



การเตรียมและศึกษาคุณสมบัติยางแห้งที่ได้จากน้ำยางที่ปราศจากการใช้
แอมโมเนียเพื่อรักษาสภาพ

**Preparation and Characterization of Dry Rubber from Ammonia-Free
Natural Rubber Latex**

โสภิตา จิตบุญ

Sopita Jitboon

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 การเตรียมและศึกษาคุณสมบัติยางแห้งที่ได้จากน้ำยางที่ปราศจากการใช้
แอมโมเนียเพื่อรักษาสภาพ
ผู้เขียน นางสาวโสภิตา จิตบุญ
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพอลิเมอร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

คณะกรรมการสอบ

.....
(ดร.วิรัช ทวีปรีดา)

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิริยะ ทองเรือง)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎา สุชีวะ)

.....
(ดร.สุรพิชญ ลอยกุลนันท์)

.....กรรมการ
(ดร.วิรัช ทวีปรีดา)

.....กรรมการ
(ดร.สุรพิชญ ลอยกุลนันท์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรสา ภัทรไพบูลย์ชัย)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยีพอลิเมอร์

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

ชื่อวิทยานิพนธ์ การเตรียมและศึกษาคุณสมบัติของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางที่ปราศจากการใช้
แอมโมเนียเพื่อรักษาสภาพ
ผู้เขียน นางสาวโสภิตา จิตบุญ
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพอลิเมอร์
ปีการศึกษา 2551

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมบัติของยางแห้งที่เตรียมได้จากน้ำยางสดที่รักษา
สภาพโดยสารรักษาสภาพที่ปราศจากแอมโมเนีย คือ TAPP1 (FL-TAPP1) หรือการใช้สาร
ต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย คือ ELECTROCID-B20 ร่วมกับแอมโมเนียในปริมาณต่ำ (FL-NB2) น้ำ
ยางสดที่รักษาสภาพด้วย TAPP1 ปริมาณ 0.4% โดยน้ำหนัก จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาสภาพ
น้ำยางสดได้นานกว่า 1 เดือน ให้ผลการทดลองเช่นเดียวกันกับการใช้ ELECTROCID-B20
ร่วมกับแอมโมเนีย 0.2% โดยน้ำหนัก ในขณะที่น้ำยางสดที่เก็บรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียเพียง
อย่างเดียว จะไม่สามารถช่วยยืดอายุการเก็บน้ำยางสดได้ในระยะเวลาที่ยาวนานกว่า 1 สัปดาห์
ยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วย TAPP1 หรือ ELECTROCID-B20 ร่วมกับ
แอมโมเนีย เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง จะมีค่าความหนืดมูนิ์ ดัชนีความอ่อนตัวที่สูง และให้ยางที่
มีสีที่เข้มกว่ายางแห้งที่เตรียมได้จากน้ำยางสดที่ไม่มีการเติมสารรักษาสภาพ แต่ยางแห้งที่ได้
น้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วย TAPP1 หรือ ELECTROCID-B20 ร่วมกับแอมโมเนีย ที่ระยะเวลา
ต่างๆ นานสูงสุด 1 เดือน จะมีสมบัติต่างๆ ของยางแห้งที่คงเดิม ยกเว้นค่าความหนืดมูนิ์ และ
ดัชนีความอ่อนตัวเริ่มต้นที่เพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย เมื่อทำการทดสอบพฤติกรรมการเก็บยางแห้งที่
อุณหภูมิห้อง และแบบเร่ง พบว่ายางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วย TAPP1 ค่าความ
หนืดมูนิ์และค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นจะคงเดิม เมื่อเก็บยางไว้เวลานานมากกว่า 3 เดือน ยางแห้งที่
ได้จากน้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วย ELECTROCID-B20 ร่วมกับแอมโมเนีย ค่าความหนืดมูนิ์
และค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้สมบัติการแปรรูปของยางแห้งที่เตรียมได้จาก
น้ำยางสดที่ถูกเก็บรักษาสภาพโดย TAPP1 เป็นระยะเวลานาน 1 เดือน ไม่มีความแตกต่างจาก
ยางแห้งโดยทั่วไปและให้สมบัติเชิงกลที่ดีเช่นเดียวกัน

Thesis Title Preparation and Characterization of Dry Rubber from Ammonia-Free Natural Rubber Latex.
Author Miss Sopita Jitboon
Major Program Polymer Science and Technology
Academic Year 2008

