกรดมีการใช้ polyamine เข้าร่วม ซึ่งมีกลุ่มอะมิโนขนาดเล็กที่สุด 3 กลุ่ม มีการเติม stabilizer ซึ่งจะมีการบรรยายถึงลักษณะเฉพาะจากแหล่งกำเนิด การจัดการกับการจับตัวจะมีผลที่ค่า pH สูง และยางที่ไม่มีโปรตีนมากกว่าการจับตัวที่ใช้กรดเพียงอย่างเดียว polyamine อาจจะเป็น diethylene triamine, triethylene tetramine tetraethylene pentamine หรือของผสมที่ได้จากการเกิดปฏิกิริยาของ alkylene dihalides กับแอมโมเนีย หรือ polyamine ที่เกิดจากกระบวนการ polymerization ดังนั้นจะได้ผลิตภัณฑ์ของ aldehydeamine

Dunlop Rubber Co.,Ltd. (1954) การปรับปรุงคุณภาพของยางที่ได้จากหางน้ำยางโดยใช้การย่อยหางน้ำยางร่วมกับเอนไซม์แตกตัวโปรตีนให้เป็นสารประกอบที่ซับซ้อนน้อยลงจนถึงการสลายตัวของส่วนประกอบโปรตีน การเปลี่ยนเป็นกรด และการนำกลับมาใช้ใหม่ ผลก็คือ ยางเป็นก้อนหนาหนืด เอนไซม์จะเป็น trysin หรือ papein ในปริมาณ 0.01 ถึง 0.025% โดยน้ำหนัก ของหางน้ำยาง กระบวนการย่อยมีผลมากกว่าที่อุณหภูมิ 25-40°C และการใช้ 0.05% ของแอมโมเนีย หรือโซเดียมพอลิคลอโรไฟเนทและแอมโมเนียที่มากเกินไปเข้ารวม เมื่อเติมกรดฟอร์มิกลงไปทำให้น้ำยางจับตัวได้

Morris (1954) ได้เสนอรายงานเกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพของยางสกินโดยใช้เอนไซม์ย่อยสลายโปรตีน ได้รายงานไว้ว่า บางครั้งหางน้ำยางไม่สามารถจับตัวได้โดยการใช้กรด ยางดังกล่าวจะต้องรวบรวมโดยการกรอง นอกจากนั้น มอร์ริสยังพบว่าโปรติโอไลติกเอนไซม์ (Proteolytic Enzymes) สามารถย่อยสลายโปรตีนในหางน้ำยางได้ การเติมแคลเซียมออกไซด์ในน้ำยางปริมาณ 0.02 โมลาร์ จะทำให้ประสิทธิภาพของเอนไซม์เพิ่มขึ้นอย่างมาก นอกจากนั้นยังได้ศึกษาปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการย่อยสลายโปรตีนของเอนไซม์ เช่น อุณหภูมิ ความเข้มข้น ชนิดเอนไซม์ และ pH เป็นต้น

Resing (1960) เสนอผลการทดลองโดยการนำยางสกินที่จับตัวโดยวิธีต่างๆกัน ตั้งแต่การปล่อยให้จับตัวตามธรรมชาติ การใช้กรดฟอร์มิก การใช้กรดซัลฟิวริก การใช้แคลเซียมคลอไรด์ และการใช้สารส้ม ผลที่ได้พบว่า ยางสกินที่ปล่อยให้จับตัวตามธรรมชาติมีสมบัติต้าน

การ scorch ความต้านทานต่อแรงดึง และความอ่อนนุ่มจากเครื่อง Goodrich flexometer ดีกว่ายางสีกิมที่จับตัวด้วยวิธีอื่นๆ และยางสีกิมที่จับตัวด้วยแคลเซียมคลอไรด์จะให้สมบัติที่แย่ที่สุด แต่วิธีการปล่อยให้แห้งน้ำยางจับตัวด้วยวิธีตามธรรมชาติจะใช้ระยะเวลา 4-6 วัน กว่ายางจะจับตัวอย่างสมบูรณ์ จะต้องใช้ปริมาณที่มาก นอกจากนี้ยางสีกิมที่ได้จะมีกลิ่นด้วย

Smith (1969) พบว่าหาน้ำยางที่ใส่แอมโมเนียออกจนมีความเข้มข้นน้อยกว่า 0.1% จะค่อยๆจับตัวเป็นก้อนเมื่อตั้งทิ้งไว้ แต่มีข้อเสียคือ ในการจับตัวนี้ต้องใช้เวลานานประมาณ 4-5 วัน และมีกลิ่นเหม็น

John and Weng (1970) พบว่าวิธีการจับตัวหาน้ำยางโดยใช้ Dioctyl sodium Sulphosuccinate (Aerosol GPG) ปริมาณ 0.1% ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ 1.0% ในหาน้ำยาง พบว่าสามารถทำให้น้ำยางที่ใส่แอมโมเนียออกเหลือ 0.1% จับตัวได้ภายใน 48 ชั่วโมง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการปล่อยให้แห้งน้ำยางจับตัวตามธรรมชาติแล้วนับว่าเป็นการลดเวลาการจับตัว และยังให้ค่า PRI ของยางสูงกว่าปริมาณไนโตรเจนต่ำกว่า แต่จะมีปริมาณเถ้าที่สูงกว่า

อริจิตา (2533) พบว่าผลการศึกษาสมบัติยางสีกิมที่ลดโปรตีน โดยยางสีกิมที่สกัดไนโตรเจนด้วยวิธีไฟรส์โตนจะให้คุณสมบัติที่ดีกว่ายางสีกิมที่สกัดไนโตรเจนด้วยวิธีด้นลอป และยางสีกิมที่ได้จากการสกัดไนโตรเจนด้วยวิธีไฟรส์โตนยังมีสมบัติใกล้เคียงกับยางธรรมชาติชนิดอื่นด้วย ให้ความเข้มข้นผ่านมาตรฐาน แล้วยังให้ค่า Scorch time และ Cure time ที่ยาวกว่ายาง STR 5L ด้วย

เสาวนิต (2537) พบว่าเมื่อพักหาน้ำยางทิ้งไว้เป็นระยะเวลาประมาณ 7 วัน ทำให้น้ำยางนั้นไม่สามารถจับตัวด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 10% โดยน้ำหนัก หาน้ำยางนั้นสามารถนำมาทำให้ออกตัวได้อีกครั้ง โดยการเติมสารละลายโคเอตในปริมาณตั้งแต่ 0.1% ถึง 0.5% แล้วเติมกรดที่เหลือ ปริมาณของสารละลายโคเอตที่ใช้ขึ้นกับระยะเวลาที่เก็บหาน้ำยางนั้นๆ

นวรรตน์ (2538) พบว่าหาน้ำยางจากบริษัทปัดตานีอุตสาหกรรม (1971) จำกัด บริษัทถาวรอุตสาหกรรมยางพารา จำกัด และบริษัทตั้งบ้านเขียน (ระยอง) จำกัด ไม่สามารถจับตัวด้วยกรดเมื่อตั้งทิ้งไว้ประมาณ 2 ถึง 3 วัน ส่วนหาน้ำยางจากบริษัทอุตสาหกรรมน้ำยางยะลา จำกัด บริษัทหะลาละเท็กซ์ จำกัด และบริษัทจะนะน้ำยางชั้น จำกัด จะไม่สามารถจับตัวด้วยกรดเมื่อตั้งทิ้งไว้ประมาณ 20 ถึง 30 วัน หาน้ำยางจากโรงงานต่างๆจะมีคุณสมบัติความเป็นด่าง (Alkalinity) พีเอช (pH) ปริมาณเนื้อยางแห้ง (%DRC) ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%TSC) โดยเฉลี่ยใกล้เคียงกัน แต่หาน้ำยางจากโรงงานถาวรอุตสาหกรรมยางพารา โรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางยะลา และโรงงานตั้งบ้านเขียน (ระยอง) จะมีค่าปริมาณกรดที่ระเหยได้ (VFA) สูงกว่าโรงงานอื่นๆ การผสมน้ำยางสด และน้ำยางชั้น ลงในหาน้ำยางที่ไม่จับตัว จะสามารถจับตัวได้ดีที่สุดเมื่อมีปริมาณยางสีกิมในยางรวมประมาณ 20 ถึง 50% จะเห็นว่าต้องใช้

ในปริมาณสูง และการผสมน้ำยางสด และน้ำยางข้น จะให้ผลพฤติกรรมในการจับตัวใกล้เคียงกัน ในแต่ละโรงงาน การจับตัวน้ำยางสด น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียสูง และน้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียต่ำ ที่เจือจางให้มีปริมาณเนื้อยางแห้ง 5% โดยการเจือจางทุกวัน และการเจือจางแล้วเก็บไว้ จะให้ผลการจับตัวใกล้เคียงกัน นอกจากนั้นน้ำยางสดและน้ำยางข้นจะยังสามารถจับตัวได้ แม้ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลานานกว่า 4 เดือน ในขณะที่หางน้ำยางจะยังจับตัวถ้าตั้งทิ้งไว้ไม่เกิน 3 อาทิตย์ การเพิ่มค่าความเป็นด่าง และการเพิ่มปริมาณแมกนีเซียมมีผลให้หางน้ำยางจับตัวได้ดีขึ้น แต่การเพิ่มค่า VFA หรือการเพิ่มปริมาณแอมโมเนียอะซิเตดไม่มีผลต่อการจับตัวของหางน้ำยาง ส่วนการเพิ่มค่า pH โดยการใส่ NaOH ทำให้หางน้ำยางไม่จับตัวเร็วขึ้น

จรัญ (2538) ได้ทำการทดลองใช้น้ำยางธรรมชาติ 3 รูปแบบ คือ น้ำยางข้น น้ำยางสด และหางน้ำยาง ที่เจือจางให้มีปริมาณเนื้อยางแตกต่างกัน พบว่า น้ำยางข้นซึ่งมีขนาดอนุภาคใหญ่สามารถจับตัวได้ดี แม้ที่ความเข้มข้นของเนื้อยางต่ำ กล่าวคือ เจือจางน้ำยางข้นให้มีปริมาณเนื้อยางแห้งต่ำกว่า 5% น้ำยางนั้นยังสามารถจับตัวด้วยกรดได้ดีแม้ตั้งทิ้งไว้เป็นระยะเวลาหลายเดือน

วันดี (2539) ได้ทำการวัดขนาดอนุภาคของหางน้ำยาง น้ำยางสด และน้ำยางข้น พบว่าขนาดอนุภาคของน้ำยางสดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.04 ถึง 2.0 ไมครอน โดยน้ำยางข้นประกอบด้วยอนุภาคขนาดใหญ่ ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 0.4-2.0 ไมครอน ส่วนหางน้ำยางจะประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็ก ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 0.04-0.4 ไมครอน ขนาดอนุภาคของหางน้ำยางที่ได้จากน้ำยางสดที่มาจากแหล่งต่างๆมีขนาดอนุภาคใกล้เคียงกัน และพบว่าถ้าหางน้ำยางมีอนุภาคขนาดใหญ่เข้าไปปนในสัดส่วนมากขึ้น จะมีระยะเวลาที่สามารถจับตัวได้นานกว่าหางน้ำยางที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ปนอยู่น้อยกว่า ปริมาณแอมโมเนียในหางน้ำยาง มีผลต่อระยะเวลาในการจับตัว โดยถ้าปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้นระยะเวลาที่สามารถจับตัวได้จะลดลง เมื่อตั้งทิ้งหางน้ำยางที่มีปริมาณแอมโมเนียสูงไว้ระยะเวลาหนึ่งจะทำให้ปริมาณโปรตีนในเนื้อยางลดลงมากกว่าหางน้ำยางที่มีปริมาณแอมโมเนียต่ำ และระยะเวลาที่สามารถจับตัวได้ของหางน้ำยางจะลดลงตามปริมาณโปรตีนที่ลดลง

จิรนัย (2540) ได้ทำการศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการแยกส่วนของเนื้อยาง และส่วนของซีรัมของหางน้ำยางออกจากกัน เขาพบว่า วิธีการที่เหมาะสม คือ การปั่นแยกหางน้ำยางด้วยเครื่องอัลตราเซนตริฟิวจ์ที่ความเร็ว 30,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 45 นาที และการใช้เทคนิค เอสดีเอส-เพจ (SDS-PAGE) ที่ใช้แผ่นเจลที่มีเปอร์เซ็นต์เจล 12% และย้อมสีโดยใช้ ซิลเวอร์ไนเตรต สามารถหาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณและขนาดโปรตีนในซีรัมได้จากความเข้มของสี พบว่าปริมาณโปรตีนในซีรัมเพิ่มขึ้น และโปรตีนที่พบมากที่สุดมีขนาด 30,000 ดาลตัน แสดงว่ามีโปรตีนที่มีขนาดดังกล่าวแยกตัวจากอนุภาคยางมากที่สุด

ไชยยะ (2541) พบว่าความสามารถในการจับตัวของหางน้ำยางขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของแอมโมเนียที่เก็บรักษาสภาพน้ำยางสดก่อนนำมาปั่นแยก และระยะเวลาการบ่มน้ำยางสด ถ้าความเข้มข้นแอมโมเนียสูง ตั้งทิ้งไว้ให้น้ำยางสดไว้นาน จะทำให้ความสามารถในการจับตัวของหางน้ำยางลดลงจนไม่สามารถจับตัวได้ หางน้ำยางที่เติมเอนไซม์ออปติคีน (Opticlean) ปริมาณตั้งแต่ 0.01% ขึ้นไป ตั้งทิ้งไว้ไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง จะสามารถจับตัวได้โดยการใช้กรดได้อีกครั้ง การใช้เอนไซม์ช่วยจับตัว จะได้อย่างสกิมที่มีปริมาณโปรตีนน้อยกว่าการใช้โคเอ็ดและเลซิทิน ทั้งนี้ความเข้มข้นของเอนไซม์สูง ความเข้มข้นของแอมโมเนียในหางน้ำยางสูง และระยะเวลาที่ทิ้ง หางน้ำยางที่มีเอนไซม์นานขึ้น จะได้อย่างสกิมที่มีปริมาณโปรตีนลดลง

พงศ์เพชร (2541) พบว่าการใช้เอนไซม์ออปติคีนในปริมาณ 0.1% ในหางน้ำยาง ตั้งทิ้งไว้ไม่น้อยกว่า 48 ชั่วโมง จะช่วยให้หางน้ำยางเก่าสามารถจับตัวได้อีกครั้งหนึ่ง ปริมาณไนโตรเจนในเนื้อเยื่อแห้งที่ได้จะต่ำกว่าเมื่อใช้โคเอ็ดและเลซิทินช่วยในการจับตัว นอกจากนี้พบว่า การใช้แคลเซียมคลอไรด์ในการจับตัวหางน้ำยางที่มีเอนไซม์ จะได้อย่างสกิมที่มีปริมาณไนโตรเจนต่ำกว่าเมื่อใช้กรดซัลฟิวริกในการจับตัว

ฤทธิรงค์ (2542) พบว่าเมื่อใช้เอนไซม์ออปติคีนที่มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณไนโตรเจนในยางสกิมลดลง แต่ที่ความเข้มข้นของเอนไซม์มากกว่า 0.05% จะไม่มีผลต่อการลดปริมาณไนโตรเจนในยางสกิม นอกจากนี้พบว่าเมื่อระยะเวลาในการบ่มเพิ่มขึ้น จะทำให้ปริมาณไนโตรเจนในยางสกิมลดลง และการบ่มน้ำยางที่มีเอนไซม์ที่ 50°C จะทำให้เอนไซม์มีประสิทธิภาพในการลดไนโตรเจนมากที่สุด การใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการลดปริมาณไนโตรเจนในยางสกิม สามารถใช้ได้ดีที่ความเข้มข้นไม่เกิน 3% และเวลาในการแช่ยางประมาณ 20-24 ชั่วโมง การแช่ยางสกิมในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ สามารถลดปริมาณไนโตรเจนได้ดีกว่าการใช้เอนไซม์

โสภา (2542) เสนอการใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จะให้ผลในการลดปริมาณไนโตรเจนในยางสกิมได้ดีกว่าการใช้ Proteolytic Enzyme เวลาที่ใช้ในการแช่ยางสกิมภายหลังจับตัว และความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้สี และปริมาณไนโตรเจนในยางสกิมลดลง แต่อุณหภูมิในการแช่ และจำนวนครั้งของการแช่จะไม่ค่อยมีผลต่อสี และปริมาณไนโตรเจนมากนัก สำหรับต่างประเทศส่วนใหญ่ที่ใช้ในการแช่ยางสกิมภายหลังการจับตัวสามารถลดปริมาณไนโตรเจนในยางสกิมได้ เมื่อเตรียมยางสกิมโปรตีนต่ำโดยใช้สารละลาย SDS ร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ สามารถลดปริมาณไนโตรเจนได้ถึง 94% สมบัติยางดิบของยางสกิมโปรตีนต่ำที่ได้ส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง Skim crepe และ STR 5L

กนกวรรณ (2543) หางน้ำยางเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้จากการผลิตน้ำยางข้น หางน้ำยางมีเนื้อเยื่อประมาณ 3-10% และประกอบด้วยยางอนุภาคขนาดเล็กเป็นส่วนใหญ่ ยางสกิมที่กลับมาโดยการจับก้อนด้วยกรดซัลฟิวริก มีองค์ประกอบที่ไม่ใช่ยางมากกว่ายางธรรมชาติทั่วไป ดังนั้นยางสกิมจึงถูกจัดเป็นยางเกรดต่ำ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ยาง

สภิมที่มีความบริสุทธิ์สูง โดยใช้วิธีการทำให้บริสุทธิ์หลายวิธี ดังนี้ 1) การย่อยหางน้ำยางด้วย เอนไซม์ โดยมีโซเดียมคลอไรด์ 2) สะพอนิฟิเคชันของน้ำยางสภิมด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3) การแยกเนื้อยางโดยการบ่มหางน้ำยางกับยีสต์ และ 4) สะพอนิฟิเคชันของยางสภิมแ่งใน สารละลายโทลูอีน การย่อยหางน้ำยางด้วยเอนไซม์ โดยมีโซเดียมคลอไรด์และสะพอนิฟิเคชัน ของหางน้ำยางด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำให้เกิดการแยกชั้นเป็นชั้นครีมและชั้นซีรัม ชั้นครีมที่ ได้จากทั้งสองวิธีมีเนื้อยางเพิ่มขึ้น 2-3 เท่า ขนาดของอนุภาคยางเฉลี่ยเพิ่มขึ้น จาก 0.1 ไมครอน เป็นประมาณ 3 ไมครอน ภายหลังจากย่อยด้วยเอนไซม์ ขณะที่ขนาดของอนุภาค ยาง ไม่เปลี่ยนแปลงหลังสะพอนิฟิเคชัน ปริมาณไนโตรเจนของยางบริสุทธิ์ที่ได้จากการย่อยด้วย เอนไซม์และสะพอนิฟิเคชันลดลงจาก 2.7 เป็น 0.6 และ 0.3% ตามลำดับ ยางบริสุทธิ์นี้มี ปริมาณเถ้าสูง และปริมาณเอสเทอร์ลดลงเล็กน้อย หลังจากการล้างชั้นครีมด้วยการปั่นแยก พบว่า ปริมาณไนโตรเจนลดลงจนถึง 0.04 และ 0.03% สำหรับวิธีการย่อยด้วยเอนไซม์และสะ พอนิฟิเคชัน ตามลำดับ ส่วนปริมาณเถ้า เอสเทอร์และเจลน้อยกว่ายางเริ่มต้นเล็กน้อย การบ่ม หางน้ำยางด้วยยีสต์ ที่ pH = 7 โดยมีปริมาณ SDS 0.2% ก่อให้เกิดการเพิ่มขนาดของยาง อนุภาคเล็กในหางน้ำยาง จาก 0.1 ไมครอน เป็นประมาณ 1-5 ไมครอน ภายหลังจากบ่ม 48 ชั่วโมง และปริมาณไนโตรเจนไม่เปลี่ยนแปลง การปั่นแยกน้ำยางที่บ่มด้วยยีสต์ ทำให้เกิดการแยกชั้น เป็นชั้นครีม ชั้นซีรัม และยีสต์ที่กั้นหลุด เนื้อยางสามารถได้กลับคืนประมาณ 45% สะพอนิฟิเค ชันของชั้นครีมลดปริมาณไนโตรเจนลงได้ถึง 0.71% การกำจัดโปรตีนด้วยสะพอนิฟิเคชันของ สารละลายยางสภิมความเข้มข้นสูงในโทลูอีน (10%) ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิ 70°C ปริมาณไนโตรเจนและเถ้าลดลงได้ถึง 0.03 และ 0.3% ตามลำดับ ยางสภิมบริสุทธิ์ที่ได้จากวิธีนี้ มีความแข็งแรงแรงดึงของยางดิบต่ำกว่ายางสภิมตั้งต้น ความหนืดมูนี้ไม่เปลี่ยนแปลง ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นและค่าดัชนีความอ่อนตัวดีขึ้น

คิวโรม (2543) หางน้ำยางจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นปกติแล้วสามารถจับ ตัวได้ด้วยกรดซัลฟิวริก 10% แต่หางน้ำยางที่เก็บตั้งทิ้งไว้นานเกินกว่า 5 วัน จะไม่สามารถจับ ตัวได้โดยกรดซัลฟิวริก 10% เนื่องจากโปรตีนที่ห่อหุ้มอนุภาคยางได้หลุดออกมาขัดขวางการจับ ตัวเป็นก้อนของอนุภาคยาง การขจัดโปรตีนออกจากน้ำยางโดยการเซนตริฟิวจ์หรือใช้เอนไซม์ ทำลายโปรตีน จะทำให้หางน้ำยางสามารถจับตัวได้ด้วยกรดซัลฟิวริก 10% อีกครั้ง หรือการใช้ สารละลายโซเดียมพอลิอะครีเลตที่มีน้ำหนักโมเลกุลเกิน 100,000 เติมลงไปปริมาณ 0.2% ของหางน้ำยาง จะทำให้หางน้ำยางสามารถจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริก 10% ได้

กมล (2545) เพื่อทดสอบศักยภาพในการนำโคโตซานซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่ย่อย สลายได้ในธรรมชาติไปใช้แยกเนื้อยางออกจากหางน้ำยางทดแทนการใช้กรดซัลฟิวริก ซึ่งเป็น ต้นเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดปัญหาในกระบวนการบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานผลิตน้ำยางข้น โคโตซาน ที่ใช้ตลอดการทดลองในห้องปฏิบัติการนี้เตรียมจากเปลือกกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) และทำการวิเคราะห์ให้ทราบคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ หลักการที่นำมาพิจารณาศักยภาพ

คือ อัตราเร็วของการแยกเนื้อเยื่อ คุณสมบัติของของเหลว และคุณลักษณะของเนื้อเยื่อเปรียบเทียบกับการใช้กรดซัลฟิวริกและกรดอะซิติก ซึ่งสรุปได้ว่า เนื้อเยื่อจะแยกออกจากหางน้ำยางด้วยไคโตซานมีคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ที่ใกล้เคียงกับการใช้กรดทั้งสองชนิดและอยู่ในช่วงซึ่งพบในยางสกิมทั่วไป

Jitladda *et al.* (2002) การแยกชั้นของครีมหางน้ำยางธรรมชาติ จะมีอนุภาคขนาดเล็กประมาณ 0.1 ไมครอน สังเกตได้จากการเติมเกลืออนินทรีย์ในหางน้ำยางสดหรือหางน้ำยางกำจัดโปรตีน ครีมหางน้ำยางที่ได้โดยเครื่องเซนตริฟิวจ์มีการแยกชั้นของชั้นครีมซึ่งมี yield สูง และบริสุทธิ์โดยการเติมเกลืออนินทรีย์ร่วมกับน้ำย่อยโปรตีนหรือหางน้ำยางกำจัดโปรตีน ยางสกิมจากหางน้ำยางกำจัดโปรตีนจะมีปริมาณโปรตีนน้อยกว่า 0.02%

อรพินท์ และคณะ (2004) แม้ว่าในหางน้ำยางธรรมชาติยังมียางเหลืออยู่ประมาณ 3-8% โดยน้ำหนัก การเก็บรวบรวมยางส่วนนั้นจากหางน้ำยางธรรมชาติเป็นสิ่งที่กระทำได้ยาก เนื่องจากเป็นยางอนุภาคเล็ก มีปริมาณเนื้อเยื่อต่ำและในหางน้ำยางเองก็ประกอบด้วยส่วนที่ไม่ใช่ยางในปริมาณมาก โดยทั่วไปในอุตสาหกรรมน้ำยางจะใช้กรดกำมะถันเข้มข้นเพื่อทำให้น้ำยางเสียเสถียรภาพและจับตัวกันเป็นเนื้อเยื่อ แต่อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวทำให้ได้ยางที่มีคุณภาพต่ำและก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม ด้วยเหตุนี้การพัฒนากระบวนการใหม่ที่จะช่วยลดปัญหามลภาวะและเพิ่มมูลค่าของยางจึงเป็นสิ่งสำคัญ งานวิจัยนี้ได้ให้ความสนใจไปที่กระบวนการครีมหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้ เอ็น-(2-ไฮดรอกซี) โพรพิล-3-ไตรเมทิลแอมโมเนียมไคโตซาน เนื่องจากสารเคมีนี้เตรียมได้ง่ายจากไคโตซานซึ่งได้จากวัสดุธรรมชาติที่เหลือใช้แล้ว ในงานวิจัยนี้ได้ทำการเตรียม เอ็น-(2-ไฮดรอกซี) โพรพิล-3-ไตรเมทิลแอมโมเนียมไคโตซานคลอไรด์ จากไคโตซานซึ่งได้จากเปลือกกุ้งและจะทำการครีมหางน้ำยางธรรมชาติโดยวิธีใหม่นี้ พร้อมกับศึกษาผลของความเข้มข้นของ เอ็น-(2-ไฮดรอกซี) โพรพิล-3-ไตรเมทิลแอมโมเนียมไคโตซานคลอไรด์ ต่อประสิทธิภาพในการครีมนวมถึงกลไกการครีมนของหางน้ำยางด้วย

สุรพิชญ และคณะ (2007) การรวบรวมเนื้อเยื่อจากหางน้ำยางได้มีการพัฒนาวิธีการที่ช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมโดยการใช้ water-soluble biopolymer และอนุพันธ์ของมัน ที่เป็น flocculants โดยศึกษาสัมประสิทธิ์การครีมนของ N,O-carboxymethyl chitosan (CMCh) และ hydroxypropylcellulose (HPC) พบว่า สามารถครีมนหางน้ำยางได้ด้วย flocculants ทั้งสองชนิด การแยกชั้นระหว่างชั้นครีมและชั้นซีรัมขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของ flocculants และเวลาในการครีมน โดยการใช้ flocculants นี้ไม่ทำให้อนุภาคยางเกิดการจับตัวในชั้นครีม ยางสกิมที่ได้จากชั้นครีมสามารถรวบรวมโดยใช้กรดจับตัวปริมาณน้อย ผู้วิจัยสามารถรวบรวมเนื้อเยื่อได้มากกว่า 90% ยิ่งไปกว่านั้นในกรณีที่ใช้ HPC สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้โดยให้ความร้อนกับชั้นซีรัมที่อุณหภูมิ 50°C ซึ่งสามารถรวบรวมตะกอน HPC จากชั้นซีรัมได้ในปริมาณมากกว่า 90%

Ramida *et al.* (2008) water soluble chitosan ไม่ละลายในน้ำร้อนหรือละลายแค่ 0.8% ซึ่งสารตัวนี้ใช้สำหรับ coagulation-flocculation หางน้ำยาง สัมประสิทธิ์การทำงาน ของ coagulation-flocculation กับหางน้ำยางที่ไม่มีการปรับค่า pH ต่ำกว่าหางน้ำยางที่มีค่า pH เป็นกลาง เมื่อเติมสารละลายไคโตซานในหางน้ำยางที่เป็นกลางซึ่งมีปริมาณยาง 5.300%w/v จนกระทั่งความเข้มข้นของไคโตซานสามารถกระจายตัวได้ดีที่ 0.107% การแยกชั้นระหว่างอนุภาคยางและชั้นซีรัมสีเหลืองจะใส สัมประสิทธิ์การนำกลับอนุภาคยางสกิมที่ สภาวะนี้เป็นสภาวะที่ดีที่สุดจากการทดลอง การเจือจางหางน้ำยางด้วยน้ำกลั่นไม่สามารถเพิ่ม สัมประสิทธิ์การนำกลับได้

บทที่ 3

สารเคมี อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

3.1 สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย

1. หางน้ำยาง มีปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry rubber content, %DRC) ประมาณ 2-6% โดยน้ำหนัก ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid content, %TSC) ประมาณ 3-10% โดยน้ำหนัก และปริมาณแอมโมเนียประมาณ 0.1-0.4% ที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำยางชนิดต่างๆ
2. สาร A702[®] ลักษณะเป็นผงสีขาว เตรียมในรูปของสารละลายที่มีความเข้มข้น 3% โดยน้ำหนัก ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความหนืดในหางน้ำยาง และทำหน้าที่แยกระหว่างชั้นน้ำยางและชั้นน้ำ สามารถตกตะกอนน้ำกลับมาใช้ใหม่ได้ที่อุณหภูมิ 70°C ผลิตโดยบริษัท Hercules Incorporated ประเทศสหรัฐอเมริกา
3. กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid) เข้มข้น 96% สูตรทางเคมีคือ H_2SO_4 น้ำหนักโมเลกุล 98.08 กรัม/โมล จุดเดือด 330°C ความหนาแน่น 1.84 g/cm^3 ผลิตโดยบริษัท Lab Scan Asia Co.,Ltd. ประเทศไทย
4. สารละลายซัลฟิวริกเข้มข้น 1%โดยน้ำหนัก (1%w/w Sulfuric acid solution) เตรียมโดยใช้กรดซัลฟิวริกเข้มข้น จำนวน 10.42 กรัม มาละลายในน้ำกลั่นแล้วเติมน้ำกลั่นจนมีน้ำหนักครบ 1,000 กรัม ผลิตโดยบริษัท Lab Scan Asia Co., Ltd. ประเทศไทย
5. กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid) เข้มข้น 37% สูตรทางเคมีคือ HCl น้ำหนักโมเลกุล 36.46 กรัม/โมล จุดเดือด 85°C ความหนาแน่น 1.19 g/cm^3 ผลิตโดยบริษัท Lab Scan Asia Co., Ltd. ประเทศไทย
6. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 1%โดยน้ำหนัก (1%w/w Formic acid solution) เตรียมโดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น จำนวน 27.03 กรัม มาละลายในน้ำกลั่นแล้วเติมน้ำกลั่นจนมีน้ำหนักครบ 1,000 กรัม ผลิตโดยบริษัท Lab Scan Asia Co., Ltd. ประเทศไทย
7. สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 นอร์มัล (0.1 N Sulfuric acid solution) เตรียมโดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น จำนวน 9.87 กรัม มาละลายในน้ำกลั่นแล้วเติมน้ำกลั่นจนมีน้ำหนักครบ 1,000 กรัม นำสารละลายที่ได้ไปหาความเข้มข้นที่แน่นอนโดยไตเตรตกับ

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มัล โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ใช้เป็นสารละลายมาตรฐานในการทดสอบหาปริมาณแอมโมเนีย (%)

8. กรดอะซิติก (Acetic acid) เข้มข้น 89.9% สูตรทางเคมี คือ CH_3COOH น้ำหนักโมเลกุล 60.05 กรัม/โมล ผลิตโดยบริษัท J.T.Baker Ltd. ประเทศสหรัฐอเมริกา

9. สารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 2%โดยน้ำหนัก (2%w/w Acetic acid Solution) เตรียมโดยใช้กรดอะซิติกเข้มข้น จำนวน 22.25 กรัม มาละลายในน้ำกลั่นแล้วเติมน้ำกลั่นจนมีน้ำหนักครบ 1,000 กรัม เพื่อใช้ในการจับตัวน้ำยางในการทดสอบหาปริมาณเนื้อยางแห้ง ผลิตโดยบริษัท J.T.Baker Ltd. ประเทศสหรัฐอเมริกา

10. กรดฟอร์มิก (Formic acid) เข้มข้น 90.0% สูตรทางเคมีคือ HCOOH น้ำหนักโมเลกุล 46.03 กรัม/โมล ความหนาแน่น 1.22 g/cm^3 ผลิตโดยบริษัท Ajax Finechem ประเทศออสเตรเลีย

11. สารละลายกรดฟอร์มิก เข้มข้น 1%โดยน้ำหนัก (1%w/w Formic acid solution) เตรียมโดยใช้กรดฟอร์มิกเข้มข้น จำนวน 11.11 กรัม มาละลายในน้ำกลั่นแล้วเติมน้ำกลั่นจนมีน้ำหนักครบ 1,000 กรัม ผลิตโดยบริษัท Ajax Finechem ประเทศออสเตรเลีย

12. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) ความบริสุทธิ์ 97% สูตรทางเคมี คือ NaOH ผลิตโดยบริษัท Lab Scan Asia Co.,Ltd. ประเทศฝรั่งเศส

13. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5%โดยน้ำหนัก (5%w/w Sodium hydroxide Solution) เตรียมโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ความบริสุทธิ์ 97% จำนวน 51.55 กรัม มาละลายในน้ำกลั่นแล้วเติมน้ำกลั่นจนมีน้ำหนักครบ 1,000 กรัม ผลิตโดยบริษัท Lab Scan Asia Co.,Ltd. ประเทศฝรั่งเศส

14. สารละลายเมทิลเรด 0.1%โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ในแอลกอฮอล์ เตรียมโดยนำเมทิลเรด 0.1 กรัม มาละลายในเอทิลแอลกอฮอล์ 100 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร ผลิตโดยบริษัท J.T.Baker Ltd. ประเทศสหรัฐอเมริกา

15. กรดสเตียริก (Stearic acid) มีลักษณะเป็นแกร็ดสีขาวอมเหลือง ทำหน้าที่เป็นสารกระตุ้น (activator) ช่วยให้สารตัวเร่งทำงานได้ดีขึ้น จำหน่ายโดยห้างหุ้นส่วน กิจไพบูลย์เคมี จำกัด

16. ซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide, ZnO) มีลักษณะเป็นผงสีขาวละเอียด ทำหน้าที่เป็นสารกระตุ้นโดยใช้ร่วมกับกรดสเตียริก เพื่อทำให้การทำงานของสารตัวเร่งมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น จำหน่ายโดยบริษัท Univenture Public Co.,Ltd.

17. เมอร์แคปโตเบนโซไทอะโซล (2-mercaptobenzothiazole, MBT) ทำหน้าที่เป็นสารตัวเร่งในการเร่งปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ของยาง จำหน่ายโดยห้างหุ้นส่วน กิจไพบูลย์เคมี จำกัด

18. กำมะถัน (Sulphur) มีลักษณะเป็นผงสีเหลือง ใช้เป็นสารวัลคาไนซ์ (vulcanizing agent) สำหรับทำให้เกิดการเชื่อมโยงของโมเลกุลยางที่มีพันธะคู่ที่ว่องไวหรือเกิดการ crosslink ตรงจุดที่ว่องไวต่อปฏิกิริยา จำหน่ายโดยบริษัท สยามเคมี จำกัด

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือวิจัย

1. เครื่องวัดขนาดอนุภาค (Laser Particle Size Analyzer) รุ่น LS230 สามารถวัดขนาดและการกระจายของอนุภาคได้ตั้งแต่ 0.04-2,000 ไมครอน ผลิตโดยบริษัท Beckman Coulter ประเทศสหรัฐอเมริกา



รูปที่ 3.1 เครื่องวัดขนาดอนุภาค (Laser Particle Size Analyzer)

2. เครื่องวัดความหนืดของยาง (Mooney viscometer, MV2000) รุ่น ALPHA TM24 SIE2338 ใช้สำหรับวัดความหนืดของยางดิบ วัดความหนืดจากแรงบิดที่เกิดขึ้นบนจานโลหะที่หมุนอยู่ในเนื้อยางด้วยความเร็ว 2 รอบต่อนาที หน่วยความหนืดที่วัดได้คือ Mooney Unit (MU) ผลิตโดยบริษัท Alpha Technologies Services Inc. ประเทศสหรัฐอเมริกา



รูปที่ 3.2 เครื่องวัดความหนืดของยาง (Mooney viscometer, MV2000)

3. เครื่องวัดความนิ่มของยาง (Wallace Rapid Plastometer) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความนิ่มและดัชนีความอ่อนตัวของยาง โดยใช้หลักการอัดยางที่มีปริมาตรที่แน่นอนไว้ในแผ่นอัดแบนทั้งสองด้วยความดัน 0.5-1.0 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 100°C ผลิตโดยบริษัท Wallace Instruments ประเทศอังกฤษ



รูปที่ 3.3 เครื่องวัดความนิ่มของยาง (Wallace Rapid Plastometer)

4. เครื่องบดผสมสองลูกกลิ้ง (Two-roll mill) รุ่น 19N-TM เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการบดผสมยางเข้ากับสารเคมี มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกกลิ้ง 3 นิ้ว ยาว 8 นิ้ว ผลิตโดยบริษัท ยง ฟง แมชชีนเนอร์รี่ จำกัด



รูปที่ 3.4 เครื่องบดผสมสองลูกกลิ้ง (Two-roll mill)

5. เครื่องอัดเบ้าโดยใช้ความดัน (compression molding) รุ่น LCC140 ความดันสูงสุด 200 kg/cm^2 ที่ยัดเบ้าขนาด 18×18 นิ้ว ใช้สำหรับขึ้นรูปยางคอมพอนด์ในแม่พิมพ์ภายใต้ความร้อนและความดันด้วยวิธีการอัดยางเข้าเบ้าโดยใช้ระบบไฮดรอลิก ผลิตโดยบริษัท ถังมาสเตอร์ จำกัด



รูปที่ 3.5 เครื่องอัดเบ้าโดยใช้ความดัน (compression molding)

6. เครื่องวัดลักษณะการวัลคาไนซ์ของยาง (Moving Die Rheometer, MDR 2000) รุ่น 36 AIG2953 ใช้สำหรับวิเคราะห์หาเวลาในการวัลคาไนซ์ (vulcanization time) และระยะเวลาการสุกก่อนกำหนด (scorch time) ของยางคอมเพาเนนต์ ผลิตโดยบริษัท Alpha Technologies Services Inc. ประเทศสหรัฐอเมริกา



รูปที่ 3.6 เครื่องวัดลักษณะการวัลคาไนซ์ของยาง (Moving Die Rheometer, MDR 2000)

7. เครื่องทดสอบหาความทนต่อแรงดึง (Tensometer) ยี่ห้อ LLOYD instrument รุ่น LR10K ใช้สำหรับ ทดสอบความทนต่อแรงดึง ค่ามอดูลัส และเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาดของ ตัวอย่างยางวัลคาไนซ์ ผลิตโดยบริษัท อินโทรเอ็นเตอร์ไพรส์ จำกัด



รูปที่ 3.7 เครื่องทดสอบหาความทนต่อแรงดึง (Tensometer)

8. ตู้อบบ่มเร่ง (Gear Oven) รุ่น GPHH-100 มีระบบให้อากาศไหลผ่านห้องบ่มเร่ง มีที่แขวนชั้นทดสอบซึ่งหมุนอยู่ตลอดเวลาขณะเปิดเครื่อง ใช้ในการบ่มเร่งเพื่อศึกษาการเสื่อมสภาพ ผลิตโดยบริษัท Tabai Espec Corp. ประเทศญี่ปุ่น



รูปที่ 3.8 ตู้อบบ่มเร่ง (Gear Oven)

9. ตู้อบอากาศร้อน (Hot Air Oven) รุ่น D06061 มีพัดลมเป่ากระจายความร้อนเพื่อควบคุมให้สม่ำเสมอ สามารถปรับอุณหภูมิได้สูงสุด 250°C ผลิตโดยบริษัท Memmert ประเทศเยอรมนี



รูปที่ 3.9 ตู้อบอากาศร้อน (Hot Air Oven)

10. ถังครีมมั่ง เป็นถังสแตนเลส ใช้ในการแยกชั้นหางน้ำย่างที่ผ่านกระบวนการครีมมั่ง มีความจุประมาณ 50 ลิตร



รูปที่ 3.10 ถังครีมมั่ง

11. เครื่องรีดยาง ใช้ในการรีด และล้างยางจับตัวในขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างยางสกิม



รูปที่ 3.11 เครื่องรีดยาง

12. เครื่องชั่งสาร เป็นเครื่องชั่งระบบดิจิตอล มี 2 แบบ คือทศนิยม 2 ตำแหน่งและ 4 ตำแหน่ง ผลิตโดยบริษัท Mettler-Toledo AG จำกัด



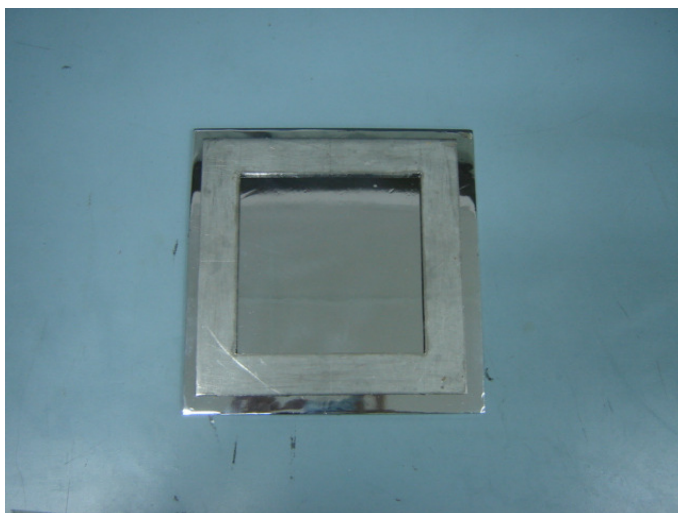
รูปที่ 3.12 เครื่องชั่งสาร

13. pH meter รุ่น FiveEasy™ FM20 จำหน่ายโดย บริษัท Mettler-Toledo AG จำกัด
ประเทศไทย



รูปที่ 3.13 pH meter

14. เบ้าพิมพ์สแตนเลส ความกว้าง 6 นิ้ว ยาว 6 นิ้ว หนา 2.0 มิลลิเมตร ใช้สำหรับเป็น
แม่พิมพ์ในการขึ้นรูปชิ้นทดสอบด้วยวิธีการอัดเบ้าและใช้ความดัน



รูปที่ 3.14 เบ้าพิมพ์สแตนเลส

15. เครื่องตัดชิ้นตัวอย่างรูปดัมเบล ตามมาตรฐาน ASTM D412 แบบ C ใช้สำหรับตัดชิ้นตัวอย่างยางวัลคาไนซ์เพื่อทดสอบความทนต่อแรงดึง ค่ามอดุลัส และเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาดของตัวอย่างยางวัลคาไนซ์



รูปที่ 3.15 เครื่องตัดชิ้นตัวอย่างรูปดัมเบล

16. เครื่องวัดความหนา (Thickness meter) ความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร ใช้วัดความหนาของชิ้นทดสอบยางวัลคาไนซ์ก่อนทำการทดสอบสมบัติเชิงกล



รูปที่ 3.16 เครื่องวัดความหนา (Thickness meter)

3.3 วิธีดำเนินการทดลอง

3.3.1 ศึกษาคุณสมบัติของหางน้ำยาก่อนและหลังผ่านกระบวนการครีมมิ่ง

3.3.1.1 การหาปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid Content; TSC)

การทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D1076-02 โดยชั่งงานแก้วให้ละเอียดถูกต้องถึง 0.1 มิลลิกรัม แล้วเทน้ำยางตัวอย่างลงไปประมาณ 2.5 ± 0.5 กรัม (รู้น้ำหนักแน่นอน) เอียงงานไปมาเพื่อให้น้ำยางกระจายทั่วงาน จากนั้นนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ $100 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (หรือจนเห็นยางใส ไม่มีสีขาวขุ่น) วางทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง และชั่งน้ำหนักยางแห้งที่ได้

การคำนวณ

ปริมาณร้อยละของ TSC ของน้ำยากำนวณดังนี้

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

เมื่อ	A	คือ น้ำหนักงานแก้ว (กรัม)
	B	คือ น้ำหนักงานแก้วและน้ำยาง (กรัม)
	C	คือ น้ำหนักงานแก้วและยางที่แห้งแล้ว (กรัม)

3.3.1.2 การหาปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content; DRC)

การทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D1076-02 โดยเริ่มจากการชั่งน้ำยางประมาณ 10 กรัม (ให้ถูกต้องแน่นอน 5 มิลลิกรัม) ใส่ในถ้วยกระเบื้อง จากนั้นเติมกรดอะซิติกเข้มข้น 2% ปริมาตร 80 มิลลิลิตร ลงไปอย่างช้าๆ และคนตลอดเวลาที่เติมกรด การใส่กรดลงในน้ำยางควรใช้เวลาไม่น้อยกว่า 5 นาที นำน้ำยางที่ใส่กรดแล้วไปวางบนอ่างน้ำร้อนโดยไม่ไปรบกวนเป็นเวลา 15-30 นาที ควรจะได้สารละลายใส แต่ถ้าได้สารละลายขุ่น แสดงว่าใส่กรดเร็วเกินไปหรือใส่กรดไม่มากพอ ดังนั้นจะต้องทำใหม่จนได้สารละลายใสตามต้องการ ให้รวบรวมเศษยางเล็กๆ ไว้กับก้อนยางใหญ่ แล้วล้างยางที่จับตัวแล้วด้วยน้ำที่กำลังไหล น้ำยางที่ได้ไปรีดให้มีความหนาไม่เกิน 2 มิลลิเมตร แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ $70 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ในเตาอบที่มีอากาศถ่ายเทได้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือจนเห็นว่ายางใสไม่มีไตสีขาวอยู่ ทำให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง นำไปชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

ปริมาณร้อยละของ DRC ของน้ำยางคำนวณดังนี้

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

เมื่อ	A	คือ น้ำหนักน้ำยาง (กรัม)
	B	คือ น้ำหนักยางที่แห้งแล้ว (กรัม)

3.3.1.3 การหาปริมาณความเป็นด่างหรือปริมาณแอมโมเนีย (%Alkalinity)

การทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D1076-02 โดยชั่งน้ำยางประมาณ 5 กรัม ลงในขวดรูปชมพู่ เติมน้ำกลั่นลงไป 300 มิลลิลิตร หยดสารละลาย methyl red 6 หยด แล้วทำการไตเตรตสารละลายที่ได้ด้วยกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐานจนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู

การคำนวณ

ปริมาณความเป็นด่าง (%NH₃) ของน้ำยางคำนวณดังนี้

$$\text{ปริมาณความเป็นด่าง (\%NH}_3\text{)} = (1.7 \times M \times n) / W$$

เมื่อ	M	คือ ความเข้มข้นของกรดมาตรฐาน (นอร์มัล)
	n	คือ ปริมาณของกรดมาตรฐานที่ใช้ (มิลลิลิตร)
	W	คือ น้ำหนักของน้ำยางที่ใช้ (กรัม)