ABSTRACT

In this research, the properties of dry rubber prepared from fresh or field natural rubber latex (FL) which preserved by free ammonia preservative (FL-TAPP1) and ammonia mixed with bactericide (ELECTROCIDE-B20) were studied. Fresh Latex can be kept for more than 1 month if it was preserved by 0.4% by wt. TAPP1 as well as 0.2% by wt. of ELECTROCIDE-B20 mixed with ammonia solution (FL-NB2). On the other hand, the fresh latex can not be kept for more than 1 week if it was preserved by ammonia only. The Mooney viscosity (MV) and initial plasticity (P_0) of dry rubber from FL-TAPP1 and FL-NB2 after storage for 3 hours are higher than the dry rubber from unpreserved FL and the color of dry rubber from unpreserved NRL is paler. The properties of dry rubber from FL-TAPP1 and FL-NB2 after storage for 1 month were same except the MV and P_0 are slightly increased. The storage hardening test of dry rubber found that the dry rubber from FL-TAPP1 is better than the dry rubber from FL-NB2 and the control. Moreover, the dry rubber from FL-TAPP1 and FL-NB2 after storage for 1 month can be processed and enhanced the physical properties as well as the control.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
รายการตาราง	(10)
รายการภาพประกอบ	(14)
บทที่	
1. บทนำ	
1.1 บทนำต้นเรื่อง	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตและวิธีการดำเนินงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ยางธรรมชาติ	3
2.2 สมบัติน้ำยางสด	4
2.3 การเก็บรักษาสภาพน้ำยางธรรมชาติ	6
2.3.1 สมบัติของสารเคมีที่ใช้ในการเก็บรักษาสภาพน้ำยาง	7
2.3.2 ชนิดของสารเคมีเก็บรักษาสภาพน้ำยาง	7
2.3.3 สารเคมีรักษาสภาพน้ำยางสดเพื่อทำน้ำยางชั้น	8
2.3.4 สารเคมีเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดเพื่อทำยางแห้ง	12
2.4 กระบวนการผลิตยางแห้ง	14
2.5 สมบัติและความแปรปรวนของยางดิบ	15
2.5.1 ผลของพันธุ์ยาง	15
2.5.2 ผลของสภาวะ และกระบวนการต่างๆ ที่ใช้ในการทำให้ยางจับตัว	15
2.5.3 อุณหภูมิการอบ	17
2.5.4 การเพิ่มขึ้นของความหนืดของยาง	17
2.6 การตรวจสอบเอกสาร	18
2.6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเสี่ยสภาพของน้ำยางธรรมชาติ	18
2.6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสารรักษาสภาพน้ำยางธรรมชาติ	18
	(3)

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.6.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเพื่อปรับปรุงสมบัติของยางดิบ	20
3. วิธีการวิจัย	
3.1 สารเคมี	23
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือวิจัย	26
3.3 วิธีดำเนินการทดลอง	27
3.3.1 ศึกษาผลของชนิดสารรักษาสภาพน้ำยางสดต่อการเก็บรักษาสภาพน้ำยางสด	27
3.3.1.1 การเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยสาร TAPP1	27
3.3.1.2 การเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยสาร TAPP1 เปรียบเทียบกับสารละลายแอมโมเนียในปริมาณที่มากขึ้น	27
3.3.1.3 การเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยสารละลายแอมโมเนียร่วมกับสารเคมีชนิดอื่น	28
3.3.2 ศึกษาสมบัติของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 เปรียบเทียบกับแอมโมเนีย	29
3.3.2.1 ศึกษาความเข้มข้นของกรดฟอร์มิคที่ใช้จับตัวน้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 หรือแอมโมเนียต่อสมบัติยางแห้ง	29
3.3.2.2 ศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บน้ำยางสดที่รักษาสภาพต่อสมบัติยางแห้ง	31
3.3.3 ศึกษาสมบัติยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดแหล่งต่างๆ	31
3.3.4 ศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บยางแห้งต่อสมบัติยาง	32
3.3.5 การขยายระดับการผลิตยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสารชนิดต่างๆ	32
3.3.6 การทดสอบสมบัติของน้ำยางสดและยางแห้ง	33
3.3.6.1 การทดสอบหาปริมาณของแข็งทั้งหมด	33
3.3.6.2 การทดสอบหาปริมาณเนื้อยางแห้ง	33
3.3.6.3 การทดสอบหาปริมาณกรดไขมันระเหยได้	34
3.3.6.4 การหาค่า pH	34
3.3.6.5 การหาปริมาณความเป็นด่างหรือแอมโมเนีย	35
3.3.6.6 การทดสอบหาปริมาณสิ่งสกปรก	35
	(4)

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3.6.7 การทดสอบหาปริมาณแก้ว	36
3.3.6.8 การทดสอบหาปริมาณไนโตรเจน	36
3.3.6.9 การทดสอบความหนืดมูนี้ของยางแห้ง	37
3.3.6.10 การทดสอบความอ่อนตัวและดัชนีความอ่อนตัว	37
3.3.6.11 การทดสอบการเพิ่มความแข็งแรงระหว่างการเก็บ	38
3.3.6.12 การทดสอบหาปริมาณเจลในยาง	39
3.3.7 ศึกษาสมบัติการแปรรูปของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยสารชนิดต่างๆ	39
3.3.7.1 การเตรียมยางผสมสารเคมี	39
3.3.7.2 การทดสอบลักษณะการวัลคาไนซ์ด้วยเครื่อง Moving Die Rheometer (MDR)	40
3.3.7.3 การทดสอบสมบัติเชิงกลของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยสารชนิดต่างๆ	41
4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	
4.1 ศึกษาผลของชนิดสารรักษาสภาพน้ำยางสดต่อการเก็บรักษาสภาพน้ำยางสด	43
4.1.1 การเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยสาร TAPP1	43
4.1.2 การเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยสาร TAPP1 เปรียบเทียบกับสารละลายแอมโมเนียในปริมาณที่มากขึ้น	45
4.1.3 การเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยสารละลายแอมโมเนียร่วมกับสารเคมีชนิดอื่น	48
4.2 ศึกษาสมบัติของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 เปรียบเทียบกับแอมโมเนีย	55
4.2.1 ศึกษาความเข้มข้นของกรดฟอร์มิกที่ใช้จับตัวน้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 หรือแอมโมเนียต่อสมบัติยางแห้ง	55
4.2.2 ศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บน้ำยางสดที่รักษาสภาพต่อสมบัติยางแห้ง	61
4.3 ศึกษาสมบัติยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดแหล่งต่างๆ	65
4.4 ศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บยางแห้งต่อสมบัติยางแห้งที่เตรียมได้	67
4.5 ศึกษาสมบัติยางแห้งที่ผลิตในระดับอุตสาหกรรม	89