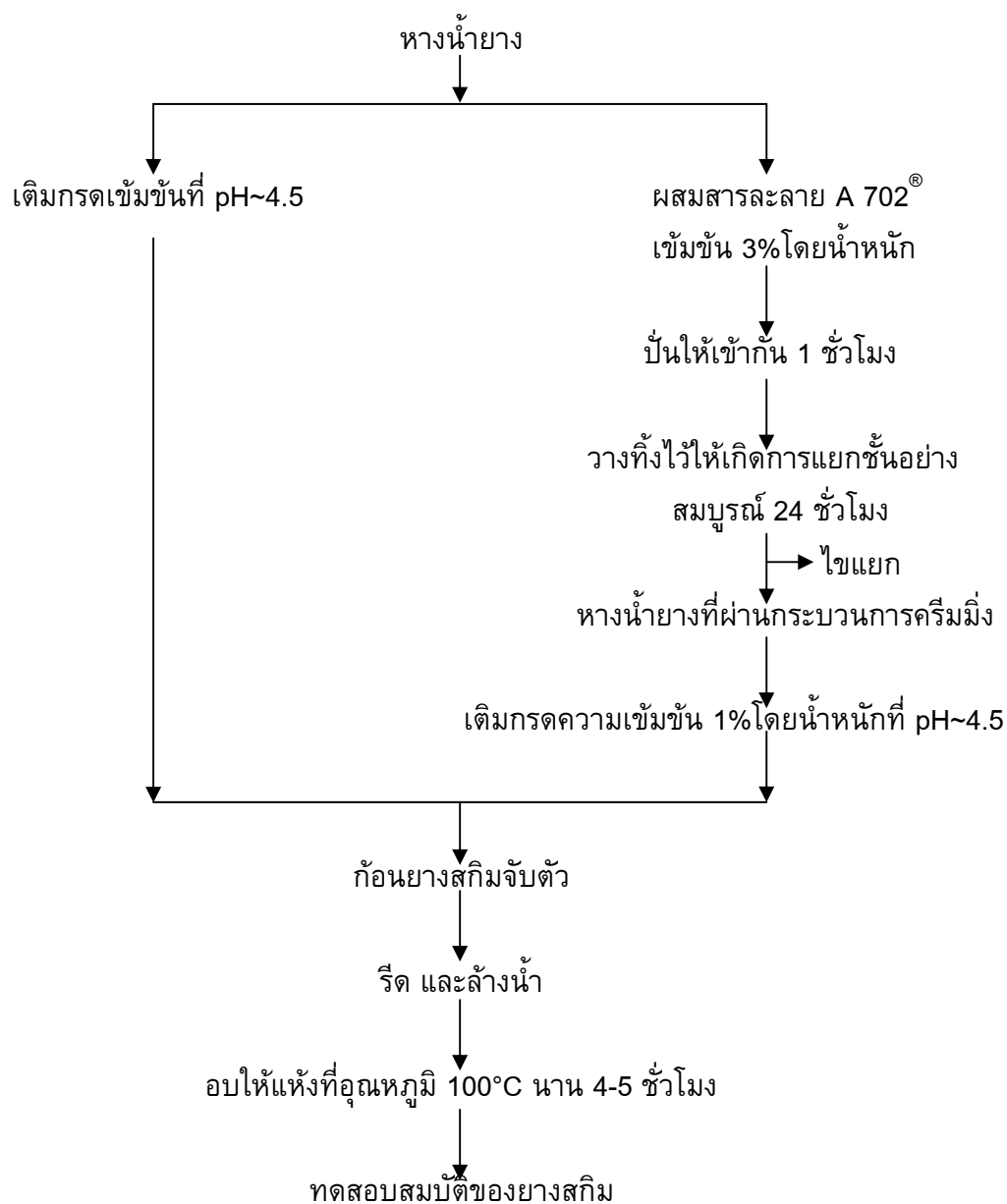
3.3.1.4 การหาขนาดและการกระจายตัวของอนุภาคยาง (Particle size)

ขนาดอนุภาคและการกระจายตัวของอนุภาคยางน้ำยังสามารถหาได้โดยใช้เครื่อง Laser Particle Size Analyzer รุ่น LS230 โดยเครื่องจะทำการยิงแสงเลเซอร์ไปยังตัวอย่างที่ทำการทดสอบ แล้วจะเกิดการหักเห ดูดซับ เลี้ยวเบน ของแสงเลเซอร์ไปยังชุด detector วัดออกมาเป็นขนาดและการกระจายของอนุภาค และส่งไปประมวลผลที่คอมพิวเตอร์ Laser Particle Size Analyzer รุ่น LS230 วัดขนาดและการกระจายของอนุภาคได้ตั้งแต่ 0.04 ถึง 2000 ไมครอน

3.3.2 ศักยภาพของยางสีกิม

3.3.2.1 ศักยภาพของชนิดกรดที่ใช้ในการจับตัวต่อสมบัติยางสีกิม

ยางสีกิมที่ใช้ในการศึกษาผลของชนิดกรดที่ใช้ในการจับตัว ซึ่งมีกระบวนการเตรียมตัวอย่าง ดังแสดงในรูปที่ 3.17 โดยนำยางน้ำยางมาสองส่วน ส่วนแรกนำมาจับตัวด้วยกรดเข้มข้นโดยเติมกรดซัลฟิวริก (96%โดยน้ำหนัก) กรดไฮโดรคลอริก (35%โดยน้ำหนัก) และกรดฟอสฟอริก (90%โดยน้ำหนัก) เข้มข้นลงในยางน้ำยางจนมีค่า pH~4.5 จะได้อ่อนยางสีกิมจับตัว ส่วนที่สองนำยางน้ำยางผสมสารละลาย A702 ที่มีความเข้มข้น 3%โดยน้ำหนัก บั่นให้เข้ากันโดยใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง วางทิ้งไว้ให้เกิดการแยกชั้นอย่างสมบูรณ์ประมาณ 24 ชั่วโมง โขแยกชั้นครีม และชั้นซีรัม นำยางน้ำยางที่ผ่านกระบวนการครีมมิ่งที่ได้จับตัวด้วยกรดซัลฟิวริก กรดไฮโดรคลอริก และกรดฟอสฟอริกเจือจางที่มีความเข้มข้น 1%โดยน้ำหนัก โดยเติมกรดเจือจางลงในยางน้ำยางที่ผ่านกระบวนการครีมมิ่งจนมีค่า pH~4.5 จะได้อ่อนยางสีกิมจับตัว นำก้อนยางสีกิมจับตัวที่ได้จากสองส่วนไปรีดแผ่น และล้างน้ำ นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 100°C นาน 4-5 ชั่วโมง ทดสอบสมบัติของยางสีกิมที่เตรียมได้



รูปที่ 3.17 กระบวนการเตรียมยางสгим

3.2.2.2 ศึกษาผลของความเข้มข้นกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในการจับตัวต่อสมบัติ

ยางสгим

ยางสгимที่ใช้ในการศึกษาผลของความเข้มข้นกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในการจับตัวเตรียมโดยนำหางน้ำยางมาสองส่วน ส่วนแรกนำมาจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (96% โดยน้ำหนัก) เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นลงในหางน้ำยางจนมีค่า pH~4.5 จะได้ก้อนยางสгимจับตัว ส่วนที่สอง นำหางน้ำยางผสมสารละลาย A 702[®] ที่มีความเข้มข้น 3% โดยน้ำหนัก ปั่นให้เข้ากัน

เป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง วางทิ้งไว้ให้เกิดการแยกชั้นอย่างสมบูรณ์ประมาณ 24 ชั่วโมง ไซแยกชั้นครีมและชั้นซีรัม นำหางน้ำยาที่ผ่านกระบวนการครีมมิ่งที่ได้จับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกที่มีความเข้มข้น 0.1, 0.5, 1, 5, 10 และ 96% โดยน้ำหนัก โดยเติมกรดซัลฟิวริกลงในหางน้ำยาที่ผ่านกระบวนการครีมมิ่งจนมีค่า pH~4.5 จะได้ก้อนยางสกิมจับตัว นำก้อนยางสกิมจับตัวไปรีดแผ่น และล้างน้ำ และอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลานาน 4-5 ชั่วโมง ทดสอบสมบัติของยางสกิมที่เตรียมได้

3.3.2.3 ศึกษาผลของระยะเวลาและอุณหภูมิในการอบแห้งยางสกิม

ยางสกิมที่ใช้ในการศึกษาผลของระยะเวลาและอุณหภูมิในการอบแห้ง เตรียมโดยนำหางน้ำยาผสมสารละลาย A 702[®] ที่มีความเข้มข้น 3% โดยน้ำหนัก ปั่นให้เข้ากันเป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง วางทิ้งไว้ให้เกิดการแยกชั้นอย่างสมบูรณ์ประมาณ 24 ชั่วโมง ไซแยกชั้นครีมและชั้นซีรัม นำหางน้ำยาที่ผ่านกระบวนการครีมมิ่งที่ได้จับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกที่มีความเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก โดยเติมกรดเจือจางลงในหางน้ำยาที่ผ่านกระบวนการครีมมิ่งจนมีค่า pH~4.5 จะได้ก้อนยางสกิมจับตัว นำก้อนยางสกิมจับตัวที่ได้ไปรีดแผ่น และล้างน้ำ นำไปอบที่อุณหภูมิ 60, 80, 100, 120 และ 150°C บันทึกระยะเวลาที่ใช้ในการอบที่แต่ละอุณหภูมิ ทดสอบสมบัติของยางสกิมที่เตรียมได้

3.3.2.4 ศึกษาผลของสมบัติยางสกิมที่ได้จากแหล่งต่าง ๆ

ตัวอย่างหางน้ำยา ได้แก่ หางน้ำยาของบริษัท ถาวรอุตสาหกรรมยางพารา (1982) จำกัด บริษัท ฉลองอุตสาหกรรมน้ำยางชั้น จำกัด บริษัท หน้าฮั่ว จำกัด และบริษัท ไทยรับเบอร์ จำกัด (สาขาหาดใหญ่) ยางสกิมที่ใช้ในการศึกษาสมบัติของยางสกิมที่ได้จากแหล่งต่าง ๆ เตรียมตัวอย่าง ดังแสดงในรูปที่ 3.17 โดยนำหางน้ำยามาสองส่วน ส่วนแรกนำมาจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (96% โดยน้ำหนัก) โดยเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นลงในหางน้ำยาจนมีค่า pH~4.5 จะได้ก้อนยางสกิมจับตัว ส่วนที่สองนำหางน้ำยาผสมสารละลาย A 702[®] ที่มีความเข้มข้น 3% โดยน้ำหนัก ปั่นให้เข้ากันเป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง วางทิ้งไว้ให้เกิดการแยกชั้นอย่างสมบูรณ์ประมาณ 24 ชั่วโมง ไซแยกชั้นครีมและชั้นซีรัม นำหางน้ำยาที่ผ่านกระบวนการครีมมิ่งที่ได้จับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกที่มีความเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก โดยเติมกรดลงในหางน้ำยาที่ผ่านกระบวนการครีมมิ่งจนมีค่า pH~4.5 จะได้ก้อนยางสกิมจับตัว นำก้อนยางสกิมจับตัวที่ได้จากสองส่วนไปรีดแผ่น และล้างน้ำ นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 100°C นาน 4-5 ชั่วโมง ทดสอบสมบัติของยางสกิมที่เตรียมได้

3.3.3 ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพยางสกิม

3.3.3.1 ศึกษาผลของการใช้หางน้ำย่างที่ผ่านกระบวนการครีมนึ่งร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

ยางสกิมที่ใช้ในการศึกษาผลของการใช้หางน้ำย่างที่ผ่านกระบวนการครีมนึ่งร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เตรียมโดยนำหางน้ำย่างผสมสารละลาย A 702[®] ที่มีความเข้มข้น 3% โดยน้ำหนัก ปั่นให้เข้ากันเป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง วางทิ้งไว้ให้เกิดการแยกชั้นอย่างสมบูรณ์ประมาณ 24 ชั่วโมง ไซแยกชั้นครีมและชั้นซีรัม นำหางน้ำย่างที่ผ่านกระบวนการครีมนึ่งที่ได้มาเจือจางด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 0, 0.1, 0.3, 0.5, 1, 3, และ 5% โดยน้ำหนัก ในสัดส่วน 1 : 1 ปั่นทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (96% โดยน้ำหนัก) โดยเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นลงในหางน้ำย่างจนมีค่า pH~4.5 จะได้ก้อนยางสกิมจับตัว นำก้อนยางสกิมจับตัวที่ได้ไปรีดแผ่น และล้างน้ำ นำไปอบที่อุณหภูมิ 100°C นาน 4-5 ชั่วโมง ทดสอบสมบัติของยางสกิมที่เตรียมได้

3.3.3.2 ศึกษาผลของการแช่ยางสกิมในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

ยางสกิมที่ใช้ในการศึกษาผลของการแช่ยางสกิมจับตัวในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เตรียมโดยนำหางน้ำย่างมาสองส่วน ส่วนแรกนำมาจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (96% โดยน้ำหนัก) โดยเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นลงในหางน้ำย่างจนมีค่า pH~4.5 จะได้ก้อนยางสกิมจับตัว ส่วนที่สองนำหางน้ำย่างผสมสารละลาย A 702[®] ที่มีความเข้มข้น 3% โดยน้ำหนัก ปั่นให้เข้ากันเป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง วางทิ้งไว้ให้เกิดการแยกชั้นอย่างสมบูรณ์ประมาณ 24 ชั่วโมง ไซแยกชั้นครีมและชั้นซีรัม นำหางน้ำย่างที่ผ่านกระบวนการครีมนึ่งที่ได้จับตัวด้วยด้วยกรดซัลฟิวริกที่มีความเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก โดยเติมกรดลงในหางน้ำย่างที่ผ่านกระบวนการครีมนึ่งจนมีค่า pH~4.5 จะได้ก้อนยางสกิมจับตัว นำก้อนยางสกิมจับตัวที่ได้จากสองส่วนตัดฝอยและแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5% โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 0, 10, 30 และ 60 นาที ล้างน้ำหลายครั้งและแช่ในสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 0.1% โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 100°C นาน 4-5 ชั่วโมง ทดสอบสมบัติของยางสกิมที่เตรียมได้

3.3.3.3 ศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บยางจับตัวต่อสมบัติยางสกิม

ยางสกิมที่ใช้ในการศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บยางจับตัว เตรียมโดยนำหางน้ำย่างมาสองส่วน ส่วนแรกนำมาจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (96% โดยน้ำหนัก) โดยเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นลงในหางน้ำย่างจนมีค่า pH~4.5 จะได้ก้อนยางสกิมจับตัว ส่วนที่สองนำหางน้ำย่างผสมสารละลาย A 702[®] ที่มีความเข้มข้น 3% โดยน้ำหนัก ปั่นให้เข้ากันเป็นเวลา

ประมาณ 1 ชั่วโมง วางทิ้งไว้ให้เกิดการแยกชั้นอย่างสมบูรณ์ประมาณ 24 ชั่วโมง ไซแยกชั้นครีมและชั้นซีรัม นำหางน้ำยางที่ผ่านกระบวนการครีมมิ่งที่ได้จับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเจือจางที่มีความเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก โดยเติมกรดเจือจางลงในหางน้ำยางที่ผ่านกระบวนการครีมมิ่งจนมีค่า pH~4.5 จะได้อ่อนยางสกิมจับตัว นำก้อนยางจับตัวที่ได้จากสองส่วนเก็บไว้เป็นเวลา 0, 3, 5 และ 7 วัน ก่อนนำไปรีดแผ่น และล้างน้ำ นำไปอบที่อุณหภูมิ 100°C นาน 4-5 ชั่วโมง ทดสอบสมบัติของยางสกิมที่เตรียมได้

3.3.4 ศึกษาสมบัติของยางสกิมผสมสารเคมี

3.3.4.1 ศึกษาการเตรียมยางสกิมผสมสารเคมี

ยางสกิมที่ใช้ในการศึกษาสมบัติการคงรูป เตรียมโดยนำหางน้ำยางมาสองส่วน ส่วนแรกนำมาจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (96% โดยน้ำหนัก) โดยเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นลงในหางน้ำยางจนมีค่า pH~4.5 จะได้อ่อนยางสกิมจับตัว ส่วนที่สองนำหางน้ำยางผสมสารละลาย A702 ที่มีความเข้มข้น 3% โดยน้ำหนัก ปั่นให้เข้ากันเป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง วางทิ้งไว้ให้เกิดการแยกชั้นอย่างสมบูรณ์ประมาณ 24 ชั่วโมง ไซแยกชั้นครีมและชั้นซีรัม นำหางน้ำยางที่ผ่านกระบวนการครีมมิ่งที่ได้จับตัวด้วยด้วยกรดซัลฟิวริกที่มีความเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก โดยเติมกรดเจือจางลงในหางน้ำยางที่ผ่านกระบวนการครีมมิ่งจนมีค่า pH~4.5 จะได้อ่อนยางสกิมจับตัว นำก้อนยางสกิมจับตัวที่ได้จากสองส่วนไปรีดแผ่น และล้างน้ำ นำไปอบที่อุณหภูมิ 100°C นาน 4-5 ชั่วโมง

นำยางสกิมที่ได้จากสองกระบวนการทำการผสมกับสารเคมีด้วยเครื่องบดผสมยางสองลูกกลิ้ง โดยใช้สูตรยางตามตารางที่ 3.1 โดยมีลำดับการผสมสารเคมีตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 สูตรยางธรรมชาติตามมาตรฐาน ASTM D3184-89 Rubber-Evaluation of Natural Rubber

Ingredients	phr
Natural Rubber	100.00
Zinc oxide	6.00
Sulphur	3.50
Stearic acid	0.50
MBT	0.50

ตารางที่ 3.2 ลำดับการผสมสารเคมี

	เวลา (นาที)	เวลาสะสม (นาที)
1. ตรวจสอบอุณหภูมิลูกกลิ้งให้ได้ $70 \pm 5^{\circ}\text{C}$	1	1
2. ตั้งระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 0.50 มม. นำยางเข้าบด โดยไม่ให้พื้นลูกกลิ้ง 2 ครั้ง		
3. ตั้งระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 1.40 มม. นำยางเข้าบด โดยให้พื้นลูกกลิ้งหน้า เมื่อยางถูกบดนิ่มและเริ่ม เรียบให้ปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งเป็น 1.90 มม.	4	5
4. เติมกรดสเตียริก	2	7
5. เติมซิงค์ออกไซด์ กำมะถัน และเอ็มบีที	4	11
6. ตัดยางระยะ $\frac{3}{4}$ ของยางจากแต่ละด้านโดยสลับ ด้านซ้ายขวา ด้านละ 3 ครั้ง	2	13
7. ตัดยางผสมสารเคมีออกจากลูกกลิ้ง ตั้งระยะห่าง ระหว่างลูกกลิ้งเป็น 0.80 มม. นำยางผ่านลูกกลิ้ง จำนวน 6 ครั้ง ยางที่ผ่านมาแต่ละครั้งม้วนเป็นรูป ทรงกระบอก ใส่ปลายข้างหนึ่งเข้าเครื่องในการบด ครั้งต่อไป ส่วนครั้งที่ 6 รีดออกมาเป็นแผ่นให้มี ความหนาไม่น้อยกว่า 6 มม.	2	15

3.3.4.2 ศึกษาสมบัติการวัลคาไนซ์ของยางสีกิมผสมสารเคมี

การทดสอบลักษณะการวัลคาไนซ์ด้วยเครื่อง Moving Die Rheometer (MDR) ตามมาตรฐาน ASTM D2084-01 มีวิธีการทดสอบดังนี้ นำยางคอมพอนด์ที่ตั้งทิ้งไว้ที่ อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสประมาณ 4.5 กรัม แล้ววางบนโร เตอร์ที่ผ่านการตั้งอุณหภูมิที่ 160°C แล้วเปิดเครื่องให้ทำงาน โรเตอร์จะหมุนทำมุม 1 องศา เครื่องบันทึกค่า Scorch time, Cure time, Maximum torque และ Minimum torque

การเตรียมชิ้นทดสอบโดยใช้กระบวนการอัด (Compression Molding)

นำยางผสมสารเคมีในข้อ 3.4.4.1 มาทำการขึ้นรูปด้วยกระบวนการอัด โดยทำการ อัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 160°C โดยใช้ความดัน 200 kg/cm^2 วางชิ้นตัวอย่างทิ้งไว้อย่างน้อย 24 ชั่วโมง ก่อนทำการทดสอบสมบัติต่อไป

3.3.4.3 ศักยภาพเชิงกลของยางสีกิม

นำชิ้นตัวอย่างที่ได้มาเตรียมชิ้นตัวอย่างรูปดัมเบล หลังจากนั้นนำไปทดสอบสมบัติเชิงกลตามมาตรฐาน ASTM D412 ซึ่งใช้เครื่องตัดชิ้นตัวอย่างแบบ Die C ขนาดความยาว 115 มิลลิเมตร กว้าง 6 ± 0.4 มิลลิเมตร หนาไม่ต่ำกว่า 1.5 มิลลิเมตร และไม่เกิน 3 มิลลิเมตร วัดความหนาของชิ้นตัวอย่าง 3 ตำแหน่ง หาค่าเฉลี่ยของความหนาที่วัดได้ และวัดความกว้างในช่วงความกว้างนี้ นำชิ้นทดสอบใส่ระหว่างที่จับ ดึงด้วยความเร็ว 500 มิลลิเมตร/นาที่ บันทึกค่าความทนต่อแรงดึง (tensile strength) และค่าการยืด ณ จุดขาด (elongation at break)

$$\text{Tensile strength} = F/A$$

เมื่อ F = แรงที่ใช้ในการดึงจนชิ้นทดสอบขาด (นิวตัน)
 A = พื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบ (ตารางมิลลิเมตร)

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลของคุณสมบัติของยางน้ำยางก่อนและหลังผ่านกระบวนการครีมมิ่ง

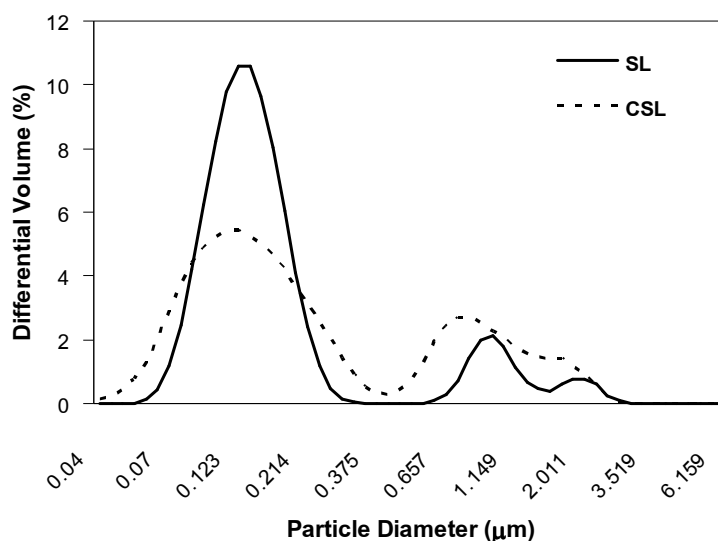
จากการศึกษาคุณสมบัติของยางน้ำยางก่อน (SL) และหลังผ่านกระบวนการครีมมิ่ง (CSL) ตามวิธีการทดลองในหัวข้อ 3.3.1 ผลการทดลองหาคุณสมบัติของยางน้ำยางก่อนและหลังผ่านกระบวนการครีมมิ่ง ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%TSC) ปริมาณเนื้อยางแห้ง (%DRC) ค่า pH ปริมาณแอมโมเนีย (%) และขนาดอนุภาคโดยเฉลี่ย ดังแสดงในตารางที่ 4.1-4.2 และรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติของยางน้ำยางจากแหล่งต่างๆ

Properties	Source of skim latex			
	Source 1	Source 2	Source 3	Source 4
Total solid content (%TSC)	7.4 ± 1.1	8.0 ± 1.4	6.2 ± 0.7	6.3 ± 0.9
Dry rubber content (%DRC)	4.2 ± 0.3	5.1 ± 0.4	2.7 ± 0.2	4.4 ± 0.2
pH	10.1 ± 0.4	9.1 ± 0.5	10.0 ± 0.7	9.2 ± 0.6
Alkalinity (as NH ₃) (%)	0.29 ± 0.10	0.10 ± 0.06	0.23 ± 0.04	0.14 ± 0.07
Average particle size (µm)	0.128	0.222	0.130	0.734

ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติของยางน้ำยางหลังผ่านกระบวนการครีมมิ่งจากแหล่งต่างๆ

Properties	Source of skim latex			
	Source 1	Source 2	Source 3	Source 4
Total solid content (%TSC)	33.1 ± 1.1	27.7 ± 0.8	28.1 ± 1.1	32.9 ± 1.3
Dry rubber content (%DRC)	32.2 ± 0.3	25.2 ± 0.2	26.5 ± 0.3	31.5 ± 0.4
pH	9.9 ± 0.5	8.7 ± 0.2	9.2 ± 0.4	9.0 ± 0.1
Alkalinity (as NH ₃) (%)	0.20 ± 0.08	0.09 ± 0.03	0.17 ± 0.10	0.13 ± 0.04
Average particle size (µm)	0.142	0.273	0.130	0.853



รูปที่ 4.1 ขนาดอนุภาคของหางน้ำยางเริ่มต้น (SL) และหางน้ำยางที่ผ่านกระบวนการครีมมิ่ง (CSL)

หางน้ำยางที่นำมาใช้ในการทดลองเก็บตัวอย่างจากแหล่งต่างๆ โดยทำการเก็บตัวอย่างหางน้ำยางที่ออกมาจากเครื่องเซนตริฟิวจ์ และเพิ่มความเข้มข้นของหางน้ำยางโดยกระบวนการครีมมิ่งทันทีที่ได้รับตัวอย่าง ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 โดยคุณสมบัติของหางน้ำยางก่อนและหลังผ่านกระบวนการครีมมิ่งที่ได้จากแต่ละแหล่งจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน โดยหางน้ำยางจะมีปริมาณของแข็งทั้งหมด (%TSC) อยู่ในช่วง 6-8% ปริมาณเนื้อยางแห้ง (%DRC) อยู่ในช่วง 2.5-5.5% ค่า pH อยู่ในช่วง 9-10 และปริมาณแอมโมเนียอยู่ในช่วง 0.15-0.30% หางน้ำยางที่ผ่านกระบวนการครีมมิ่งจะมีปริมาณของแข็งทั้งหมด (%TSC) อยู่ในช่วง 25-35% ปริมาณเนื้อยางแห้ง (%DRC) อยู่ในช่วง 25-35% ค่า pH อยู่ในช่วง 8-10 และปริมาณแอมโมเนียอยู่ในช่วง 0.10-0.20% การใช้กระบวนการครีมมิ่งในการรวบรวมเนื้อยางสามารถช่วยเพิ่มปริมาณเนื้อยางแห้งจาก 2.5-5.5% เป็น 25-35% ได้ และช่วยลดปริมาณแอมโมเนียลงจาก 0.15-0.30% เป็น 0.10-0.20%

ส่วนขนาดอนุภาคของหางน้ำยางก่อนและหลังจากผ่านกระบวนการครีมมิ่งไม่เปลี่ยนแปลง การที่ขนาดอนุภาคของหางน้ำยางไม่มีการเปลี่ยนแปลงอาจเกิดจากความสามารถในการดูดซับน้ำของสารก่อครีม ทำให้ขนาดของสารก่อครีมเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับความหนืดของสารละลาย เป็นผลให้อนุภาคยางถูกดันขึ้นไปอยู่ชั้นบนเหนือชั้นสารละลายก่อครีม โดยอนุภาคยางยังคงมีความเสถียรจึงทำให้ขนาดอนุภาคของหางน้ำยางไม่เปลี่ยนแปลง โดยมีขนาดอนุภาคโดยเฉลี่ย 0.130 ไมโครเมตร และการกระจายตัวของอนุภาคยางมีแนวโน้มที่แคบลง ดังแสดงในรูปที่ 4.1

4.2 ผลการศึกษาสมบัติของยางสกิม

4.2.1 ผลของชนิดกรดที่ใช้ในการจับตัวต่อสมบัติยางสกิม

จากการศึกษาสมบัติของยางสกิมที่เตรียมจากหางน้ำย่างก่อน และหลังผ่านกระบวนการครีมมิงจับตัวด้วยกรดชนิดต่างๆ ตามวิธีการทดลองในหัวข้อ 3.3.3.1 ผลการทดสอบสมบัติของยางสกิมที่เตรียมได้ ได้แก่ ค่าความหนืดมูนนี้ ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ค่าดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ปริมาณสิ่งสกปรก ปริมาณเถ้า และปริมาณไนโตรเจน ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.2-4.3



(ก)

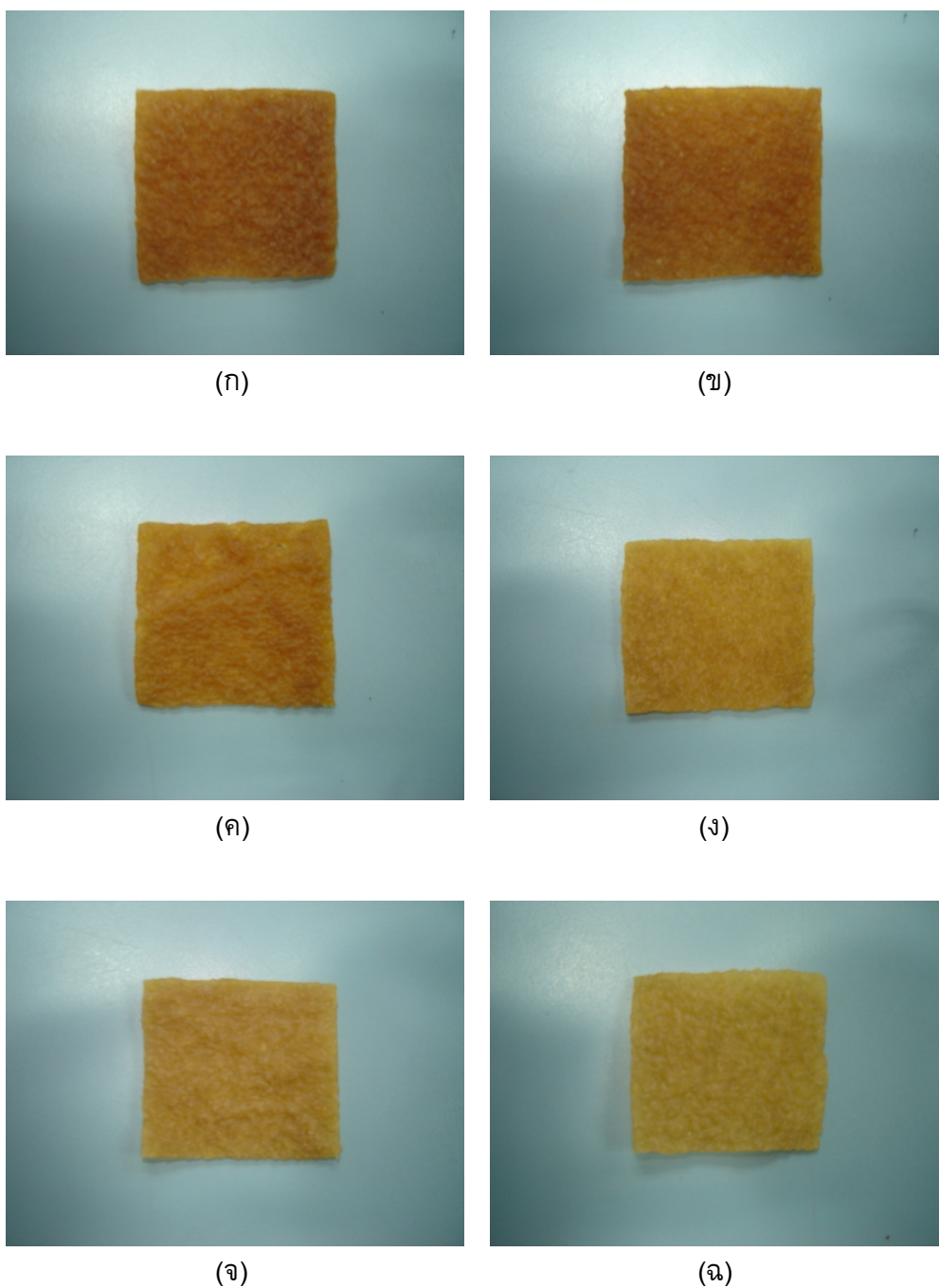


(ข)

รูปที่ 4.2 ลักษณะยางสกิมจับตัว (ก) หางน้ำย่างจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (ข) หางน้ำย่างที่ผ่านกระบวนการครีมมิงจับตัวด้วยซัลฟิวริกเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 4.3 สมบัติของยางสกิมและยางสกิมที่ได้จากจากกระบวนการครีมมิ่งจับตัวด้วยกรดชนิดต่างๆ

Samples	Properties					
	Mooney viscosity	P ₀	PRI (%)	Dirt content (%)	Ash content (%)	Nitrogen content (%)
SR						
H ₂ SO ₄	67.8±2.2	58.6±0.6	21.0±0.2	0.045±0.006	0.61±0.04	1.97±0.08
HCl	73.5±1.5	64.0±0.9	20.9±0.9	0.039±0.007	0.54±0.06	1.94±0.13
HCOOH	62.7±1.7	60.0±0.3	20.3±0.2	0.042±0.004	0.58±0.08	1.95±0.17
CSR						
H ₂ SO ₄	59.4±1.9	35.6±0.8	43.7±0.6	0.014±0.001	0.27±0.05	0.98±0.04
HCl	57.5±1.3	39.9±0.4	44.6±0.7	0.011±0.003	0.21±0.01	0.92±0.07
HCOOH	59.5±1.1	36.5±0.3	40.5±0.4	0.012±0.001	0.25±0.02	0.95±0.11
หมายเหตุ	SR คือ ยางสกิมที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดเข้มข้น					
	CSR คือ ยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่งจับตัวด้วยกรดเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก					



รูปที่ 4.3 ลักษณะยางสกินที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดเข้มข้นชนิดต่างๆ (ก) กรดซัลฟูริก (ข) กรดไฮโดรคลอริก (ค) กรดฟอร์มิก และยางสกินที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่งจับตัวด้วยกรดเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก ชนิดต่างๆ (ง) กรดซัลฟูริก (จ) กรดไฮโดรคลอริก (ฉ) กรดฟอร์มิก

การจับตัวเนื้อยางในทางน้ำยางที่ผ่านกระบวนการครีมนึ่งด้วยกรดเจือจางความเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก จะให้ลักษณะเช่นเดียวกับกับกระบวนการจับตัวเนื้อยางในทางน้ำยางด้วยกรดเข้มข้น ดังแสดงในรูปที่ 4.2 เมื่อนำก้อนยางจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริก กรดไฮโดรคลอริก และกรดฟอร์มิค ไปรีด และอบให้แห้งจะได้อย่างสกิมที่ได้มีสมบัติดังแสดงในตารางที่ 4.3 พบว่าทางน้ำยางก่อนและหลังผ่านกระบวนการครีมนึ่งสามารถจับตัวได้กับกรดทั้ง 3 ชนิด สมบัติของยางสกิม คือ ค่าความหนืดมูนี้ ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ค่าดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ปริมาณสิ่งสกปรก ปริมาณเถ้า และปริมาณไนโตรเจนมีค่าที่ใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าชนิดของกรดไม่มีผลต่อสมบัติของยางสกิมที่เตรียมได้จากกระบวนการครีมนึ่งจับตัวด้วยกรดเจือจางความเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก และกระบวนการจับตัวด้วยกรดเข้มข้น

ยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งจับตัวด้วยกรดเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก มีค่าความหนืดมูนี้ ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ปริมาณสิ่งสกปรก ปริมาณเถ้า และปริมาณไนโตรเจน มีค่าต่ำลง ส่วนค่าดัชนีความอ่อนตัว (PRI) มีค่าสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับยางสกิมที่ได้จากการกระบวนการจับตัวด้วยกรดเข้มข้น แสดงให้เห็นว่า การใช้กระบวนการครีมนึ่งในการเพิ่มความเข้มข้นของทางน้ำยางจะทำให้ได้อย่างสกิมที่มีการปนเปื้อนของ non-rubber น้อยลง เนื้อยางมีความนิ่มขึ้น (ง่ายต่อการแปรรูป) และมีความทนทานต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 4.3

เมื่อพิจารณาลักษณะของยางสกิมที่ได้ พบว่า ยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งจับตัวด้วยกรดชนิดต่าง ๆ จะมีสีจางกว่ายางสกิมที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยเข้มข้นชนิดต่าง ๆ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งจับตัวด้วยกรดชนิดต่าง ๆ มีปริมาณ non-rubber ต่ำกว่า และใช้กรดเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก ในการจับตัวซึ่งเป็นกรดเจือจาง จึงทำให้ได้อย่างสกิมที่ได้มีสีจางขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.3

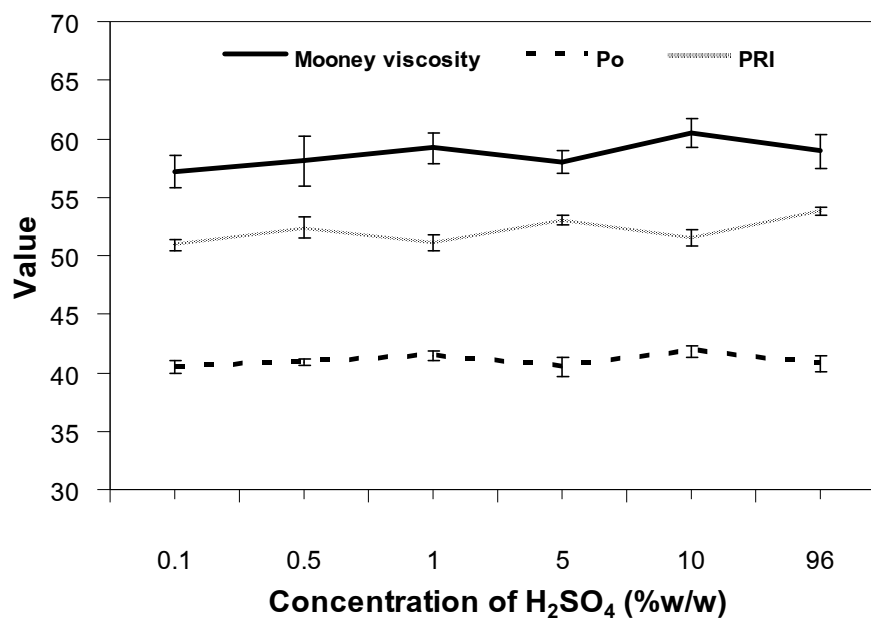
4.2.2 ผลของความเข้มข้นกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในการจับตัวต่อสมบัติยางสกิม

จากการศึกษาสมบัติของยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.1, 0.5, 1, 5, 10 และ 96% โดยน้ำหนัก ตามวิธีการทดลองในหัวข้อ 3.3.3.2 ผลการทดสอบสมบัติของยางสกิมที่ได้เตรียมได้ ได้แก่ ค่าความหนืดมูนี้ ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และค่าดัชนีความอ่อนตัวของยาง (PRI) ดังแสดงในตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 สมบัติของยางสกิมที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้นและยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมมิงจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.1, 0.5, 1, 5, 10 และ 96% โดยน้ำหนัก

Samples	Concentration of	Mooney viscosity	P_0	PRI (%)
	H_2SO_4 (%w/w)	ML(1+4), 100°C		
SR	96	76.7 ± 2.3	48.1 ± 1.0	35.1 ± 0.9
	0.1	57.2 ± 1.4	40.5 ± 0.6	50.9 ± 0.5
	0.5	58.1 ± 2.1	40.9 ± 0.3	52.4 ± 0.5
CSR	1.0	59.2 ± 1.3	41.5 ± 0.4	51.1 ± 0.7
	5.0	58.0 ± 0.9	40.5 ± 0.8	53.0 ± 0.4
	10	60.5 ± 1.2	41.8 ± 0.5	51.5 ± 0.7
	96	58.9 ± 1.5	40.8 ± 0.7	53.8 ± 0.3

หมายเหตุ SR คือ ยางสกิมที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น
CSR คือ ยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมมิงจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.1, 0.5, 1, 5, 10 และ 96% โดยน้ำหนัก



รูปที่ 4.4 สมบัติของยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมมิงจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกที่มีความเข้มข้น 0.1, 0.5, 1, 5, 10 และ 96% โดยน้ำหนัก

เมื่อทำการทดลองจับตัวหางน้ำยางด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น และหางน้ำยางที่ผ่านกระบวนการครีมนึงด้วยกรดซัลฟิวริกที่มีความเข้มข้น 0.1, 0.5, 1, 5, 10 และ 96% โดยน้ำหนัก รีด อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 100°C ทำการทดสอบสมบัติของยางสีกิมที่เตรียมได้ พบว่าค่าความหนืดมูนนี่ ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และค่าดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางสีกิมที่ผ่านกระบวนการครีมนึงจับตัวด้วยกรดความเข้มข้นต่างๆมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าความหนืดมูนนี่ประมาณ 58 ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ประมาณ 41 และค่าดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ประมาณ 52% ดังแสดงในรูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกไม่มีผลต่อสมบัติของยางสีกิมที่เตรียมได้

เมื่อพิจารณาสมบัติของยางสีกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึง พบว่า ค่าความหนืดมูนนี่ และค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) มีค่าต่ำกว่า ส่วนค่าดัชนีความอ่อนตัว (PRI) มีค่าสูงกว่า ยางสีกิมที่ได้จากการกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ดังแสดงในตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่า การใช้กระบวนการครีมนึงในการเพิ่มความเข้มข้นของหางน้ำยางจะทำให้ได้ยางสีกิมมีความนิ่มขึ้น (ง่ายต่อการแปรรูป) และมีความทนทานต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีขึ้น

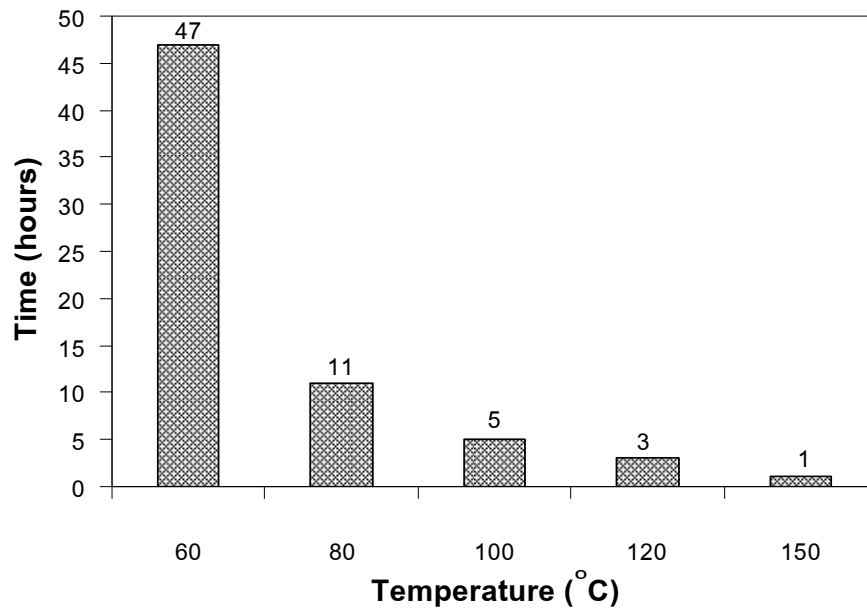
4.2.4 ผลของระยะเวลาและอุณหภูมิในการอบแห้งยางสีกิม

จากการศึกษาระยะเวลาและอุณหภูมิในการอบแห้งยางสีกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึงจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 60, 80, 100, 120 และ 150°C ตามวิธีการทดลองในหัวข้อ 3.3.2.3 ผลการทดสอบสมบัติของยางสีกิมที่เตรียมได้ ได้แก่ ค่าความหนืดมูนนี่ ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และค่าดัชนีความอ่อนตัวของยาง (PRI) ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.5-4.7

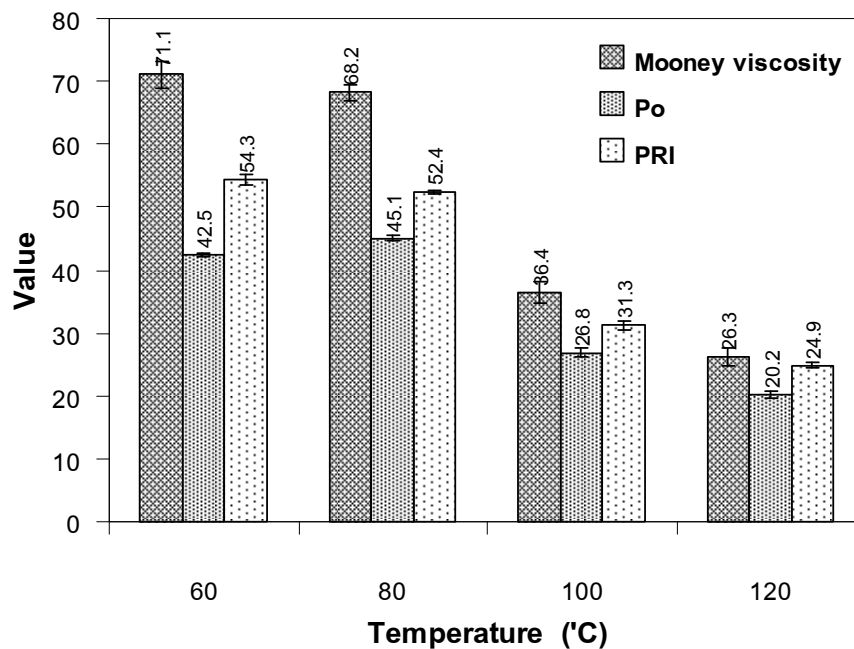
ตารางที่ 4.5 สมบัติของยางสีกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึงที่ได้จากการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก อบที่อุณหภูมิต่างๆ

Temperature (°C)	Time (hours)	Mooney viscosity ML(1+4), 100°C	P_0	PRI (%)
60	47	71.1 ± 2.1	42.5 ± 0.3	54.3 ± 0.8
80	11	68.2 ± 1.2	45.1 ± 0.4	52.4 ± 0.2
100	5	36.4 ± 1.7	26.8 ± 0.7	31.3 ± 0.7
120	3	26.3 ± 1.4	20.2 ± 0.5	24.9 ± 0.4
150	1	-	-	-

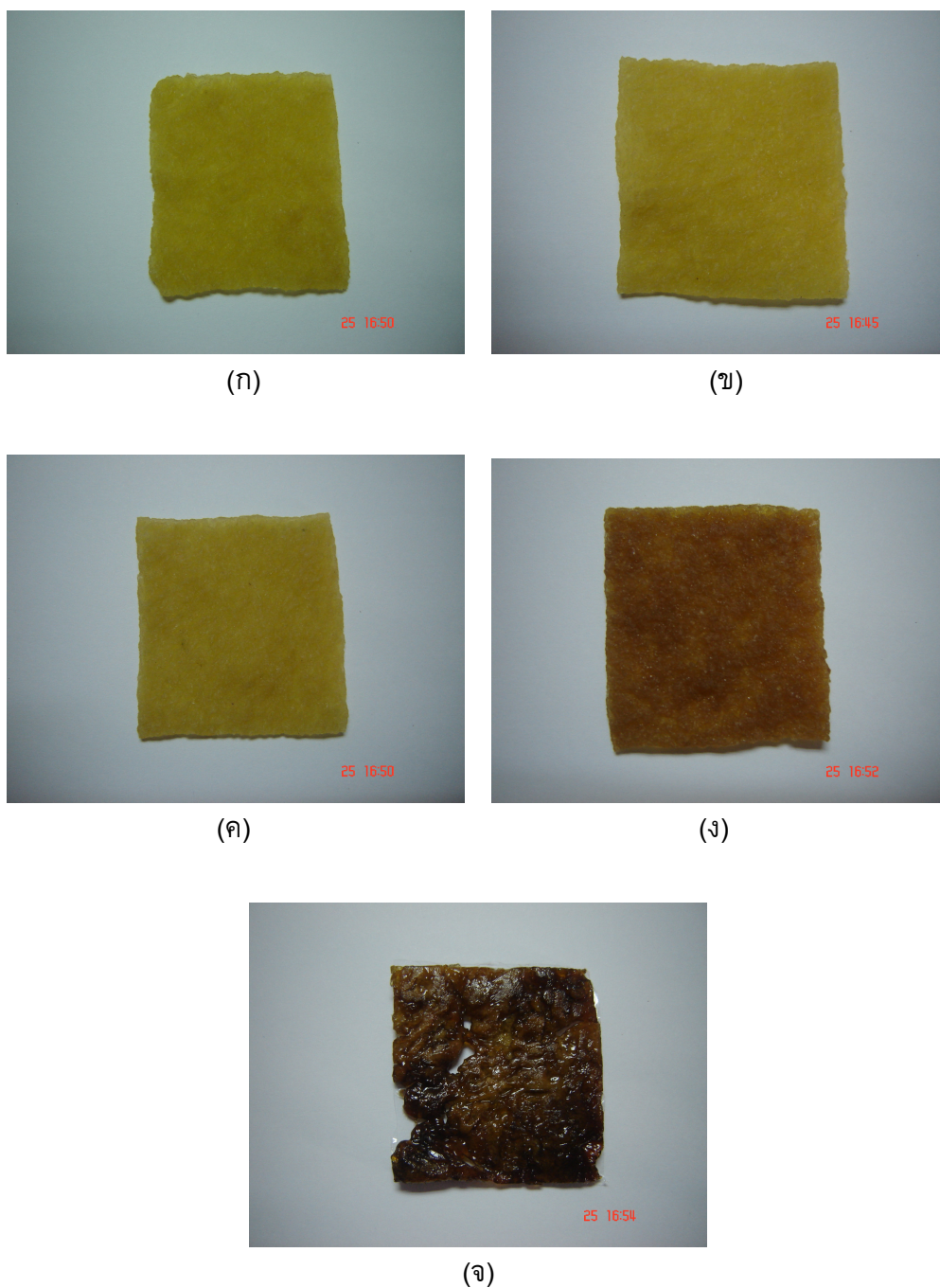
หมายเหตุ - ยางสีกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึงอบที่อุณหภูมิ 150°C ไม่สามารถทดสอบสมบัติได้เนื่องจากยางสีกิมที่ได้เหลวมาก