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.6 ศึกษาสมบัติการแปรรูปของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วย สารชนิดต่าง ๆ	97
5. สรุปผลการทดลอง	102
บรรณานุกรม	104
ภาคผนวก	109
ประวัติผู้เขียน	119

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบของน้ำยางสด	4
2.2 สัดส่วนของสารเคมีที่ใช้ต่อเวลาในการเก็บรักษาน้ำยาง	13
2.3 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ความหนืด (Mooney viscosity) และสีของยางพันธุ์ต่างๆ ในรูปของยางแผ่นฟิล์มแห้ง (Dried film)	15
2.4 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ความหนืด (Mooney viscosity) ของยางพันธุ์ต่างๆ ที่จับตัวด้วยวิธีตามธรรมชาติ	16
2.5 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางพันธุ์ต่างๆ ที่จับตัวด้วยกรดชนิดต่างๆ	16
2.6 ความหนืด (Mooney viscosity) ของยางพันธุ์ต่างๆ ที่จับตัวด้วยกรดชนิดต่างๆ	16
2.7 ผลของอุณหภูมิทำให้แห้งและหลังจากแห้งแล้วต่อค่า PRI	17
3.1 ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการรักษาสภาพน้ำยางสด โดยแปรปริมาณสาร TAPP1 เทียบกับการใช้แอมโมเนีย	28
3.2 ปริมาณสารเคมีที่ใช้ศึกษาการรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยแอมโมเนียร่วมกับ anionic surfactant หรือกรดบอริก	28
3.3 ปริมาณสารเคมีที่ใช้ศึกษาการรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยแอมโมเนียร่วมกับสารต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย	29
3.4 ยางแห้ง (dry rubber) ที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสารชนิดต่างๆ	32
3.5 สูตรยางธรรมชาติตามมาตรฐาน ASTM D3184-89 Rubber-Evaluation of Natural Rubber	39
3.6 ลำดับการผสมสารเคมี	40
4.1 สมบัติน้ำยางสดที่ใช้ในการศึกษาผลของปริมาณสาร TAPP1 ต่อปริมาณ VFA	43
4.2 ปริมาณ VFA ของน้ำยางสดเก็บรักษาสภาพด้วย TAPP1 ปริมาณต่างๆ	43
4.3 สมบัติน้ำยางสดที่ใช้ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยสาร TAPP1 หรือแอมโมเนีย	45
4.4 ปริมาณ VFA ของน้ำยางสดที่เก็บรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียเปรียบเทียบกับระบบการใช้สาร TAPP1	46
4.5 pH และ Alkalinity ($\%NH_3$) ของน้ำยางสดที่เก็บรักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย เปรียบเทียบกับระบบรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1	47

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.6 สมบัติน้ำยางสดที่ใช้ศึกษาการเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยแอมโมเนียร่วมกับ anionic surfactant (SDS) หรือกรดบอริก	49
4.7 ปริมาณ VFA ของน้ำยางสดที่เก็บรักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย 0.2%ร่วมกับ anionic surfactant (SDS) หรือกรดบอริก	49
4.8 Alkalinity (%NH ₃) ของน้ำยางสดที่เก็บรักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย 0.2% ร่วมกับ anionic surfactant เมื่อเก็บไว้เป็นระยะเวลาต่างๆ	51
4.9 สมบัติน้ำยางสดที่ใช้ศึกษาเปรียบเทียบการรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยแอมโมเนีย ร่วมกับ B20	51
4.10 ปริมาณ VFA ของน้ำยางสดที่เก็บรักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย 0.20% ร่วมกับ B20 เปรียบเทียบกับระบบที่ใช้แอมโมเนียเพียงอย่างเดียว	52
4.11 Alkalinity (%NH ₃) ของน้ำยางสดที่เก็บรักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย 0.20% ร่วมกับ B20 เปรียบเทียบกับระบบที่ใช้แอมโมเนียเพียงอย่างเดียว	53
4.12 pH ของน้ำยางสดที่เก็บรักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย 0.20% ร่วมกับ B20 เปรียบเทียบกับระบบที่ใช้แอมโมเนียเพียงอย่างเดียว	53
4.13 pH ปริมาตรกรด (Volume of formic acid) และปริมาณเนื้อกรด (Amount of formic acid) ที่ใช้จับตัวน้ำยางรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 เปรียบเทียบกับการใช้แอมโมเนีย	55
4.14 ความหนืดมูนี่ (Mooney Viscosity) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 เปรียบเทียบกับแอมโมเนีย เมื่อจับตัวด้วยกรดฟอร์มิกที่ความเข้มข้นต่างๆ	56
4.15 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P ₀) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 เปรียบเทียบกับแอมโมเนีย เมื่อจับตัวด้วยกรดฟอร์มิกที่ความเข้มข้นต่างๆ	58
4.16 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 เปรียบเทียบกับแอมโมเนีย เมื่อจับตัวด้วยกรดฟอร์มิกที่ความเข้มข้นต่างๆ	59
4.17 ความหนืดมูนี่ (Mooney viscosity) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดเก็บรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 หรือแอมโมเนีย เมื่อเก็บไว้ในรูปน้ำยางเป็นระยะเวลาต่างๆ	61
4.18 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P ₀) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดเก็บรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 หรือแอมโมเนีย เมื่อเก็บไว้ในรูปน้ำยางเป็นระยะเวลาต่างๆ	62
4.19 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดเก็บรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 หรือแอมโมเนีย เมื่อเก็บไว้ในรูปน้ำยางเป็นระยะเวลาต่างๆ	63

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.20 สมบัติของยางแห้งที่เตรียมได้จากน้ำยางสดที่รักษาสภาพไว้เป็นระยะเวลา 1, 8 และ 35 วัน	65
4.21 ความหนืดมูนิ ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดจังหวัดสงขลา เมื่อเก็บไว้ในรูปน้ำยางเป็นเวลาต่างๆ	66
4.22 ความหนืดมูนิ ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดจังหวัดสุราษฎร์ธานี เมื่อเก็บไว้ในรูปน้ำยางเป็นเวลาต่างๆ	66
4.23 ความหนืดมูนิ ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดจังหวัดตรัง เมื่อเก็บไว้ในรูปน้ำยางเป็นเวลาต่างๆ	66
4.24 ผลของแหล่งน้ำยางสดต่างๆ ต่อสมบัติยางแห้ง เมื่อรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียและสาร TAPP1	67
4.25 ความหนืดมูนิที่เพิ่มขึ้น ของยางแห้งที่เตรียมจากน้ำยางที่รักษาสภาพจากจังหวัดต่างๆ เมื่อเก็บยางแห้งเป็นระยะเวลา 240 วัน	68
4.26 ความหนืดมูนิ ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดจังหวัดสุราษฎร์ธานีที่รักษาสภาพไว้ 0 วัน เมื่อเก็บยางแห้งไว้เป็นระยะเวลา 240 วัน	68
4.27 ความหนืดมูนิ ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดจังหวัดสุราษฎร์ธานีที่รักษาสภาพไว้ 7 วัน เมื่อเก็บยางแห้งไว้เป็นระยะเวลา 240 วัน	71
4.28 ความหนืดมูนิ ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดจังหวัดตรังที่รักษาสภาพไว้ 0 วัน เมื่อเก็บยางแห้งไว้เป็นระยะเวลา 240 วัน	74
4.29 ความหนืดมูนิ ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดจังหวัดตรังที่รักษาสภาพไว้ 7 วัน เมื่อเก็บยางแห้งไว้เป็นระยะเวลา 240 วัน	76
4.30 ความหนืดมูนิ ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดจังหวัดตรังที่รักษาสภาพไว้ 30 วัน เมื่อเก็บยางแห้งไว้เป็นระยะเวลา 240 วัน	79

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.31 ความหนืดมูนี่ ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดจังหวัดสงขลาที่รักษาสภาพไว้ 0 วัน เมื่อเก็บยางแห้งไว้เป็นระยะเวลา 240 วัน	81
4.32 ความหนืดมูนี่ ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดจังหวัดสงขลาที่รักษาสภาพไว้ 8 วัน เมื่อเก็บยางแห้งไว้เป็นระยะเวลา 240 วัน	84
4.33 ความหนืดมูนี่ ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดจังหวัดสงขลาที่รักษาสภาพไว้ 35 วัน เมื่อเก็บยางแห้งไว้เป็นระยะเวลา 240 วัน	86
4.34 สมบัติยางแห้งที่เตรียมจากน้ำยางที่เติมสารรักษาสภาพชนิดต่างๆ	89
4.35 สมบัติยางแห้งที่เตรียมจากน้ำยางที่เติมสารรักษาสภาพชนิดต่างๆ ประมาณ 1 เดือนแล้วนำมาจับตัว	89
4.36 ความหนืดมูนี่ (Mooney viscosity) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางที่จับตัวทันทีหลังเติมรักษาสภาพชนิดต่างๆ	90
4.37 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางที่จับตัวทันทีหลังเติมรักษาสภาพชนิดต่างๆ	91
4.38 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางที่จับตัวทันทีหลังเติมรักษาสภาพชนิดต่างๆ	91
4.39 ความหนืดมูนี่ (Mooney viscosity) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางที่จับตัวหลังเติมรักษาสภาพชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 1 เดือน	93
4.40 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางที่จับตัวหลังเติมรักษาสภาพชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 1 เดือน	94
4.41 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางที่จับตัวหลังเติมรักษาสภาพชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 1 เดือน	94
4.42 สมบัติการวัลคาไนซ์ของยางคอมปอนด์ที่ได้จากยางแห้งที่ได้จากการจับตัวทันทีหลังเติมสารรักษาสภาพชนิดต่างๆ	97
4.43 สมบัติการวัลคาไนซ์ของยางคอมปอนด์ที่ได้จากยางแห้งที่ได้จากการเก็บน้ำยางที่เติมสารรักษาสภาพชนิดต่างๆ ไว้ประมาณ 1 เดือนแล้วนำมาจับตัว	98