รูปที่ 4.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการอบยางสีกิมที่ได้จากกระบวนการครีมมั่งจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก



รูปที่ 4.6 ความหนืดมูนนี่ ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางสีกิมที่ได้จากกระบวนการครีมมั่งอบที่อุณหภูมิต่างๆ



รูปที่ 4.7 ลักษณะของยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่งจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก อบที่อุณหภูมิ (ก) 60°C (ข) 80°C (ค) 100°C (ง) 120°C (จ) 150°C

เมื่อนำยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่งจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60, 80, 100, 120 และ 150°C พบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้น เวลาที่ใช้ในการอบจะลดลง ดังแสดงในรูปที่ 4.5

เมื่อพิจารณาสมบัติของยางสกินที่ได้ พบว่า ค่าความหนืดมูนี่ ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และค่าดัชนีความอ่อนตัว (PRI) มีค่าต่ำลง เมื่อใช้อุณหภูมิในการอบสูงขึ้นแต่เมื่ออบยางสกินที่อุณหภูมิ 150°C ยางสกินที่ได้เหลวมากจนไม่สามารถทดสอบสมบัติได้ อาจเนื่องมาจากเมื่ออบยางที่อุณหภูมิสูงนั้นจะส่งผลให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้น โดยทุกๆ 10°C ปฏิกิริยาจะเกิดเร็วขึ้นเป็นสองเท่า ทำให้สายโซ่โมเลกุลยางตรงตำแหน่งพันธะคู่เกิดการแตกออก และขาดออกจากกันได้มาก ความยาวของสายโซ่โมเลกุลของยางจึงลดลง จึงทำให้ค่าความหนืดมูนี่ ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และค่าดัชนีความอ่อนตัว (PRI) มีค่าต่ำลง ดังแสดงในรูปที่ 4.6

ลักษณะของยางสกินที่ได้เมื่ออบที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิในการอบสูงขึ้น ยางสกินจะมีสีเข้มขึ้นอาจเนื่องมาจากเกิดการ degrade ของยาง ดังแสดงในรูปที่ 4.7

4.2.5 ผลของสมบัติยางสกินที่ได้จากแหล่งต่างๆ

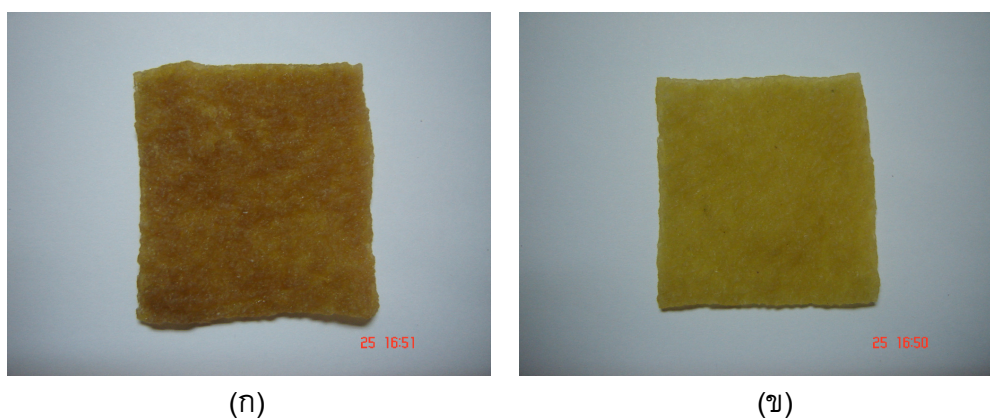
จากการศึกษาสมบัติของยางสกินที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (96%โดยน้ำหนัก) และยางสกินที่ได้จากกระบวนการครีมีนจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1%โดยน้ำหนัก จากแหล่งต่างๆ ตามวิธีการทดลองในหัวข้อ 3.3.2.4 ผลการทดสอบสมบัติของยางสกินที่เตรียมได้ ได้แก่ ค่าความหนืดมูนี่ ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ค่าดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ปริมาณสิ่งสกปรก ปริมาณเถ้า และปริมาณไนโตรเจน ดังแสดงในตารางที่ 4.6-4.7 และรูปที่ 4.8

ตารางที่ 4.6 สมบัติของยางสกินที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้นจากแหล่งต่างๆ

Properties	Source of skim latex			
	Source 1	Source 2	Source 3	Source 4
Dirt content (%wt.)	0.116 ± 0.010	0.016 ± 0.003	0.185 ± 0.007	0.030 ± 0.004
Ash content (%wt.)	0.60 ± 0.09	0.40 ± 0.07	0.48 ± 0.04	0.37 ± 0.09
Nitrogen content (%wt.)	3.36 ± 0.12	1.53 ± 0.09	3.96 ± 0.07	1.97 ± 0.06
Initial plasticity (P_0)	33.1 ± 0.2	54.3 ± 0.8	37.4 ± 0.6	39.7 ± 0.3
Plasticity retention index (PRI)	25.4 ± 0.6	22.1 ± 0.7	33.3 ± 0.5	40.6 ± 0.8
Mooney viscosity, ML(1+4), 100°C	45.3 ± 2.2	66.8 ± 1.4	64.7 ± 1.5	52.7 ± 1.7

ตารางที่ 4.7 สมบัติของยางสกินที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่งจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก จากแหล่งต่างๆ

Properties	Source of skim latex			
	Source 1	Source 2	Source 3	Source 4
Dirt content (%wt.)	0.025 ± 0.005	0.003 ± 0.0005	0.057 ± 0.010	0.020 ± 0.004
Ash content (%wt.)	0.35 ± 0.03	0.33 ± 0.07	0.34 ± 0.04	0.32 ± 0.02
Nitrogen content (%wt.)	1.84 ± 0.07	0.94 ± 0.09	1.81 ± 0.03	1.07 ± 0.06
Initial plasticity (P_0)	26.7 ± 0.3	33.0 ± 0.5	29.5 ± 0.5	28.0 ± 0.8
Plasticity retention index (PRI)	43.8 ± 0.2	44.8 ± 0.9	39.3 ± 0.3	42.1 ± 0.7
Mooney viscosity, ML(1+4), 100°C	34.4 ± 0.9	40.6 ± 1.6	37.6 ± 1.1	31.8 ± 1.4



รูปที่ 4.8 ลักษณะของยางสกิน (ก) กระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (ข) กระบวนการครีมมิ่งตามด้วยการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก

หาน้ำยางที่นำมาใช้ในการทดลองเก็บตัวอย่างจากแหล่งต่างๆ โดยทำการเก็บตัวอย่างหาน้ำยางที่ออกมาจากเครื่องเซนตริฟิวจ์ และทำการเตรียมตัวอย่างยางสกินด้วยกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น และกระบวนการครีมมิ่งตามด้วยการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก นานยางสกินที่ได้จากแหล่งต่างๆ มาทดสอบสมบัติของยางสกิน พบว่า ยางสกินที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่งจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก มีค่าความหนืดมูนี่ ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ปริมาณสิ่งสกปรก ปริมาณเถ้า และปริมาณไนโตรเจนมีค่าต่ำลง ส่วนค่าดัชนีความอ่อนตัว (PRI) มีค่าสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ

ยางสกิมที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ดังแสดงในตารางที่ 4.6-4.7 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การใช้กระบวนการคริมมิ่งในการรวบรวมเนื้อยางจะทำให้ได้ยางสกิมที่มีการปนเปื้อนของ non-rubber น้อยลง เนื้อยางมีความนุ่มขึ้น (ง่ายต่อการแปรรูป) และมีความทนทานต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีขึ้น

เมื่อพิจารณาสมบัติของยางสกิมจากทุกแหล่ง พบว่า ยางสกิมที่ได้จากกระบวนการคริมมิ่งจากทุกแหล่งมีสมบัติใกล้เคียงกันเมื่อเปรียบเทียบกับยางสกิมที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้นซึ่งมีสมบัติแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่า การใช้กระบวนการคริมมิ่งในการรวบรวมเนื้อยางจะสามารถช่วยลดความแปรปรวนของคุณภาพยางสกิมได้

เมื่อพิจารณาลักษณะของยางสกิมที่ได้ พบว่า ยางสกิมที่ได้จากกระบวนการคริมมิ่งจะมีสีจางกว่ายางสกิมที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากยางสกิมที่ผ่านกระบวนการคริมมิ่งมีปริมาณ non-rubber ต่ำกว่า และการใช้กรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก ในการจับตัวซึ่งเป็นกรดเจือจางจึงทำให้ได้ยางสกิมที่มีสีจางลง ดังแสดงในรูปที่ 4.8

4.3 ผลการปรับปรุงคุณภาพยางสกิม

จากการทดลองเตรียมยางสกิมจากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น และกระบวนการคริมมิ่งจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก พบว่า ยางสกิมที่ได้จากกระบวนการคริมมิ่งมีคุณภาพดีกว่ายางสกิมที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น รวมถึงปริมาณไนโตรเจนซึ่งจะลดลงน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของปริมาณเดิม อย่างไรก็ตาม การพัฒนาคุณภาพของยางสกิมก็ยังเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้สามารถนำยางสกิมไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น การปรับปรุงคุณภาพของยางสกิมสามารถทำได้ ดังนี้

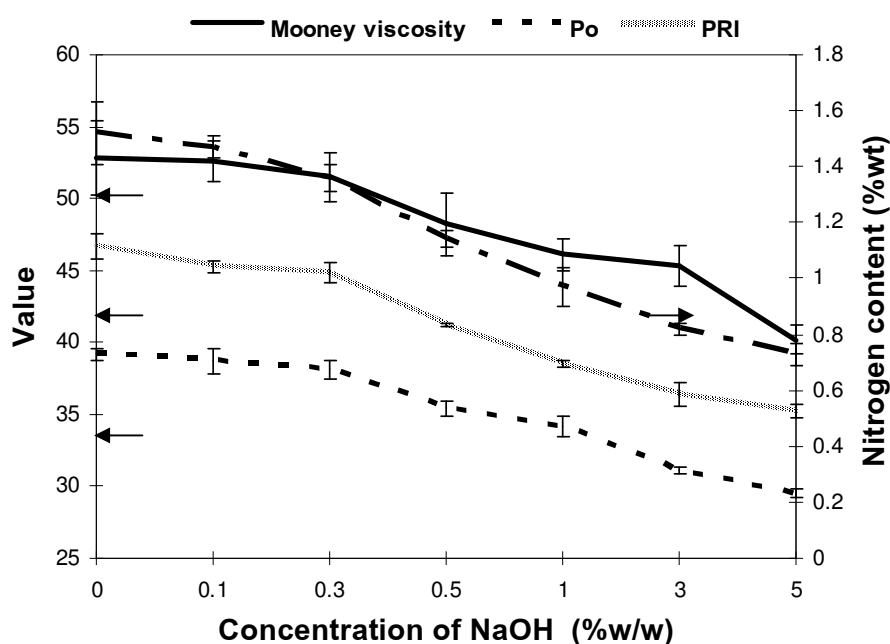
4.3.1 ผลของการใช้หางน้ำยางที่ผ่านกระบวนการคริมมิ่งร่วมกับสารละลาย

โซเดียมไฮดรอกไซด์

จากการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของยางสกิมโดยใช้หางน้ำยาง (บริษัท ไทยรับเบอร์ จำกัด (สาขาหาดใหญ่)) ที่ผ่านกระบวนการคริมมิ่งร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 0, 0.1, 0.3, 0.5, 1, 3 และ 5% โดยน้ำหนัก ตามวิธีการทดลองในหัวข้อ 3.3.3.1 ผลการทดสอบสมบัติของยางสกิมที่เตรียมได้ ได้แก่ ค่าความหนืดมูนั้น ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ค่าดัชนีความอ่อนตัว (PRI) และปริมาณไนโตรเจน ดังแสดงในตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.9

ตารางที่ 4.8 สมบัติของยางสกิมที่ได้จากการใช้หางน้ำยางที่ผ่านกระบวนการครีมมิ่งร่วมกับ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นต่างๆ

Concentration of NaOH (%w/w)	Mooney viscosity ML(1+4), 100°C	P ₀	PRI (%)	Nitrogen content (%wt.)
0	52.8 ± 2.6	39.2 ± 0.4	46.7 ± 0.9	1.52 ± 0.11
0.1	52.6 ± 1.4	38.7 ± 0.9	45.3 ± 0.4	1.47 ± 0.04
0.3	51.5 ± 1.7	38.1 ± 0.6	44.9 ± 0.7	1.36 ± 0.05
0.5	48.2 ± 2.2	35.4 ± 0.5	41.2 ± 0.1	1.14 ± 0.03
1	46.1 ± 1.1	34.2 ± 0.7	38.5 ± 0.2	0.97 ± 0.07
3	45.3 ± 1.4	31.1 ± 0.2	36.4 ± 0.8	0.82 ± 0.02
5	40.2 ± 1.0	29.5 ± 0.3	35.2 ± 0.5	0.73 ± 0.04



รูปที่ 4.9 ความหนืดมูนนี่ ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P₀) ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) และปริมาณไนโตรเจนของยางสกิมที่ได้จากการใช้หางน้ำยางที่ผ่านกระบวนการครีมมิ่งร่วมกับ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นต่างๆ

เมื่อทำการทดลองผสมยางน้ำยางที่ผ่านกระบวนการครีมนึ่งร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 0, 0.1, 0.3, 0.5, 1, 3 และ 5% โดยน้ำหนัก และทดสอบสมบัติของยางสกิมที่เตรียมได้ พบว่า ค่าความหนืดมูนินี้ ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ค่าดัชนีความอ่อนตัว (PRI) และปริมาณไนโตรเจนมีค่าต่ำลง ตามความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.9 ซึ่งค่าความหนืดมูนินี้ ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และค่าดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ที่ลดต่ำลง อาจเนื่องมาจากปริมาณไนโตรเจนที่ลดต่ำลงทำให้ยางสกิมมีการปนเปื้อนของ non-rubber น้อยลง เนื่องจากจึงมีความเข้มข้น และมีความทนทานต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันลดต่ำลง

ความสามารถในการลดลงของปริมาณไนโตรเจนในยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ ถ้าใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นสูงขึ้น ซึ่งจากการทดลองนี้ใช้ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ตั้งแต่ 0.1-5% โดยน้ำหนัก จะเห็นได้ว่าปริมาณไนโตรเจนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในระหว่างการตั้งยางน้ำยางทิ้งไว้ โปรตีนที่อยู่ในยางน้ำยางจะถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ที่มีอยู่โดยธรรมชาติจากโพลีเปปไทด์ (Polypeptides) ให้กลายเป็นเปปไทด์ และกรดอะมิโนซึ่งมีขนาดเล็กลง สารเหล่านี้จะถูกละลายออกจากยางสกิมด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ผสมในยางน้ำยางซึ่งจะเกิดกระบวนการไฮโดรไลซิสควบคู่ไปด้วย (Firestone Type and Rubber Company, 1955)

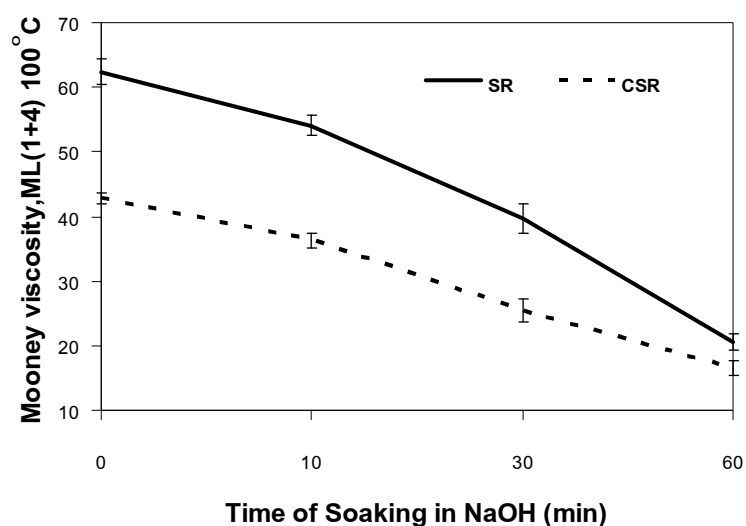
4.3.2 ผลของการแช่ยางสกิมในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

จากการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของยางสกิมโดยการแช่ยางสกิมจับตัวที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น และกระบวนการครีมนึ่งจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 5% โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 0, 10, 30 และ 60 นาที ตามวิธีการทดลองในหัวข้อ 3.3.3.2 ผลการทดสอบสมบัติของยางสกิมที่เตรียมได้ ได้แก่ ค่าความหนืดมูนินี้ ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ค่าดัชนีความอ่อนตัว (PRI) และปริมาณไนโตรเจน ดังแสดงในตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.10-4.13

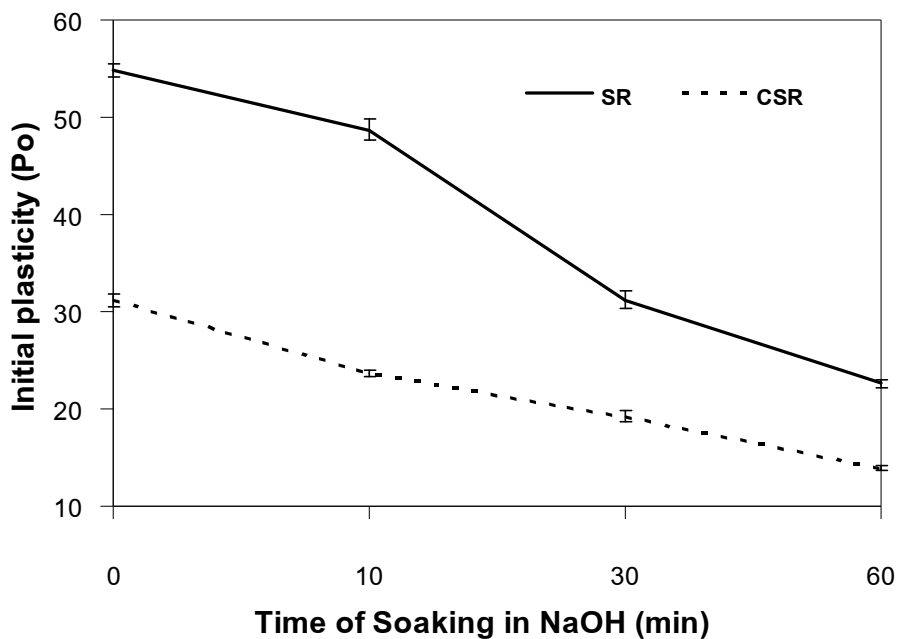
ตารางที่ 4.9 สมบัติของยางสกิมและยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่งหลังแช่ยางจับตัวในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5% โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 0, 10, 30 และ 60 นาที

Time of Soaking (min.)	Mooney viscosity ML(1+4), 100°C	P ₀	PRI (%)	Nitrogen content (%wt.)
SR				
0	62.4 ± 0.9	54.8 ± 0.7	35.6 ± 0.6	2.54 ± 0.07
10	54.1 ± 1.5	48.7 ± 1.1	30.3 ± 0.5	2.39 ± 0.03
30	39.7 ± 2.2	31.2 ± 0.9	26.4 ± 0.8	2.17 ± 0.09
60	20.6 ± 1.3	22.6 ± 0.4	23.1 ± 0.3	1.73 ± 0.02
CSR				
0	42.8 ± 1.3	31.2 ± 0.7	46.7 ± 0.2	1.52 ± 0.04
10	36.3 ± 1.2	23.7 ± 0.3	39.6 ± 0.8	1.41 ± 0.07
30	25.4 ± 0.8	19.2 ± 0.6	31.2 ± 0.5	1.28 ± 0.06
60	16.5 ± 1.1	13.9 ± 0.2	25.5 ± 0.7	0.94 ± 0.02

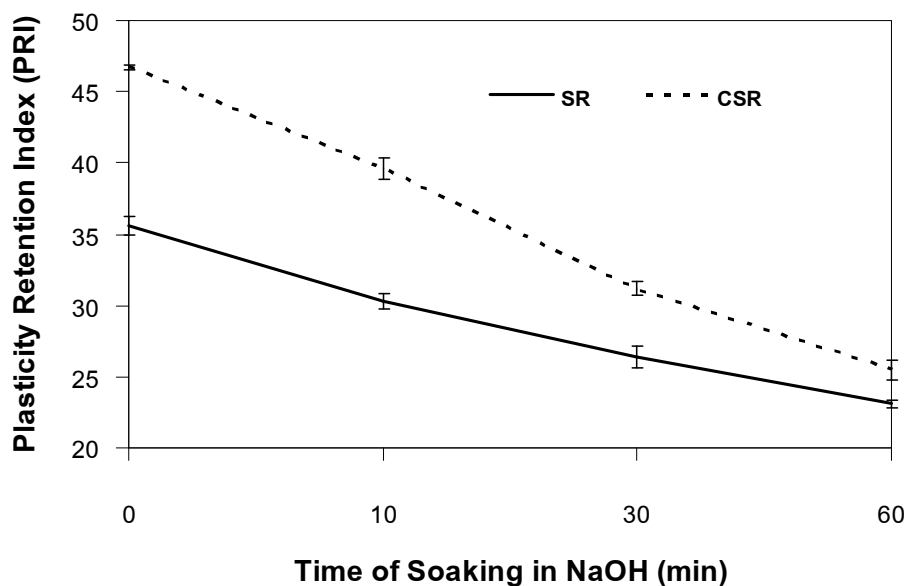
หมายเหตุ SR คือ ยางสกิมที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น CSR คือ ยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่งจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก



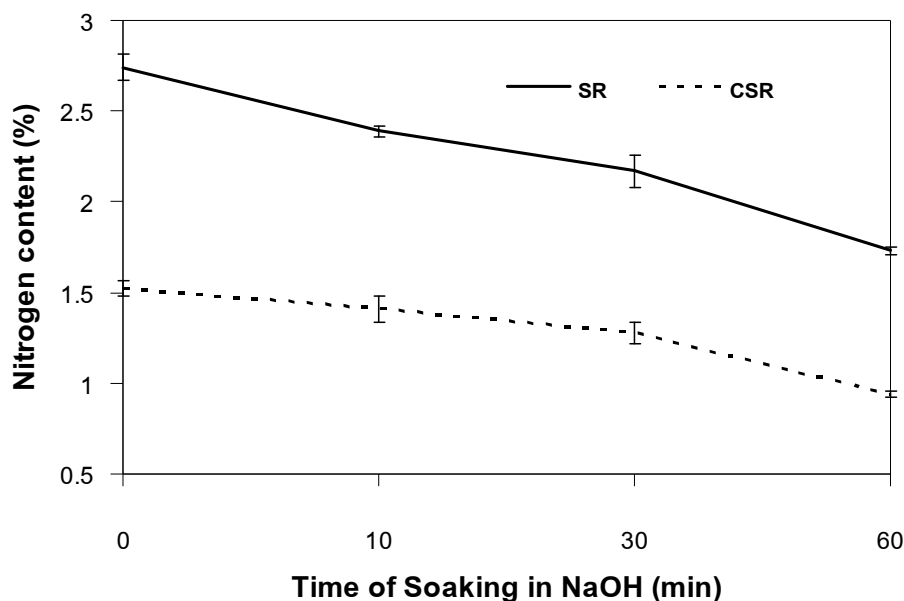
รูปที่ 4.10 ความหนืดมูนี่ของยางสกิมและยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่งหลังจากแช่ยางจับตัวในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5% โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 0, 10, 30 และ 60 นาที



รูปที่ 4.11 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ของยางสกิมและยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่ง หลังจากแช่ยางจับตัวในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5% โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 0, 10, 30 และ 60 นาที



รูปที่ 4.12 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางสกิมและยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่ง หลังจากแช่ยางจับตัวในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5% โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 0, 10, 30 และ 60 นาที



รูปที่ 4.13 ปริมาณไนโตรเจนของยางสกิมและยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่งหลังจากแช่ยางจับตัวในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5% โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 0, 10, 30 และ 60 นาที

เมื่อทำการทดลองนำก้อนยางจับตัวที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น และกระบวนการครีมมิ่งจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก มาตัดฝอย และนำไปแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5% โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 0, 10, 30 และ 60 นาที พบว่า เมื่อใช้เวลาในการแช่ยางสกิมในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5% โดยน้ำหนัก เพิ่มขึ้น ค่าความหนืดมูนนี้ ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ค่าดัชนีความอ่อนตัว (PRI) และปริมาณไนโตรเจนของยางสกิมมีค่าต่ำลง ดังแสดงในรูปที่ 4.10-4.13 โดยค่าความหนืดมูนนี้ ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และค่าดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ที่ลดต่ำลง อาจเนื่องมาจากปริมาณไนโตรเจนที่ลดต่ำลงทำให้ยางสกิมมีการปนเปื้อนของ non-rubber น้อยลง เนื้อยางจึงมีความนุ่มขึ้น และมีความทนทานต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันลดต่ำลง

ยางสกิมที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้นมีปริมาณไนโตรเจนลดลงจาก 2.54 เป็น 1.73% โดยน้ำหนัก และปริมาณไนโตรเจนของยางสกิมที่ผ่านกระบวนการครีมมิ่งลดลงจาก 1.52 เป็น 0.94% โดยน้ำหนัก ดังแสดงในรูปที่ 4.13 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นด่างแก่จึงสามารถไฮโดรไลซิสโปรตีนที่ผิวอนุภาคยางได้ จึงมีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนลดลง

4.3.3 ผลของระยะเวลาการเก็บยางจับตัวต่อสมบัติยางสกิม

จากการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของยางสกิมโดยการเก็บยางสกิมจับตัวที่ได้จาก กระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น และกระบวนการครีมมิ่งจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1%โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 0, 3, 5 และ 7 วัน ตามวิธีการทดลองในหัวข้อ 3.3.3.3 ผลการทดสอบสมบัติของยางสกิมที่เตรียมได้ ได้แก่ ค่าความหนืดมูนนี่ ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ค่าดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ดังแสดงในตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.14-4.16

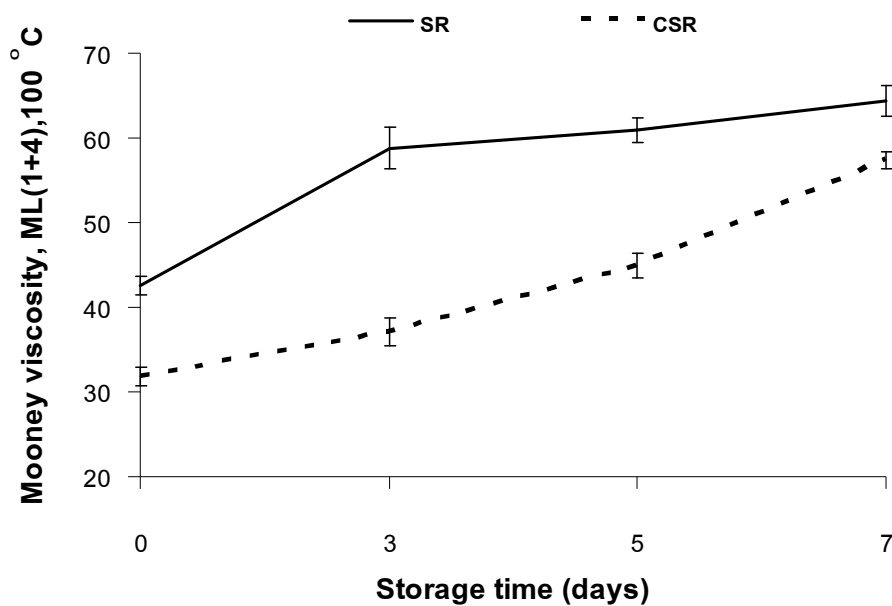
ตารางที่ 4.10 สมบัติของยางสกิมและยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่งเมื่อเก็บยางจับตัวเป็นเวลา 0, 3, 5 และ 7 วัน

Samples	Storage time* (days)	Mooney viscosity	P_0	PRI
		ML(1+4), 100°C		(%)
SR	0	42.6 ± 1.1	29.4 ± 0.6	26.0 ± 0.6
	3	58.8 ± 2.5	34.3 ± 1.0	25.6 ± 0.3
	5	60.9 ± 1.4	36.0 ± 0.7	23.5 ± 0.7
	7	64.4 ± 1.8	36.8 ± 0.9	25.0 ± 1.0
CSR	0	31.9 ± 1.1	23.6 ± 0.3	37.1 ± 0.6
	3	37.1 ± 1.7	29.1 ± 0.7	32.2 ± 0.9
	5	44.9 ± 1.4	31.8 ± 0.8	37.5 ± 0.8
	7	57.4 ± 1.0	35.6 ± 0.2	38.9 ± 0.5

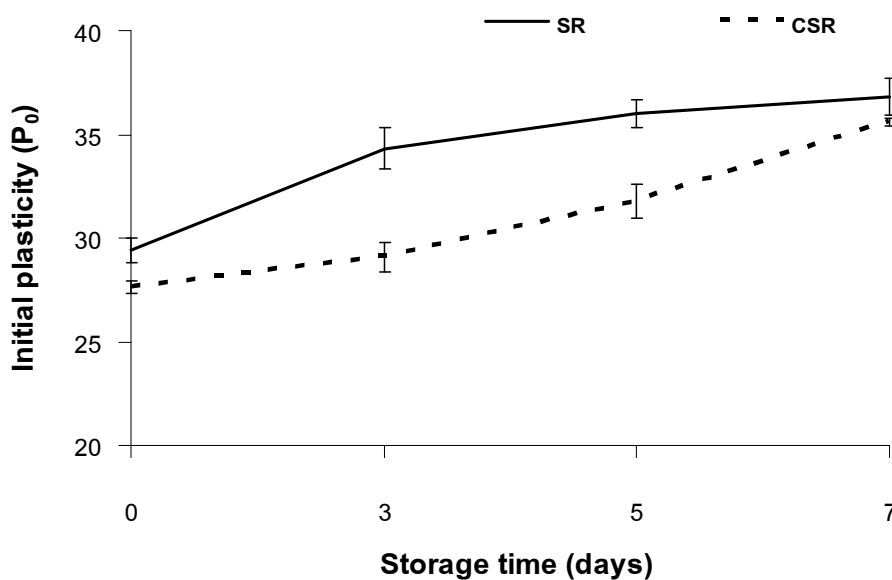
หมายเหตุ * ระยะเวลาเก็บยางจับตัวเป็นเวลาต่างๆ

SR คือ ยางสกิมที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น

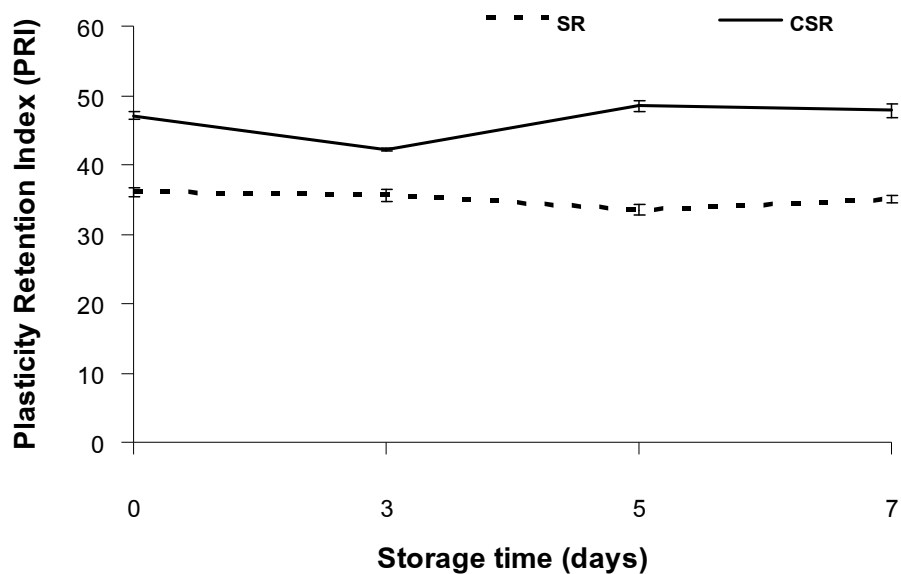
CSR คือ ยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่งจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1%โดยน้ำหนัก



รูปที่ 4.14 ความหนืดมูนนี่ของยางสกิมและยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่งเมื่อเก็บยางจับตัวเป็นเวลา 0, 3, 5 และ 7 วัน



รูปที่ 4.15 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P₀) ของยางสกิมและยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่งเมื่อเก็บยางจับตัวเป็นเวลา 0, 3, 5 และ 7 วัน



รูปที่ 4.16 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางสกิมและยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่งเมื่อเก็บยางจับตัวเป็นเวลา 0, 3, 5 และ 7 วัน

เมื่อเก็บยางสกิมจับตัวไว้ก่อนนำไปรีดและอบเป็นเวลา 0, 3, 5 และ 7 วัน พบว่า เมื่อวางยางสกิมจับตัวทิ้งไว้เป็นเวลานานขึ้น ค่าความหนืดมูนนี้ และค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ของยางสกิมที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น และยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่งจะเพิ่มขึ้น โดยยางสกิมที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้นค่าความหนืดมูนนี้เพิ่มขึ้นจาก 42 เป็น 65 และค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นเพิ่มขึ้นจาก 29 เป็น 37 และยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่งค่าความหนืดมูนนี้เพิ่มขึ้นจาก 31 เป็น 58 และค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) เพิ่มขึ้นจาก 23 เป็น 36 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเกิดการควบแน่นของหมู่อัลดีไฮด์ ทำให้เกิดพันธะเชื่อมโยงของโมเลกุลยางขึ้น ยางจึงแข็งขึ้น ทำให้ค่าความหนืดมูนนี้ และค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ของยางสกิมที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น และยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่งเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.14-4.15 ส่วนค่าดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางสกิมที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น และยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน โดยค่าดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางสกิมที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้นมีค่าประมาณ 25% และยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่งมีค่าประมาณ 36% ดังแสดงในรูปที่ 4.16

4.4 ผลการศึกษาสมบัติของยางสกิมผสมสารเคมี

เมื่อนำยางสกิมที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น และกระบวนการครีมนึ่งผสมสารเคมีตามวิธีการทดลองในหัวข้อ 3.3.4.1 และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำยางผสมสารเคมีที่ได้ศึกษาสมบัติ ดังนี้

4.4.1 ผลของสมบัติการวัลคาไนซ์ของยางสกิมผสมสารเคมี

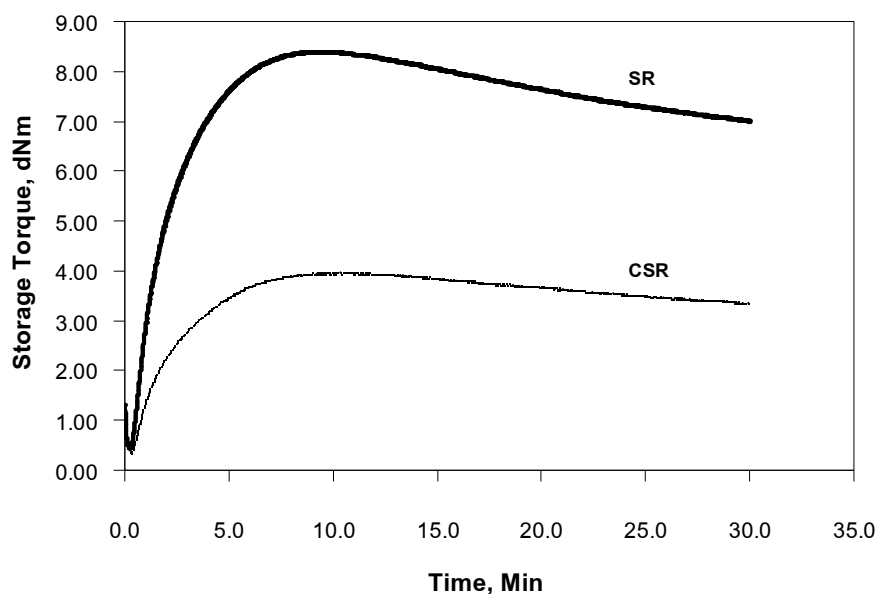
จากการศึกษาสมบัติการวัลคาไนซ์ของยางสกิมผสมสารเคมีที่ได้จากยางสกิมที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น และยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่ง ตามวิธีการทดลองในหัวข้อ 3.3.4.2 ผลการทดสอบสมบัติการวัลคาไนซ์ของยางสกิมที่เตรียมได้ ได้แก่ ระยะเวลาสกอร์ช (Scorch time), ระยะเวลาของการคงรูป (Cure time), ค่าแรงบิดสูงสุด (M_H) และค่าแรงบิดต่ำสุด (M_L) ดังแสดงในตารางที่ 4.11 และรูปที่ 4.17

ตารางที่ 4.11 สมบัติการวัลคาไนซ์ของยางสกิมและยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งจากเครื่อง Moving Die Rheometer (MDR) ที่อุณหภูมิ 160°C เมื่อใช้ MBT เป็นตัวเร่ง

Properties	SR	CSR
Scorch time (min)	0.38	1.01
Cure time (min)	5.00	5.40
M_H (lb/in ²)	8.39	3.96
M_L (lb/in ²)	0.44	0.31

หมายเหตุ SR คือ ยางสกิมที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น

CSR คือ ยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1%โดยน้ำหนัก



รูปที่ 4.17 ลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางสกินและยางสกินที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่งเครื่อง Moving Die Rheometer (MDR) ที่อุณหภูมิ 160°C เมื่อใช้ MBT เป็นตัวเร่ง

จากการทดลองทดสอบลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางสกินที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น และยางสกินที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่งโดยใช้เครื่อง Moving Die Rheometer (MDR) โดยใช้สารตัวเร่ง คือ MBT พบว่า ยางสกินที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่ง ให้ค่า Scorch time และค่า Cure time ที่ช้ากว่า ค่าแรงบิดสูงสุด (M_H) และค่าแรงบิดต่ำสุด (M_L) ต่ำกว่ายางสกินที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ดังแสดงในตารางที่ 4.11 และยางสกินที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่งมีลักษณะการวัลคาไนซ์ที่ช้ากว่ายางสกินที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ดังแสดงในรูปที่ 4.17 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการมีปริมาณไนโตรเจนหรือโปรตีนในเนื้อยางที่ต่ำกว่าซึ่งไนโตรเจนที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในเนื้อยางจะทำหน้าที่เป็นตัวช่วยเร่งในการทำให้ยางคงรูปดังนั้นการมีปริมาณไนโตรเจนที่ต่ำกว่าก็จะทำให้ยางคงรูปได้ช้าลง

4.4.2 ผลของสมบัติเชิงกลของยางสกิน

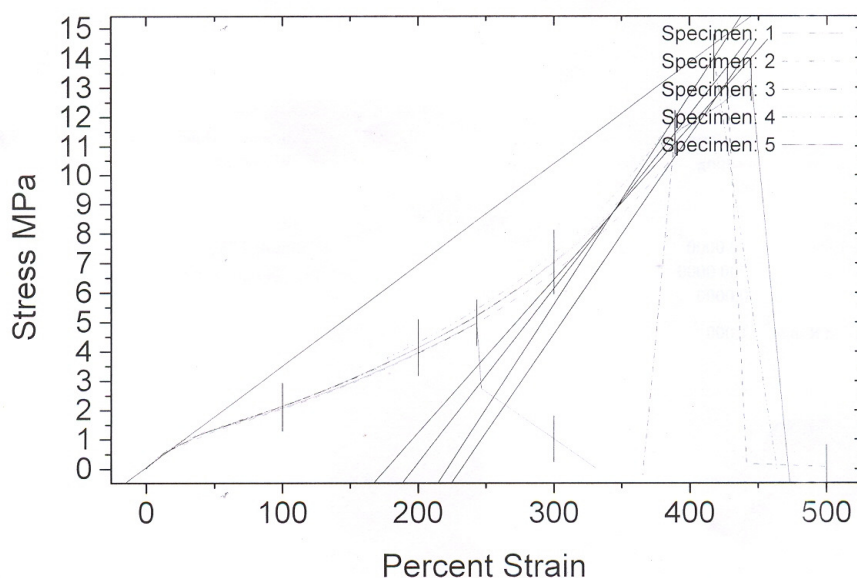
จากการศึกษาสมบัติเชิงกลของยางสกินผสมสารเคมีที่ได้จากยางสกินจากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น และยางสกินที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่ง ตามวิธีการทดลองในหัวข้อ 3.3.4.3 ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลของยางสกินที่เตรียมได้ ได้แก่ ค่าความทนทานต่อแรงดึง (Tensile strength) ค่าโมดูลัส (Modulus) และค่าการยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break) ดังแสดงในตารางที่ 4.12 และรูปที่ 4.18-4.23

ตารางที่ 4.12 สมบัติเชิงกลของยางสกิม และยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งก่อนและหลังการบ่มเร่ง

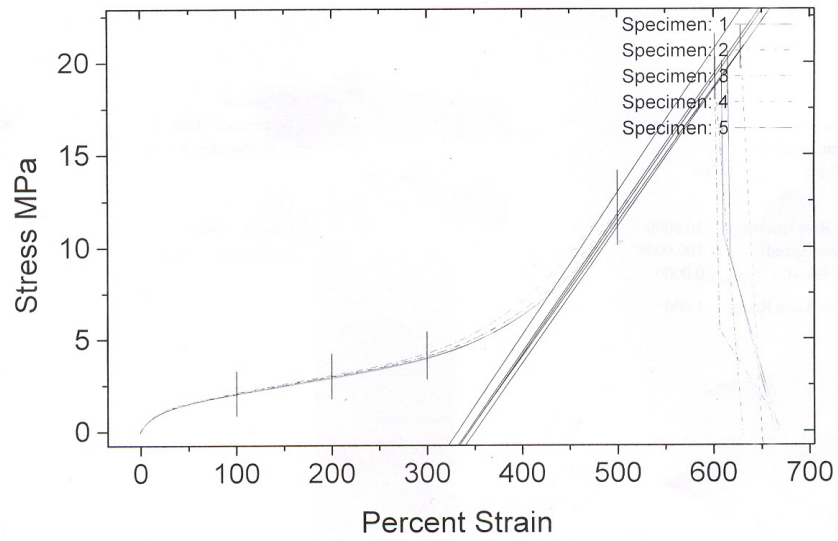
Properties	SR	CSR
Before aging		
Tensile Strength (MPa)	20.9 ± 1.4	22.7 ± 1.3
100%Modulus (MPa)	2.05 ± 0.04	1.65 ± 0.06
300%Modulus (MPa)	4.07 ± 0.10	3.78 ± 0.16
Elongation at break (%)	454.0 ± 17.8	660.2 ± 16.0
After aging		
Tensile Strength (MPa)	10.4 ± 3.1	14.3 ± 1.2
100%Modulus (MPa)	2.86 ± 0.03	2.12 ± 0.05
300%Modulus (MPa)	6.20 ± 0.58	5.83 ± 0.68
Elongation at break (%)	265.98 ± 20.3	436.10 ± 14.8

หมายเหตุ SR คือ ยางสกิมที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น

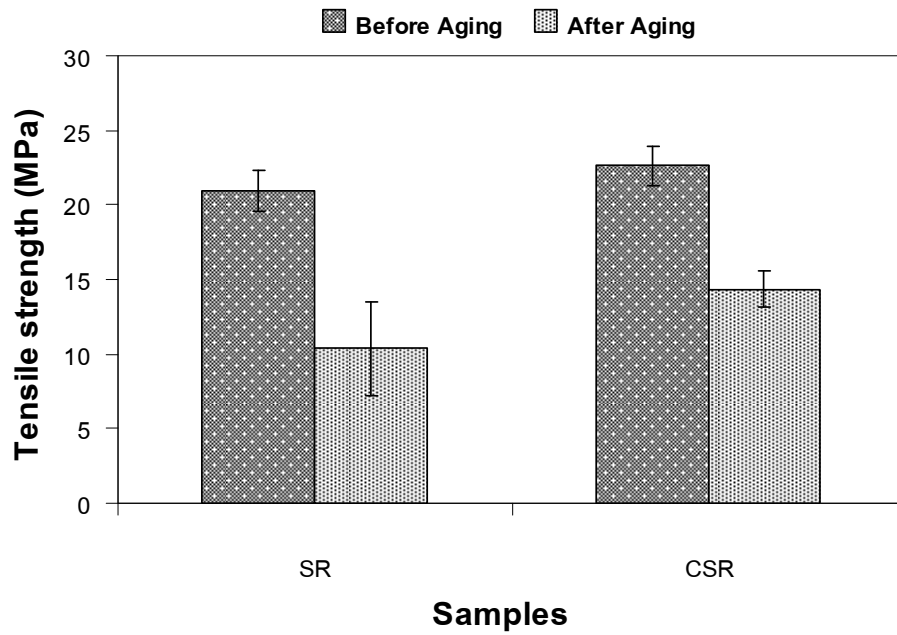
CSR คือ ยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1%โดยน้ำหนัก



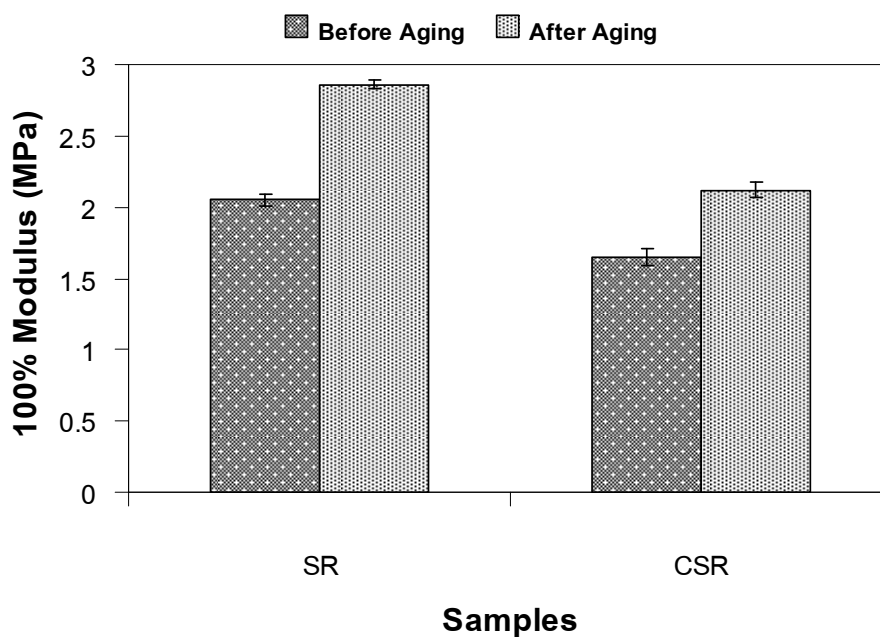
รูปที่ 4.18 ลักษณะกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น-ความเครียดของยางสกิม