รายการภาพประกอบ

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างแบบ <i>cis</i> -1,4-polyisoprene ของยางธรรมชาติ	3
2.2 ลักษณะที่เป็นไปได้ของอนุภาคยางธรรมชาติ	5
2.3 ผลของแอมโมเนียต่อจำนวนแบคทีเรียในน้ำยางธรรมชาติ	8
2.4 ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของโปรตีน	9
2.5 กระบวนการผลิตยางแท่ง	14
2.6 สมมติฐานการเกิด storage hardening	18
3.1 ขั้นตอนการเตรียมยางแท่ง	30
3.2 ขั้นตอนการศึกษาระยะเวลาการเก็บน้ำยางสดที่รักษาสภาพต่อสมบัติยางแท่ง	31
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ VFA กับปริมาณสาร TAPP1 ที่ใช้รักษาสภาพเป็นระยะเวลาต่างๆ	44
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ VFA กับระยะเวลาการเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยสาร TAPP1 เปรียบเทียบระบบการใช้แอมโมเนีย	46
4.3 pH ของน้ำยางสดที่เก็บรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียเปรียบเทียบกับระบบรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1	48
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ VFA กับระยะเวลาการเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยแอมโมเนียร่วมกับ sodium dodecyl sulphate (SDS) หรือกรดบอริก	50
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ VFA กับระยะเวลาการเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยแอมโมเนียร่วมกับ B20 เปรียบเทียบระบบการใช้แอมโมเนียเพียงอย่างเดียว	52
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับระยะเวลาการเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยแอมโมเนียร่วมกับ B20 เปรียบเทียบระบบการใช้แอมโมเนียเพียงอย่างเดียว	54
4.7 ความหนืดมูนี่ (Mooney viscosity) ของยางแท่งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 เปรียบเทียบกับแอมโมเนีย เมื่อจับตัวด้วยกรดฟอรั่มิกที่ความเข้มข้นต่างๆ	57
4.8 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ของยางแท่งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 เปรียบเทียบกับแอมโมเนีย เมื่อใช้กรดฟอรั่มิกความเข้มข้นต่างๆ จับตัว	59
4.9 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางแท่งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 เปรียบเทียบกับแอมโมเนีย เมื่อจับตัวด้วยกรดฟอรั่มิกที่ความเข้มข้นต่างๆ	60
4.10 ความหนืดมูนี่ (Mooney viscosity) ของยางแท่งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 หรือแอมโมเนีย เมื่อเก็บไว้ในรูปน้ำยางเป็นระยะเวลาต่างๆ	62

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.11 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 หรือแอมโมเนีย เมื่อเก็บไว้ในรูปน้ำยางเป็นระยะเวลาต่างๆ	63
4.12 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 หรือแอมโมเนีย เมื่อเก็บไว้ในรูปน้ำยางเป็นระยะเวลาต่างๆ	64
4.13 ความหนืดมูนี่ (Mooney viscosity) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 0 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี	69
4.14 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 0 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี	70
4.15 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 0 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี	70
4.16 ความหนืดมูนี่ (Mooney viscosity) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 7 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี	72
4.17 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 7 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี	72
4.18 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 7 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี	73
4.19 ความหนืดมูนี่ (Mooney viscosity) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 0 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดตรัง	74
4.20 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 0 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดตรัง	75

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.21 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 0 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดตรัง	75
4.22 ความหนืดมูนี่ (Mooney viscosity) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 7 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดตรัง	77
4.23 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 7 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดตรัง	77
4.24 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 7 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดตรัง	78
4.25 ความหนืดมูนี่ (Mooney viscosity) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 30 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดตรัง	79
4.26 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 30 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดตรัง	80
4.27 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 30 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดตรัง	80
4.28 ความหนืดมูนี่ (Mooney viscosity) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 0 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดสงขลา	82
4.29 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 0 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดสงขลา	82

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.30 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 0 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดสงขลา	83
4.31 ความหนืดมูนี (Mooney viscosity) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 8 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดสงขลา	84
4.32 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 8 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดสงขลา	85
4.33 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 8 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดสงขลา	85
4.34 ความหนืดมูนี (Mooney viscosity) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 35 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดสงขลา	87
4.35 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 35 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดสงขลา	87
4.36 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 35 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดสงขลา	88
4.37 ความหนืดมูนี (Mooney viscosity) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางที่จับตัวทันทีหลังเติมรักษาสภาพชนิดต่างๆ	92
4.38 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางที่จับตัวทันทีหลังเติมรักษาสภาพชนิดต่างๆ	92
4.39 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางที่จับตัวทันทีหลังเติมรักษาสภาพชนิดต่างๆ	93
4.40 ความหนืดมูนี (Mooney viscosity) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางที่จับตัวหลังเติมรักษาสภาพชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 1 เดือน	95