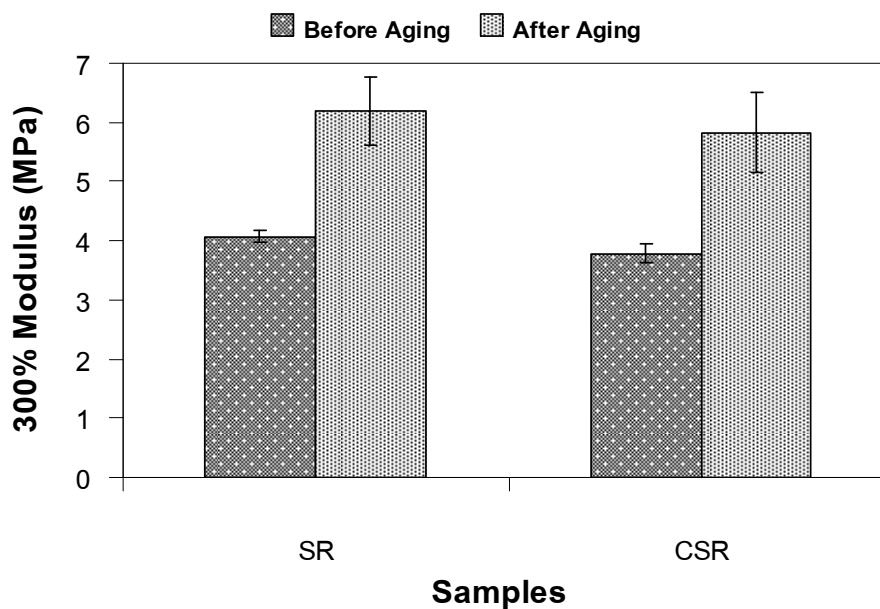
รูปที่ 4.19 ลักษณะกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น-ความเครียดของยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่ง



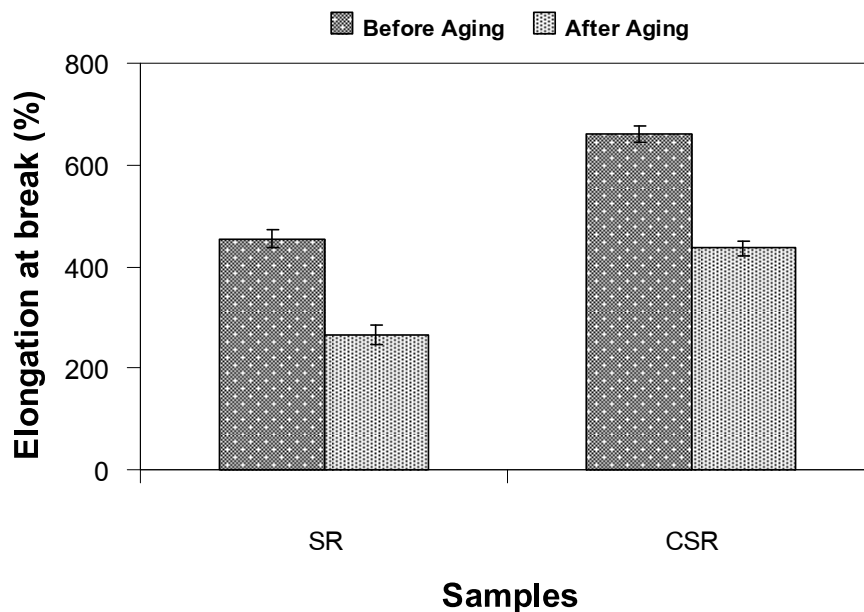
รูปที่ 4.20 Tensile strength ของยางสกิมและยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่งก่อนและหลังการป่มแรง



รูปที่ 4.21 100%Modulus ของยางสกิมและยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่งก่อนและหลังการปมเร่ง



รูปที่ 4.22 300%Modulus ของยางสกิมและยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่งก่อนและหลังการปมเร่ง



รูปที่ 4.23 %Elongation at break ของยางสกีและยางสกีที่ได้จากกระบวนการครีมนิ่งก่อนและหลังการบ่มเร่ง

จากการทดลองทดสอบสมบัติทางเชิงกลของยางสกีและยางสกีที่ได้จากกระบวนการครีมนิ่ง พบว่า ค่า Tensile strength และค่า %Elongation at break ของยางสกีที่ได้จากกระบวนการครีมนิ่งมีสมบัติที่ดีกว่า ส่วนค่า 100%Modulus และ 300%Modulus มีสมบัติด้อยกว่ายางสกีที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ดังแสดงในรูปที่ 4.20-4.23 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากยางสกีที่ได้จากกระบวนการครีมนิ่งมี non-rubber ในเนื้อเยื่อต่ำกว่ายางสกีที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ทำให้ยางสกีที่ได้จากกระบวนการครีมนิ่งมีความแข็งแรง และความยืดหยุ่นสูงกว่า แต่มีความแข็งต่ำกว่ายางสกีที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น

เมื่อพิจารณาสมบัติเชิงกลของยางสกีและยางสกีที่ได้จากกระบวนการครีมนิ่งก่อน และหลังการบ่มเร่ง พบว่า ก่อนบ่มเร่งค่า Tensile strength และค่า %Elongation at break ของยางสกีที่ได้จากทั้งสองกระบวนการจะมีค่ามากกว่าหลังการบ่มเร่ง ที่ 70°C เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 4.20, 4.23 เนื่องมาจากการให้ความร้อนทำให้ยางมีการเสื่อมสภาพเร็วขึ้น เกิดพันธะที่สั้นลง (กฤษณา, 2009) แต่ค่า 100%modulus และ 300%modulus หลังการบ่มเร่งมีค่าเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.21-4.22 อาจเนื่องมาจากการเกิด post curing (Pongdhorn, 2007) นั่นคือยางผสมเกิดปฏิกิริยาหลังการบ่มเร่งต่อไปได้อีกและการให้ความร้อนทำให้ยางมีการเสื่อมสภาพเร็วขึ้น โดยการเสื่อมสภาพทำให้เกิดอนุมูลอิสระบนสายโซ่แล้วเกิดการเชื่อมต่อนเป็นพันธะเชื่อมโยงเพิ่มมากขึ้น (กฤษณา, 2009)

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 คุณสมบัติของหางน้ำยางก่อนและหลังผ่านกระบวนการครีมนึ่ง

1. การใช้กระบวนการครีมนึ่งด้วย cellulose ethers (A702[®]) ในการรวบรวมเนื้อยางจากหางน้ำยาง สามารถช่วยเพิ่มปริมาณเนื้อยางแห้ง (%DRC) จากประมาณ 5% เป็น 30% โดยน้ำหนักยางแห้ง
2. กระบวนการครีมนึ่งไม่ทำให้ขนาดอนุภาคของหางน้ำยางเกิดการเปลี่ยนแปลง

5.2 สมบัติของยางสีกิม

1. ชนิดของกรดไม่มีผลต่อสมบัติของยางสีกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่ง และยางสีกิมที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดเข้มข้น โดยหางน้ำยาง และหางน้ำยางที่ผ่านกระบวนการครีมนึ่งสามารถจับตัวได้ด้วยกรดทั้ง 3 ชนิดที่นำมาทดลอง ได้แก่ กรดซัลฟิวริก กรดไฮโดรคลอริก และกรดฟอสฟอริก
2. ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในการจับตัวหางน้ำยางที่ผ่านกระบวนการครีมนึ่งไม่มีผลต่อสมบัติของยางสีกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่ง
3. ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในการจับตัวหางน้ำยางที่ผ่านกระบวนการครีมนึ่งคือ 1 % โดยน้ำหนัก
4. การใช้กระบวนการครีมนึ่งด้วย cellulose ethers (A702[®]) ในการรวบรวมเนื้อยางจากหางน้ำยางสามารถช่วยลดปริมาณการใช้กรดซัลฟิวริกในขั้นตอนการเตรียมยางสีกิมได้มากกว่า 50%
5. อุณหภูมิที่ใช้ในการอบยางสีกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่ง คือ 100°C ซึ่งใช้ระยะเวลาในการอบประมาณ 5 ชั่วโมง
6. ยางสีกิมที่ได้จากกระบวนการครีมนึ่งจะมีสีจางกว่า ค่าความหนืดมูนี้ ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น (P₀) ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณเถ้า ปริมาณสิ่งสกปรกต่ำกว่า ส่วนค่าดัชนีความอ่อนตัว (PRI) สูงกว่า และเนื้อยางนี้มากกว่ายางสีกิมที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น

7. การใช้กระบวนการครีมมิ่งด้วย cellulose ethers (A702[®]) ในการรวบรวมเนื้อเยื่อจากหางน้ำยางสามารถช่วยลดความแปรปรวนของคุณภาพยางสกิม ได้แก่ ค่าความหนืดมูนี้ ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และค่าดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ได้

5.3 การปรับปรุงคุณภาพยางสกิม

1. การใช้หางน้ำยางที่ผ่านกระบวนการครีมมิ่งร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์สามารถลดปริมาณไนโตรเจนในยางสกิมได้ โดยปริมาณไนโตรเจนของยางสกิมจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น

2. การแช่ยางสกิมภายหลังการจับตัวในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์สามารถลดปริมาณไนโตรเจนในยางสกิมได้ โดยปริมาณไนโตรเจนของยางสกิมจะลดลงเมื่อระยะเวลาการแช่ยางสกิมภายหลังการจับตัวในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น

5.4 สมบัติของยางสกิมผสมสารเคมี

1. ลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่ง เมื่อใช้ MBT เป็นสารตัวเร่งจะให้ค่า Scorch time และค่า Cure time ที่ช้ากว่ายางสกิมที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น

2. สมบัติเชิงกลของยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่ง ได้แก่ ค่า tensile strength และค่า %Elongation at break มีสมบัติดีกว่า ส่วนค่า 100%modulus และ 300%modulus มีสมบัติด้อยกว่ายางสกิมที่ได้จากกระบวนการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น

5.5 ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาต่อไป

1. ศึกษาชนิดและปริมาณของ creaming agent ตัวอื่นๆ กับหางน้ำยางเพิ่มเติม
2. ศึกษาคุณภาพของยางสกิมที่ได้จากกระบวนการครีมมิ่งด้วย creaming agent ตัวอื่นๆ เพิ่มเติม
3. ศึกษาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้แช่ยางสกิมเพิ่มเติม
4. ศึกษาระยะเวลาในการแช่ยางสกิมจับตัวในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มเติม

บรรณานุกรม

- กนกวรรณ จุมที. 2543. การแยกและการทำให้บริสุทธิ์ของยางอนุภาคเล็กจากสกินลาเท็กซ์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กมล หมิ่นพล. 2545. ศักยภาพการนำโคโตนไปใช้แยกเนื้อยางออกจากน้ำยางสกิน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- กฤษณา คงศิลป์. 2532. ยางสกิน. ยางพารา. ปีที่ 3.
- กฤษณา คงนวล, ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ และเอกชัย วิมลมาลา. 2552. สมบัติยางเซลลูลาร์จากวัสดุผสมระหว่างยางธรรมชาติกับยางเอสปีอาร์เสริมแรงโดยผงถั่วลันเตา ผงซิลิกา และผงเขม่าดำ. การประชุมวิชาการเทคโนโลยีการขึ้นรูปวัสดุ ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ, 6-7 มกราคม.
- จรรย์ พุ่มนง. 2538. ผลของสบู่อต่อการจับตัวน้ำยางสกิน. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- จรรย์ พรหมณะ. 2540. การเปลี่ยนแปลงขนาดและปริมาณโปรตีนในซีรัมของน้ำยางสกินที่ไม่จับตัว. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ไชยยะ คงมณี. 2541. สาเหตุและการแก้ปัญหาการไม่จับตัวของน้ำยางสกิน. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- นวรรตน์ มโนมัยสันติภาพ. 2538. สมบัติของน้ำยางสกินจากแหล่งต่างๆ และการจับตัว. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- กรมควบคุมมลพิษ. 2548. แนวปฏิบัติที่ดีด้านการป้องกันและลดมลพิษอุตสาหกรรมน้ำยางชั้น. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

บุญธรรม นิธิอุทัย, พรพรรณ นิธิอุทัย และปรีชา ป่องภัย. 2531. เทคโนโลยีน้ำยางชั้น. คณะ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ประมวล ตังบริบูรณ์รัตน์. 2545. พอลิเมอร์คอลลอยด์. พิมพ์ครั้งที่ 1 รวบรวมวิชาการพิมพ์:
กรุงเทพฯ.

ปรีชา ป่องภัย และอดิศักดิ์ รุ่งวิชานวิวัฒน์. 2543. ทฤษฎีการเซนตริฟิวจ์และกระบวนการ. ยาง
และพอลิเมอร์. ปีที่ 4(3).

พงศ์เพชร ศิริอนันต์. 2541. ผลของสารช่วยจับตัวต่อปริมาณโปรตีนในน้ำยางสกีม. คณะวิทยา
ศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พงษ์ธร แซ่ฮุย 2547. ยาง : ชนิด สมบัติ และการใช้งาน. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ.
(เอ็มเทค): ปทุมธานี.

พรพรรณ นิธิอุทัย. 2543. การพัฒนาและส่งเสริมการใช้ยางสกีมจากโรงงานน้ำยางชั้น. คณะ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ฤทธิรงค์ จุฑามาศย์. 2542. การลดโปรตีนในยางสกีมโดยการใช้เอนไซม์. คณะวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วราภรณ์ ขจรไชยกูล. 2525. น้ำยาง. งานอุตสาหกรรมยาง ศูนย์วิจัยการยางขนาดใหญ่.

วราภรณ์ ขจรไชยกูล. 2549. ยางธรรมชาติ: การผลิตและการใช้งาน. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

วันดี โกยเต็ม. 2539. การศึกษาขนาดอนุภาคของน้ำยางและสาเหตุการไม่จับตัวของน้ำยาง
สกีม. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ศิวโรฒ บุญราศรี. 2543. การแก้ปัญหาการไม่จับตัวของน้ำยางสกีมจากการทำน้ำยางชั้น.
วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สถาบันวิจัยยาง. 2540. ข้อมูลทางวิชาการพารา. กรมวิชาการเกษตร.

สถาบันวิจัยยาง. 2542. ข้อมูลทางวิชาการพารา. กรมวิชาการเกษตร.

สุรพิชญ ลอยกุลนันท์ และฉวีวรรณ รักดี. 2005. กระบวนการเก็บรวบรวมเนื้อยางออกจาก
หางน้ำยางธรรมชาติ. ประเทศไทย. หมายเลขสิทธิบัตร 1722. 16 มีนาคม.

เสาวนิต ใจสมุทร. 2537. การไม่จับตัวของน้ำยางสกิม: การแก้ปัญหา. คณะวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี. 2546. การผลิตยางธรรมชาติ. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

โสภา อิศระ. 2542. การเตรียมและคุณสมบัติของยางสกิมโปรตีนต่ำ. คณะวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อดิศักดิ์ รุ่งวิชานีวัฒน์. 2542. กระบวนการแปรรูปของน้ำยางสกิมและยางสกิม. ยางและพอลิ
เมอร์. ปีที่ 3(4).

อรพินท์ ชัยกำพลเลิศ, ฉวีวรรณ รักดี, สุรพิชญ ลอยกุลนันท์ และกฤษฎา สุชีวะ. 2547. การ
ครีมหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้ เอ็น-(2-ไฮดรอกซี)โพรพิล-3-ไตรเมทิลแอมโมเนียมไค
โตซาน. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วทท.) ครั้งที่
30. กรุงเทพฯ, 19-21 ตุลาคม.

อริฐตา อู่ดมัยง. 2533. ผลของยางสกิมที่สกัดและไม่สกัดไนโตรเจนต่อคุณสมบัติของยาง. คณะ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ASTM D412-98a. 2004. Standard Test Methods for Vulcanized Rubber and
Thermoplastic Elastomers-Tension. Annual book of ASTM standard. Vol.09:01.
44-57.

ASTM D1076-02. 2004. Standard specification for rubber-concentrated, ammonia
preserved, creamed, and centrifuged natural latex. Annual book of ASTM
standard. Vol.09:01. 218-229.

- ASTM D1278-91a. 2004. Standard Test Methods for Rubber from Natural Sources-Chemical Analysis. Annual book of ASTM standard. Vol.09:01. 246-251.
- ASTM D1646-04. 2004. Standard Test Methods for Rubber-Viscosity, Stress-Relaxation, and Pre-Vulcanization Characteristic (Mooney Viscometer). Annual book of ASTM standard. Vol.09:01. 344-355.
- ASTM D2084-01. 2004. Standard Test Methods for Rubber Property-Vulcanization using Oscillating Disk Cure Meter. Annual book of ASTM standard. Vol.09:01. 386-397.
- ASTM D3184-89. 2004. Standard Test Methods for Rubber-Evaluation of NR (Natural Rubber). Annual book of ASTM standard. Vol.09:01. 487-489.
- ASTM D3194-04. 2004. Standard Test Methods for Rubber from Natural Sources-Plasticity Retention Index (PRI). Annual book of ASTM standard. Vol.09:01. 534-536.
- ASTM D3533-90. 2004. Standard Test Methods of Testing Rubber-Nitrogen content. Annual book of ASTM standard. Vol.09:01. 581-583.
- Blackley, D.C. 1997. In Polymer Latices Science and Technology Second edition Volume 2: Type of latices. Chapman & Hall: London. 44-55.
- Bloomfield, G.F. 1961. Chemical and Structure of Natural Rubber. The Applied Science of Rubber (Naunton, M.le.S.ed.). London : Edward Arnold Ltd., 61.
- Dunlop Rubber Co.Ltd.. 1954. Recover of Rubber from Latex Skim. Patent NO.GB 695,813.
- Firestone Type and Rubber Company. 1955. Improvement in Relating to High Grade Rubber and Method of Making the Same. Br.Pat.No.73950.

- John, C.K. and Weng, S.S. 1973. Rubber Research Institute of Malaysia 23(4). 247.
- Morris, J.E. 1984. Improved Rubber by Enzymatic Deproteinisation of Skim Latex. 3rd Rubb. Tech. Conf. London. 23-37.
- Ong, C.O. 1974. High Quality Rubber from Skim Latex. R.R.I.M. Planters Conference. 243.
- Sae-oui, P., Sirisinha, C., Thepsuwan, U. and Hatthapanit, K. 2007. Dependence of Mechanical and Aging Properties of Chloroprene Rubber on Silica and Ethylene Thiourea Loading. European Polymer Journal 43. 185-193.
- Werathirachot, R., Danwanichakul, P., Kongkaew, C. and Loykulnant, S. 2008. Water Soluble Chitosan as an Environment-Friendly Coagulant in Removal of Rubber Particle from Skim Rubber Latex. Journal of Metals, Materials and Minerals 18(2). 93-97.
- Resing, W.L. 1960. Observations on the Properties of Skim Rubber. Proceeding of the Natural Rubber Research Conference. Kuala Lumpur. 686.
- Royce, J.N. 1953. Latex in Industry Second Edition, Rubber Age. 132.
- Sakdapipanich, J.T., Nawamawati, K. and Tanaka, Y. 2002. Recovery of Deproteinised Small Rubber Particle from Skim Natural Rubber Latex: Effect of Some Inorganic Salts. Journal of Rubber Research 5(1).
- Sanguasap, K., Suteewong, T., Saendee, P., Buranabunya, P. and Tangboriboonrat, P. 2005. Composite Natural Rubber Based Latex Particles: a Novel Approach. Polymer 46. 1373–1378.
- Smith, M.G. 1969. Recent Aspects of Block Rubber Production by Mechanical Method. Rubber Research Institute of Malaysia 22. 78.

- Loykulnant, S., Kongkaew, C., Chaikumpollert, O. and Suchiva, K. 2007. Efficient Recovery of Skim Natural Rubber. 1st Thai-Japan Rubber Symposium. Pattaya, August 20-24, 2007. 85-87.
- US Rubber Co.Ltd.. 1945. Improvements in the Separation of Rubber from the Serum or Skim Obtained in Creaming or Centrifuging Rubber Latex. Patent NO.574,226.
- Weng, S.S. 1981. Some Tradition and New User of Skim Rubber. Proc. of RRIM Plrs' Conf. 335.
- Young, R.J. and Lovell, P.A. 1991. Introduction to Polymers Second edition Volume 2. Chapman & Hall: London. 88-89.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

สารก่อคริมที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้รับการพัฒนามาจากสิทธิบัตรไทยหมายเลข 1722

ผู้ประดิษฐ์ นายสุรพิชญ ลอยกุลนันท์ และนางสาวฉวีวรรณ รักดี

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ กระบวนการเก็บรวบรวมเนื้อเยื่อออกจากหางน้ำยางธรรมชาติ

ข้อถือสิทธิ กระบวนการเก็บรวบรวมเนื้อเยื่อออกจากหางน้ำยางธรรมชาติ ที่มีลักษณะพิเศษ คือ การนำคาร์บอกซีเมทิลไคโตซานหรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสมาทำให้เกิดการแยกตัวของเนื้อเยื่อออกจากหางน้ำยางธรรมชาติ แล้วเก็บรวบรวมเนื้อเยื่อด้วยกรดที่มีความเข้มข้นต่ำ ซึ่งกระบวนการเก็บรวบรวมเนื้อเยื่อออกจากหางน้ำยางธรรมชาติดังกล่าว ประกอบด้วย การเตรียมสารละลายคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสไคโตซานหรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส โดยการผสมผงคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสไคโตซานหรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส กับน้ำ ที่มีความเข้มข้นในช่วง 0.1-10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แล้วกวนอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งของผสมละลายเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นผสมสารละลายคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสไคโตซานหรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสกับหางน้ำยางธรรมชาติในสัดส่วนต่างๆ กวนให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 5 – 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ทำการแยกชั้นคริมออกจากชั้นซีรัม วัดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของอนุภาคภายในชั้นคริม และค่าการส่องผ่านของแสงในชั้นซีรัม แล้วจับตัวเนื้อเยื่อที่อยู่ในชั้นคริมด้วยกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก กรดฟอร์มิก ($HCOOH$) ความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ล้างเนื้อเยื่อที่จับตัวได้ด้วยน้ำ อบให้แห้ง

บทสรุปการประดิษฐ์ กระบวนการประดิษฐ์นี้เกี่ยวข้องกับกระบวนการเก็บรวบรวมเนื้อเยื่อออกจากหางน้ำยางธรรมชาติแบบใหม่ โดยการนำคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสไคโตซาน (Carboxymethyl chitosan) หรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxymethyl cellulose) มาใช้ในการทำให้หางน้ำยางธรรมชาติเกิดการแยกตัวของเนื้อเยื่อออกจากส่วนที่เป็นน้ำ แล้วเก็บรวบรวมเนื้อเยื่อโดยการด้วยกรดความเข้มข้นเจือจางแทนการใช้กรดกำมะถันเข้มข้น ซึ่งคาร์บอกซีเมทิลไคโตซานเตรียมได้จากไคติน ไคโตซาน และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเตรียมได้จากเซลลูโลสจากของเหลือใช้ในธรรมชาติ กระบวนการประดิษฐ์นี้ เป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพสูง ไม่มีความจำเป็นต้องกำจัดโปรตีนออกก่อน ทำได้ง่าย ไม่สิ้นเปลืองพลังงาน ปลอดภัย และสามารถใช้งานได้จริงในเชิงพาณิชย์ เนื้อเยื่อที่เก็บรวบรวมได้มีคุณภาพมากขึ้นในส่วนน้ำทิ้งที่เหลือภายหลังจากแยกเนื้อเยื่อออกไปแล้วมีค่าความเป็นกรดลดลงหรือไม่มีเลยซึ่งจะส่งผลต่อสิ่งแวดล้อม ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม

ภาคผนวก ข

วิธีการทดสอบสมบัติของยางสีกิม

1. การหาปริมาณไนโตรเจน (Determination of Nitrogen Content)

การทดสอบจะเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM D3533-90 ซึ่งมีวิธีการทดสอบดังนี้ ซึ่งยางที่เตรียมไว้ประมาณ 0.1 กรัม และมีความละเอียด 0.0001 กรัม ใส่ในขวดแก้วสำหรับย่อยยาง เติมน้ำสารตัวเร่งรวม 1 เม็ด และกรดกำมะถันเข้มข้น 10 มิลลิลิตร ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 380-400°C จนได้สารละลายใส ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเติมน้ำกลั่นลงไป 20 มิลลิลิตร นำสารที่ได้ไปกลั่นโดยเครื่องกลั่นซึ่งจะเติม 40%NaOH ลงไป 25 มิลลิลิตร นำขวดแก้วรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่มีสารละลายกรดบอริก 4% ปริมาตร 20 มิลลิลิตรร่วมกับอินดิเคเตอร์ 4 หยดและน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร รองรับสารที่กลั่นได้ให้มีปริมาตรประมาณ 150 มิลลิลิตร นำสารที่กลั่นได้ไปไตเตรตกับสารละลายกรดกำมะถัน 0.01 นอร์มัล ที่จุดยุติสารละลายจะเปลี่ยนจากสีฟ้าเป็นสีม่วง ทำ Blank เพื่อเปรียบเทียบ

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน (\%)} = \frac{(V_1 - V_2)N \times 0.014 \times 100}{W}$$

เมื่อ	V_1	คือ ปริมาตรสารละลายกรดกำมะถันที่ใช้ไตเตรตตัวอย่าง (มล.)
	V_2	คือ ปริมาตรสารละลายกรดกำมะถันที่ใช้ไตเตรต Blank (มล.)
	N	คือ ความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถัน (นอร์มัล)
	W	คือ น้ำหนักชิ้นทดสอบ (กรัม)

2. การหาปริมาณสิ่งสกปรก (Determination of Dirt Content)

การทดสอบจะเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM D1278-91a ซึ่งมีวิธีการทดสอบดังนี้ นำยางที่เตรียมไว้ 15 กรัม ผ่านเครื่องบดผสมสองลูกกลิ้ง ที่ปรับช่องห่างระหว่างลูกกลิ้งเท่ากับ 0.013 นิ้ว จำนวน 2 ครั้ง แล้วนำไปตัดเป็นชิ้นเล็กๆซึ่งให้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 10 กรัม และมีความละเอียด 0.0001 กรัม ใส่ในขวดแก้วรูปชมพู่ ขนาด 500 มิลลิลิตร ซึ่งเติมน้ำมันสนจำนวน 250 มิลลิลิตร และสารเคมีเร่งการละลายยาง จำนวน 1 มิลลิลิตร นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 140°C ยกแก้วออกมาแกว่งเป็นระยะเพื่อช่วยเร่งการละลายยางให้เร็วขึ้นจนยางละลายหมด หลังจากยางละลายหมดเทสารละลายผ่านตัวกรองที่สะอาดแห้ง และทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว ล้างสารด้วยน้ำมันสนร้อนผ่านตัวกรองอีกครั้ง เสร็จแล้วนำตัวกรองไปอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถแก้วดูดความชื้นและบันทึกน้ำหนัก

การคำนวณ

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

- เมื่อ
- A คือ น้ำหนักของยางตัวอย่าง (กรัม)
 - B คือ น้ำหนักตัวกรอง (กรัม)
 - C คือ น้ำหนักตัวกรองหลังอบ (กรัม)

3. การหาปริมาณเถ้า (Determination of Ash Content)

การทดสอบจะเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM D1278-91a ซึ่งมีวิธีการทดสอบดังนี้ ชั่งยางที่เตรียมไว้ให้น้ำหนักประมาณ 5 กรัม และมีความละเอียด 0.0001 กรัม ห้อยยางด้วยกระดาษกรองใส่ในถ้วยทนความร้อนที่สะอาดแห้ง และทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว นำเข้าในเตาเผาอุณหภูมิสูง $550 \pm 20^{\circ}\text{C}$ จนกระทั่งเผาไหม้สมบูรณ์ใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

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

- เมื่อ
- A คือ น้ำหนักของยางตัวอย่าง (กรัม)
 - B คือ น้ำหนักถ้วยทนความร้อน (กรัม)
 - C คือ น้ำหนักถ้วยทนความร้อนกับเถ้า (กรัม)

4. การหาค่าความหนืดมูนนี่ (Determination of Mooney Viscosity, V_R)

การทดสอบจะเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM D1646-94 ซึ่งมีวิธีการทดสอบดังนี้ ตั้งอุณหภูมิของห้องเสื่อของเครื่อง Mooney viscosity ที่ 100°C อุ่นโรเตอร์ในช่องใส่ยางเป็นเวลา 2 นาที แบ่งยางที่เตรียมไว้ประมาณ 25 กรัม ออกเป็นสองส่วนเท่าๆกัน โดยแต่ละส่วนมีความหนาประมาณ 6 มิลลิเมตร และมีน้ำหนักประมาณ 12.5 กรัม นำเตอร้ออกจากช่องใส่ยาง นำยางประกบด้านบนและด้านล่างของโรเตอร์รองด้วยพลาสติกอีกชั้น ใส่กลับเข้าไปในช่องใส่ยาง อุ่นยางเป็นเวลา 1 นาที แล้วเดินเครื่องให้โรเตอร์หมุนเป็นเวลา 4 นาที บันทึกค่าที่เวลา 4 นาทีเป็นค่าของความหนืดที่วัดได้

การบันทึกผล

ความหนืดมูนี่ = X ML (1+4) 100°C

เมื่อ X คือ ค่าความหนืดที่อ่านได้
 ML คือ โรเตอร์ขนาดใหญ่
 1 คือ อุณหภูมิเป็นเวลา 1 นาที
 4 คือ ทดสอบเป็นเวลา 4 นาที
 100°C คือ อุณหภูมิที่ทดสอบ

5. การหาค่าดัชนีความอ่อนตัว (Determination of Plasticity Retention Index, PRI)

การทดสอบจะเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM D3194-84 ซึ่งมีวิธีการทดสอบดังนี้ นำยางที่เตรียมไว้หน้าหนักประมาณ 20 ± 5 กรัม ผ่านเครื่องบดผสมสองลูกกลิ้งซึ่งมีการควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำโดยการผ่านน้ำเย็นที่ปรับช่องห่างระหว่างลูกกลิ้งเท่ากับ 1.9 มม. จำนวน 2 ครั้ง แล้วพับครึ่ง ทำให้เรียบด้วยลูกกลิ้งให้ได้ความหนา 3.2-3.6 มม. ตัดตัวอย่างให้ได้ชั้นทดสอบ 6 ชั้น แบ่งเป็นชุดละ 3 ชั้น ชุดแรกนำไปทดสอบโดยการวางชั้นทดสอบระหว่างกระดาษมวนบุหรี่ นำเข้าเครื่อง Wallace Plastometer อัดชั้นทดสอบ โดยแป้นโลหะกลมบนและล่างของเครื่องจะกดให้ชั้นทดสอบมีความหนา 1 มม. ที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 15 วินาที จากนั้นแรง 10 ± 0.1 กก. จะอัดยางเป็นเวลา 15 วินาที อ่านค่าความอ่อนตัวบนหน้าปัด จะได้ค่า P_0 ส่วนชั้นทดสอบชุดที่สองนำเข้าสู่อบที่อุณหภูมิ 140°C เป็นเวลา 30 นาที นำชั้นทดสอบออกมาตั้งให้เย็นเป็นเวลา 30 นาที นำไปหาค่าความอ่อนตัวเช่นเดียวกัน ค่าที่ได้เป็นค่า P_{30}

การคำนวณ

$$\text{ดัชนีความอ่อนตัว (PRI, \%)} = \frac{P_{30} \times 100}{P_0}$$

เมื่อ PRI คือ ดัชนีความอ่อนตัว
 P_0 คือ มัธยฐานความอ่อนตัวของยางชุดที่ไม่อบ
 P_{30} คือ มัธยฐานความอ่อนตัวของยางชุดที่อบแล้ว

ภาคผนวก ค

การใช้ประโยชน์จากยางสีกิม (เพิ่มเติม) (Weng, 1981)

Weng S.S. ได้รวบรวมชนิดของผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่สามารถจะผลิตจากยางสีกิม และแสดงแนวโน้มการขยายตัวของการใช้ประโยชน์จากยางสีกิมในการผลิตผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่นอกเหนือจากการใช้ยางสีกิมตามปกติทั่วไป

ยางล้อ : โดยทั่วไปแล้วจะไม่ใช้ยางสีกิมผลิตยางล้อรถยนต์ หรือยางอุปกรณ์อะไหล่รถยนต์แต่อาจจะใช้ยางสีกิมในส่วนของ casing friction stocks ได้ ส่วนล้อยางรถจักรยาน ยางล้อรถเข็น และยางล้อต้นต่างๆ มักจะมีการใช้ยางสีกิมผสมอยู่ด้วยก็เพื่อเหตุผลการลดต้นทุน

รองเท้า : อุตสาหกรรมการผลิตรองเท้าเป็นแหล่งสำคัญของการใช้ยางสีกิม โดยมากจะใช้ทำพื้นรองเท้าแบบ sole crepe และยังมีการใช้ยางกว้างขวางในการผลิตพื้นที่เป็นฟองน้ำ และพื้นรองภายในรองเท้า (micro cellular and sponge solings insole) การใช้ประโยชน์ในกรณีหลังนี้จะใช้ร่วมกับพวกเรซิน (resin) ซึ่งช่วยทำให้ลดปริมาณการใช้เรซินลง จึงเป็นการลดต้นทุนการผลิตด้วย นอกจากนี้การใช้งานยางสีกิมยังมีข้อดีอีก คือ ในสูตรที่มีการใช้สารเพิ่มพวกซิลิกา และซิลิเกต มากกว่าปกติ (ซึ่งโดยปกติสารเพิ่มพวกนี้ทำให้ต้องเพิ่มเวลาในการอบยางให้คงรูป) ถ้าหากไม่ได้เพิ่มปริมาณสารตัวเร่งการผสมยางสีกิมจะให้ผลในการปรับระยะเวลาการคงรูปโดยไม่จำเป็นต้องเพิ่มปริมาณสารตัวเร่ง หรือบางครั้งอาจต้องลดปริมาณสารตัวเร่งลงด้วย

ผลิตภัณฑ์ต่างๆ ทั่วไป : เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าผลิตภัณฑ์ต่างๆ จากการอัดพิมพ์ (mould goods) ประเภทที่ไม่แข็งงวดเรื่องข้อกำหนดมาตรฐานของสมบัติต่างๆ สามารถใช้ยางสีกิมผลิตได้ ตัวอย่างเช่น ยางอัดเกลียวก๊อกน้ำ (tap washer) ผลิตภัณฑ์ยางที่ใช้ในงานถลุงแร่ ยางบันไดจักรยาน ยางกันกระแทก ยางปูพื้น แผ่นยางกันโคลนหลังล้อรถยนต์ เป็นต้น การใช้ยางสีกิมในงานต่างๆ ดังกล่าวก็มีเหตุผลเพื่อลดต้นทุนการผลิตเช่นกัน

ยางหล่อดอก : ยางธรรมชาติโดยเฉพาะอย่างยิ่งยางแผ่นรมควันชั้น 3 ยางแท่งชั้น 20 เป็นที่ยอมรับในงานผลิตยางหล่อดอกมาช้านานแล้ว ขณะเดียวกันก็พยายามหลีกเลี่ยงการใช้ยางสีกิมในงานหล่อดอกด้วยเหตุผลทางเทคนิค แต่มีการศึกษาเพิ่มเติมโดยสถาบันวิจัยยางมาเลเซียได้ทำการค้นคว้าวิจัยการใช้ยางสีกิมในงานผลิตยางล้อรถยนต์ โดยการทดลองใช้ยางสีกิมผสมกับยางแท่งชั้น 20 ในอัตราส่วน 30/70 สำหรับสูตรทำยางหล่อดอก พบว่าสามารถลดการใช้สารตัวเติมพวกเขม่าดำได้ถึง 14% โดยไม่มีผลเสียต่อสมบัติของยางหล่อดอก

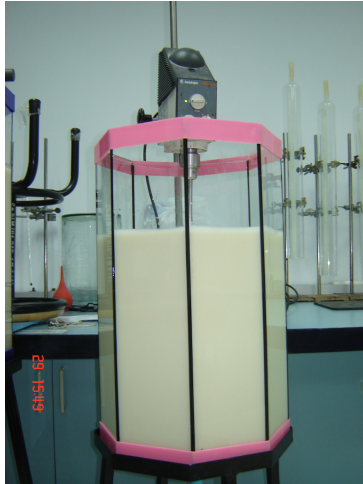
ยางโอไบไนต์ : ยางสีกิมให้ความแข็งที่สูงกว่ายางปกติจึงสามารถใช้ผลิตยางโอไบไนต์ได้ เช่น เปลือกหม้อเบตเตอร์ ยางแบริ่ง (cutless bearing) และยางโอไบไนต์สีอื่นต่างๆ

ยางฟอง (microcellular / sponge products) : การใช้ยางสกิมในการผลิตยางฟองไม่เพียงแต่จะช่วยลดต้นทุนเท่านั้น สมบัติ high modulus ที่ได้จากการใช้ยางสกิมทำให้คุณภาพการรับน้ำหนักดีขึ้น โดยเฉพาะในงานผลิตเป็นพื้นรองเท้าแตะ

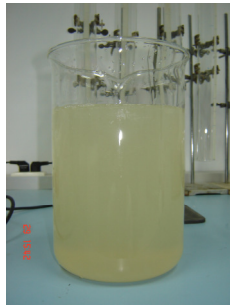
ยางอัดพิมพ์ : ยางสกิมใช้ผลิตชิ้นส่วนที่มีสีสันจากการอัดพิมพ์ ซึ่งโดยปกติจะกำหนดให้ใช้ยางแท่งชั้น 5 แอล ยางแผ่นผึงแห้ง หรือยางเครฟ

ภาคผนวก

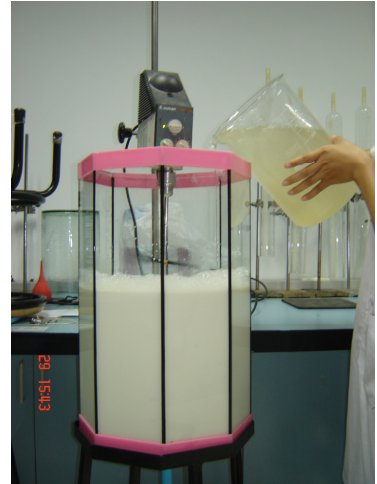
กระบวนการครีมมิ่งระดับห้องปฏิบัติการ



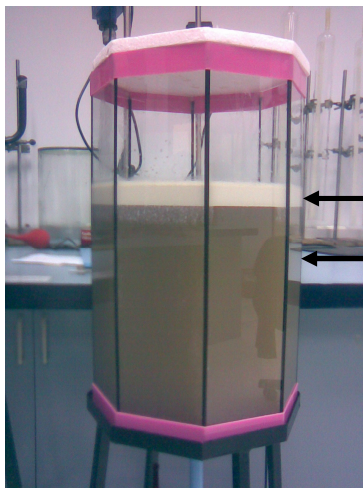
หางน้ำยาง



สารละลาย A702®



ผสมหางน้ำยางกับ
สารละลาย A702®



แยกชั้นเป็นชั้นครีมและชั้นซีรัม

ชั้นครีม
ชั้นซีรัม



กวนให้เข้ากัน 1 ชั่วโมง

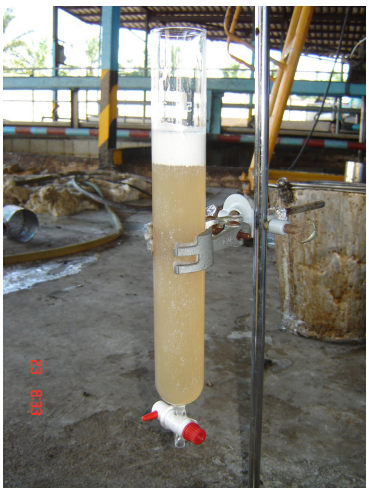
กระบวนการครีมมี้งระดับโรงงาน



ถังครีม



ลักษณะครีมจากด้านบนของถัง



ส้อมตัวอย่างเพื่อสังเกตการแยกชั้น



ไซชั้นครีม



หางน้ำยางครีมที่ได้



จับตัวหางน้ำยางที่ผ่านการครีมมี้ง



ยางจับตัว



รีดยางจับตัว



ยางสกิม

การประชุมวิชาการนานาชาติ The 2nd International Conference on Advances in
Petrochemicals and Polymers (ICAPP 2007)

Preparation and Properties of Dry Natural Rubber from Creamed Skim Latex

Chotiros Dokkhan¹, Wirach Taweepreda^{1,*}, Surapich Loykulnant², Chaveewan Kongkaew²,
Oraphin Chaikumpollert², and Krisda Suchiva^{2,3}

¹*Polymer Science Program, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Songkla, Thailand*

²*National Metal and Materials Technology Center, 114 Paholyothin Rd., Klong 1, Klong Luang, Pathumthani
12120, Thailand*

³*Department of Chemistry, Faculty of Science, Mahidol University, Rama VI Rd., Bangkok, 10400, Thailand*

*Corresponding author E-mail address: wirach.t@psu.ac.th

ABSTRACT

Creaming of skim fractions of centrifuged natural rubber latex was prepared using A701. The rubber particles from the creamed skim latex contain higher amount of adsorbed protein-phospholipid compared to those in freshly tapped natural rubber latex. Filed latex is usually diluted with water to 15% dry rubber content (%DRC) and treated with formic acid in preparation of STR5L while the usual method to prepare skim rubber from skim latex, containing 3-8 %DRC, is by coagulation with concentrated sulfuric acid. In this research, as a method in preparing of good quality rubber by mixing the creamed skim latex with filed latex at various ratios and coagulation with formic acid. Recovered skim rubber in this study was found that the dry rubber quality is in between skim rubber and STR5L. The dry rubber is lighter in color, softer and contains lower protein. Moreover, this method can reduce the water pollution and corrosion problems.

1. Introduction

Skim natural rubber (SNR) latex is residual latex obtained as a by-product of concentrating process of natural rubber (NR) latex by centrifugation. Concentration of NR latex is necessary in order to prepare latex having suitable rubber content for manufacturing of rubber products. SNR latex usually contains small rubber particles (average particle diameter of about 0.1 μm) and only 2.5–10 %w/w of NR. The non-rubber content is also very high. These characteristics of SNR latex makes it difficult to recover solid NR from SNR latex. The usual method to recover solid SNR from SNR latex is by coagulation with concentrated sulfuric acid. However, in acid coagulation, the acid content of the coagulated rubber reduces its quality and shows some tendency to scorch. Moreover, the acid coagulation method leads to generation of highly acidic effluent that necessitates additional treatment before being discharged to the environment in order to avoid pollution. Another method to recover residual rubber in the form of concentrated latex and reduce water pollution is creaming. Creaming is a reversible process which allows the latex to separate into two layers under gravitational force; an upper layer of concentrated latex and a lower layer of serum containing very little rubber. Creaming of SNR latex had been studied recently. Sakdapipanich *et al.* incubated the small rubber particles in the SNR latex by using proteolytic enzyme at 37°C for 2 days followed by addition of NaCl. The decomposition of proteins, which cover the surface of rubber particles, results in the aggregation of rubber particles. The phase separation between cream and serum phases depends on various factors such as reaction time, type of enzyme and salt concentration. Tangboriboonrat *et al.* prepared

creamed skim latex by addition of 15-45 part per hundred parts of rubber of sodium alginate. The data show that the values of separation ratio are dependent on sodium alginate concentration and separation time.

In this work, we study properties of dry natural rubber from creamed skim latex. Creamed skim latex was prepared using A701.

2. Methodology

The A701 clear solution (3.5% by wt.) was mixed with skim latex at the ratio 1 : 4. The mixture was constantly stirred for 1 hour to ensure thorough mixing of the system and then allowed to stand at room temperature for 6 hours. The cream phase was separated from the serum phase as shown in figure 1. The size of rubber particle in the skim latex and the cream phase were measured by laser diffraction spectroscopy (Mastersizer 2000, Malvern). The cream phase was separated and coagulated with acid. The coagulum was sheet and dried at 80 °C. Dried rubber was characterized by measuring the Mooney viscosity, P_0 , PRI, ash content, and nitrogen content.



Figure 1 Creaming tank.

3. Results and Discussion

Under the creaming conditions employed here, the rubber content in the cream (27.3% by wt.) is higher than those in the skim latex (4.6% by wt.). The average rubber particle size is also increased from 0.14 mm to 0.18 mm. This indicates that the stability of the rubber particle in the cream was decreased as a result of the partial adsorption of creaming agent. The coagulation of cream with dilute formic acid give the light color rubber as illustrated in figure 2 and the rubber has a nitrogen content of about 35% lower than from skim latex which was coagulated with concentrated sulfuric acid as same as the ash content as shown in table 1. Even though, the plasticity retention index (PRI) of rubber from the cream is higher than those of skim rubber, the PRI of rubber is still low. Moreover, the rubber from the cream is too hard with high Mooney viscosity. Improvement of rubber qualities can be done by mixing the cream with fresh filed latex at the ratio 1:1. It was found that not only the PRI is increased from 38.7 to 62.3 but also the Mooney viscosity is dramatically decreased from 79 to 59.



Figure 2 Rubber from skim latex (A) and creamed skim latex (B).

Table 1 Properties of dried natural rubber.

Samples	Moony viscosity ML(1'+4')100°C	P ₀	PRI	Ash (% by wt.)	N ₂ (% by wt.)
Dried rubber from cream	79	42.2	38.7	0.36	1.11
Skim Block	41	17.4	27.6	0.59	1.72
STR5L Block	80	51.1	82.6	0.35	0.55
ADS	75	53.1	81.4	-	-

Conclusions

The rubber from cream and skim fractions of natural rubber latex show not only differences in the color but also many parameters reveal with the quality of rubber. The mixing of cream and fresh field latex gives high quality of rubber. The rubber is soft and contains lower protein. This process not only increases the value of rubber from skim but also reduce the pollution and corrosion problems with sulfuric acid.

Acknowledgement

The authors would like to thank Prince of Songkla University and National Metal and Materials Technology Center (MTEC) for financial support, Tavorn Rubber Latex Co. Ltd. for the donation of skim latex. CD is grateful to TGIST for awarding M.Sc. Scholarship.

References

1. Sakdapipanich, J.T.; Suksujaritporn, S.; Tanaka, Y., *J. Rubber Res.* Vol.2, **1999**, 160.
2. Tangboriboonrat, P.; Tanunchai, T.; Tiyaiboonchaiya, T., *Plast. Rubber Compos.* Vol.28, **1999**, 357.
3. Rippel, M.M.; Lee, L.-T.; Leite, C.A.P.; Galembeck, F., *J.Coll Interface Sci.* **2003**, 268-330.
4. Seong, H.S.; Whang, H.S.; Ko, S.W., *J.Appl.Polym.Sci.* **2000**, 76, 2009.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล	นางสาวโชติรส ดอกขັນ	
รหัสประจำตัวนักศึกษา	4910220117	
วุฒิการศึกษา		
วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2549

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)

ทุนสถาบันบัณฑิตวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย (TGIST) สัญญาเลขที่ TG-33-18-49-051M
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (NSTDA)

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

Chotiros Dokkhan, Wirach Taweepreda, Surapich Loykulnant, Chaveewan Kongkaew, Oraphin Chaikumpollert and Krisda Suchiva. 2007. "Preparation and Properties of Dry Natural Rubber from Creamed Skim Latex". The 2nd International Conference on Advances in Petrochemicals and Polymers (ICAPP 2007), June 25-28, 2007. Imperial Queen's Park Hotel, Bangkok, Thailand.