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.41 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางที่จับตัวหลัง เติมรักษาสภาพชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 1 เดือน	95
4.42 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางที่จับตัวหลัง เติมรักษาสภาพชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 1 เดือน	96
4.43 ลักษณะการวัลคาไนซ์ด้วยเครื่อง MDR ของยางคอมพอนด์ที่ได้จากยางแห้งที่ได้ จากการจับตัวทันทีหลังเติมสารรักษาสภาพชนิดต่างๆ	97
4.44 ลักษณะการวัลคาไนซ์ด้วยเครื่อง MDR ของยางคอมพอนด์ที่ได้จากยางแห้งที่ได้ จากการเก็บน้ำยางที่เติมสารรักษาสภาพชนิดต่างๆ ไว้ประมาณ 1 เดือนแล้วนำมา จับตัว	98
4.45 Tensile Strength (MPa) ของยางคอมพอนด์ที่ได้จากยางแห้งจากการใช้สารรักษา สภาพน้ำยางสดชนิดต่างๆ	99
4.46 %Elongation at break ของยางคอมพอนด์ที่ได้จากยางแห้งจากการใช้สารรักษา สภาพน้ำยางสดชนิดต่างๆ	99
4.47 300%Modulus (MPa) ของยางคอมพอนด์ที่ได้จากยางแห้งจากการใช้สารรักษา สภาพน้ำยางสดชนิดต่างๆ	100
4.48 500%Modulus (MPa) ของยางคอมพอนด์ที่ได้จากยางแห้งจากการใช้สาร รักษาสภาพน้ำยางสดชนิดต่างๆ	100

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

ตัวย่อ	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชื่อภาษาไทย
CV	constant viscosity rubber	ยางแท่งความหนืดคงที่
DRC	dry rubber content	ปริมาณเนื้อยางแห้ง
FL	Fresh Latex	น้ำยางสด
MBT	2-mercaptobenzothiazole	เมอร์แคปโตเบนโซไทโอะโซล
MDR	moving die rheometer	เครื่องทดสอบเวลาการวัลคาไนซ์ ของยาง
MV	Mooney Viscosity	ความหนืดมูนีย์ของยาง
P ₀	initial plasticity	ความอ่อนตัวเริ่มต้นของยาง
PRI	plasticity retention index	ดัชนีความอ่อนตัวของยาง
SDS	sodium dodecyl sulphate	โซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต
SPP	sodium pentachlorophenate	โซเดียมเพนตะคลอโรฟิเนต
STR	Standard Thai Rubber	มาตรฐานยางแห่งประเทศไทย
TAPP1	Thailand Advance Preservative Paralatex	สารรักษาสภาพน้ำยางชนิดใหม่
TMTD	tetramethylthouram disulfide	เตตระเมทิลไทูรัมไดซัลไฟด์
TSC	total solid content	ปริมาณของแข็งทั้งหมด
VFA	volatile fatty acid	กรดไขมันที่ระเหยได้
ZDC	zinc dialkyl dithiocarbamate	ซิงค์ไดอัลคิลไดไทโธคาร์บาเมต
ZnO	zinc oxide	ซิงค์ออกไซด์

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชื่อภาษาไทย
°C	degree celsius	องศาเซลเซียส
%	percent	เปอร์เซ็นต์
kg/cm ²	kilogram per centimeter square	กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
MPa	Mega Pascal	เมกะพาสคาล
phr	part per hundred rubber	ส่วนในร้อยส่วนของยาง

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำต้นเรื่อง

ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ผลิตและผู้ส่งออกยางธรรมชาติหรือยางแปรรูปพื้นฐานรายใหญ่ที่สุดในโลก โดยมีปริมาณการผลิตประมาณ 2.5 ล้านตัน/ปี คิดเป็น 1 ใน 3 ของการผลิตยางพาราในโลก ซึ่งผลผลิตยางธรรมชาติของประเทศไทยจะมีอยู่ 4 ประเภทหลัก ได้แก่ ยางแผ่น ยางแท่ง ยางเครพ และน้ำยางข้น ส่วนยางเกรดอื่นๆ มีการผลิตเพียงเล็กน้อย โดยปริมาณการส่งออกแยกเป็นยางแผ่น 42% ยางแท่ง 37% น้ำยางข้น 17% จากข้อมูลพบว่าประเทศไทยผลิตยางแผ่นได้ในสัดส่วนที่สูงกว่าการผลิตยางประเภทอื่นๆ แต่ในอนาคตการใช้ยางเพื่อทำผลิตภัณฑ์ในประเทศตะวันตกมีแนวโน้มที่จะใช้ยางแท่งมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากยางแท่งสามารถแยกเกรดที่บ่งชี้ถึงคุณภาพและบ่งบอกถึงสมบัติที่ค่อนข้างชัดเจนกว่ายางธรรมชาติชนิดอื่นๆ (สถาบันวิจัยยาง, 2551)

การแปรรูปน้ำยางสดที่ได้จากต้นยางพาราไปเป็นผลิตภัณฑ์ยางข้นต้นหรือยางดิบ เพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบของอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ต่างๆ ซึ่งผลิตภัณฑ์ยางข้นต้นนี้จะมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ ยางแท่งชนิดต่างๆ ยางแผ่น ยางแท่ง ยางเครพ และน้ำยางข้น (Concentrated Latex) น้ำยางสดที่ได้จากต้นยางพาราสามารถคงสภาพอยู่ได้ระยะเวลาหนึ่งไม่เกิน 6 ชั่วโมง จากนั้นอนุภาคยางจะเริ่มจับตัวกันเป็นก้อนเป็นที่เข้าใจกันว่าแบคทีเรียเข้าไปกินและย่อยสลายสารอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตในน้ำยางสดทำให้เกิดกรดที่ระเหยได้บางชนิด เช่น กรดฟอร์มิก กรดอะซีติกและกรดโพรพิโอนิก เป็นต้น (เสาวนีย์, 2546) ซึ่งกรดเหล่านี้เป็นสาเหตุสำคัญทำให้น้ำยางเกิดการบูดเน่าและเสียสภาพ ทำให้ไม่สามารถนำไปผลิตเป็นน้ำยางข้นและยางแท่งได้ จึงต้องมีการเก็บรักษาสภาพน้ำยางไม่ให้เกิดการบูดเน่า ระบบการเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดที่ใช้ในปัจจุบัน คือแอมโมเนีย โดยปริมาณการใช้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ใช้เก็บรักษา สภาพ แต่การใช้แอมโมเนียก่อให้เกิดปัญหาหลายอย่าง เช่น ระเหยง่ายและมีกลิ่นฉุนรุนแรง เมื่อระเหยสู่อากาศจะเกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมและทำให้ยากต่อการควบคุมสมบัติของยาง ในระหว่างการเก็บรักษาให้คงที่ส่งผลให้เกิดปัญหากับกระบวนการผลิต ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาสารเคมีที่ช่วยรักษาสภาพของน้ำยางชนิดใหม่เพื่อลดปัญหาดังกล่าว คือสารต่อต้านเชื้อแบคทีเรียหรือสาร TAPP1

งานวิจัยนี้จึงให้ความสนใจกับการศึกษาการรักษาสภาพน้ำยางสดเป็นระยะเวลายาวนานโดยใช้สารเคมีชนิดต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบสมบัติของยางแห้งที่เตรียมได้จากน้ำยางที่ผ่านการเก็บรักษาที่ระยะเวลาต่างๆ กัน รวมถึงสมบัติการแปรรูปยางแห้งและสมบัติเชิงกลของผลิตภัณฑ์ที่ได้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารรักษาสภาพน้ำยางสดชนิดต่างๆ ต่อสมบัติของน้ำยางสด
2. เพื่อศึกษาสมบัติของยางแห้งที่เตรียมได้จากน้ำยางสดที่ผ่านการเก็บรักษาสภาพโดยสารรักษาสภาพที่ระยะเวลานาน
3. เพื่อศึกษาสมบัติการแปรรูปของยางแห้งที่ได้

1.3 ขอบเขตและวิธีการดำเนินงานวิจัย

1. เก็บตัวอย่างน้ำยางสดจากแหล่งต่างๆ
2. ทำการรักษาสภาพโดยใช้สารรักษาสภาพที่ปราศจากแอมโมเนีย (TAPP1) เทียบกับการใช้แอมโมเนียและเตรียมเป็นยางแห้ง
3. ศึกษาสมบัติยางแห้งที่ได้จากน้ำยางที่ใช้สารรักษาสภาพที่ปราศจากแอมโมเนีย (TAPP1) เทียบกับการใช้แอมโมเนีย
4. ศึกษาเปรียบเทียบสมบัติยางแห้งที่ได้ ตามระยะเวลาการเก็บรักษา
5. ศึกษาสมบัติการแปรรูปของยางที่แปรรูปได้
6. วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้วิธีการเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดไว้เป็นระยะเวลานาน
2. ได้ยางแห้งที่มีคุณสมบัติที่คงที่
3. ช่วยเพิ่มศักยภาพการผลิตยางแห้งจากน้ำยางสด

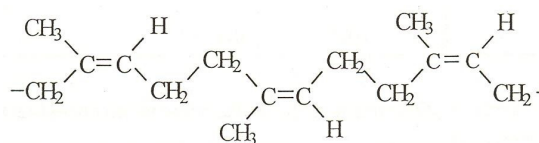
บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ยางธรรมชาติ (natural rubber, NR)

ยางธรรมชาติเป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่สำคัญของประเทศไทย โดยส่วนใหญ่ปลูกมากทางภาคใต้และภาคตะวันออก และมีการขยายแหล่งปลูกมากขึ้นทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันตก และภาคเหนือ ทำให้ในปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศผู้ผลิตและมีการส่งออกยางธรรมชาติเป็นอันดับหนึ่งของโลก ในปี พ.ศ. 2549 มีปริมาณการผลิต 3.13 ล้านตัน ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จากปีที่ผ่านมา มีปริมาณการส่งออก 2.77 ล้านตัน ใช้ในประเทศ 320,885 ตัน และเก็บสต็อกไว้ 249,895 ตัน (สถาบันวิจัยยาง, 2551)

ยางธรรมชาติมีชื่อทางเคมีคือ *cis*-1,4-polyisoprene กล่าวคือในโมเลกุลยาง 1 โมเลกุลจะประกอบด้วยหน่วยของไอโซพรีน (C_5H_8) มาต่อกันเป็นสายยาว โดยทั่วไปยางธรรมชาติมีโครงสร้างการจัดเรียงตัวของโมเลกุลแบบอสัณฐาน (amorphous) แต่ในบางสภาวะโมเลกุลของยางสามารถจัดเรียงตัวก่อนข้างเป็นระเบียบที่อุณหภูมิต่ำหรือเมื่อถูกยืดจึงสามารถเกิดผลึก (crystallize) ได้ การเกิดผลึกเนื่องจากอุณหภูมิต่ำ (low temperature crystallization) จะทำให้ยางแข็งมากขึ้น แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำเกินไป ยางก็จะอ่อนลงและกลับสู่สภาพเดิม ในขณะที่การเกิดผลึกเนื่องจากการยืดตัว (strain induced crystallization) ทำให้ยางมีสมบัติเชิงกลดี นั่นคือยางจะมีความทนทานต่อแรงดึง (tensile strength) ความทนทานต่อการฉีกขาด (tear resistance) และความทนทานต่อการขัดสี (abrasion resistance) สูง (พงษ์ธร, 2548)



รูปที่ 2.1 โครงสร้างแบบ *cis*-1,4-polyisoprene ของยางธรรมชาติ (พงษ์ธร, 2548)

2.2 สมบัติน้ำยางสด

น้ำยางสด (Fresh or Field Latex) มีสภาพเป็นคอลลอยด์หรือสารแขวนลอย (dispersion) ที่ประกอบด้วยส่วนที่กระจัดกระจาย (dispersion phase) ได้แก่ อนุภาคขนาดเล็กๆ ของสารพอลิเมอร์ที่มีขนาด 0.05-5 ไมครอน และส่วนของสารที่เป็นตัวกลาง (dispersion medium) โดยทั่วไปเรียกว่า ซีรัม (serum)

น้ำยางสดมีลักษณะเป็นของเหลวสีขาว มีสถานะเป็นคอลลอยด์หรือแขวนลอย อยู่ในตัวกลางที่เป็นน้ำ มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 0.975-0.980 กรัมต่อมิลลิลิตร มีค่า pH ประมาณ 6.5-7.0 ความหนืดมีค่าประมาณ 12-15 เซนติพอยส์ (centipoise) และอาจมีค่าแปรปรวนขึ้นอยู่กับปริมาณของส่วนประกอบในน้ำยาง นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่น พันธุ์ยาง อายุยาง ฤดูกาลยาง เป็นต้น น้ำยางสดอยู่ในสภาวะแขวนลอยและมีประจุที่เป็นลบจึง ผลักกันตลอดเวลาทำให้คงสภาพอยู่ได้จนกว่าสภาพแวดล้อมและปัจจัยต่างๆ มารบกวน เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรด ซึ่งทำให้เกิดการจับตัวกันเป็นก้อนของน้ำยาง (Blackley, 1997)

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบของน้ำยางสด (Blackley, 1997)

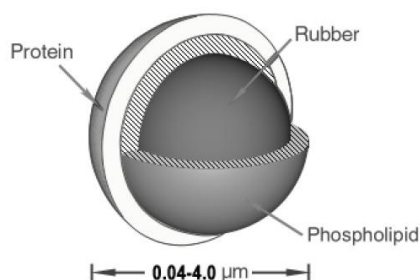
Constituent	Proportion / % (m/m) on whole latex
Total Solid Content, TSC	27 - 48
Dry Rubber Content, DRC	25 - 45
Proteinaceous substances	1 - 1.5
Resinous substances	1 - 2.5
Ash	Up to 1
Sugars	1
Water	ad 100

2.2.1 ส่วนประกอบของน้ำยาง (Blackley, 1997)

2.2.1.1 ส่วนของเนื้อยาง มีส่วนประกอบหลักๆ ดังนี้ คือ

1) อนุภาคยาง (Rubber Particle) ถูกห่อหุ้มด้วยสารจำพวกไขมันและโปรตีน โดยโปรตีนจะอยู่ชั้นนอกและอาจมีโลหะบางชนิด เช่น แมกนีเซียม โบแทสเซียม และทองแดง ปะปนอยู่ปริมาณเล็กน้อยประมาณ 0.5% โดยปกติอนุภาคยางจะแขวนลอยในน้ำ ประกอบด้วยสารประกอบพวกไฮโดรคาร์บอน มีชื่อโครงสร้างทางเคมีว่า ไอโซพรีน (*cis*-1,4-polyisoprene) มีความหนาแน่น 0.92 กรัมต่อมิลลิลิตร มีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยอยู่ในช่วง 200,000-400,000 กรัมต่อโมล ลักษณะอนุภาคยางเป็นรูปค่อนข้างกลมคล้ายลูกแพร์ มีขนาดอนุภาคแตกต่างกัน

มากอยู่ระหว่าง 0.04-4 ไมครอน แสดงดังรูปที่ 2.2 อนุภาคยางส่วนใหญ่จะมีขนาดไม่เกิน 0.4 ไมครอน ขนาดอนุภาคเฉลี่ยประมาณ 1 ไมครอน เมื่อนำน้ำยางสดมาปั่นด้วยความเร็วสูง พบว่าอนุภาคยางที่มีขนาดใหญ่จะแยกตัวออกจากชั้นน้ำขึ้นมาอยู่ด้านบนซึ่งสามารถแยกออกได้เป็นน้ำยางข้น ส่วนอนุภาคยางที่มีขนาดเล็กจะปนอยู่กับหางน้ำยาง (Skim latex)



รูปที่ 2.2 ลักษณะที่เป็นไปได้ของอนุภาคยางธรรมชาติ (Blackley, 1997)

2) โปรตีน (Protein) โปรตีนที่ห่อหุ้มอยู่ตรงผิวรอบนอกของอนุภาคยางมีอยู่ประมาณ 25% ของโปรตีนทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำยาง โปรตีนที่อยู่ในน้ำยางส่วนใหญ่เป็นชนิดแอลฟาไกลบูลินและฮีวิน (α -Globulin และ Hevein) ส่วนนอกสุดของอนุภาคยางมีโปรตีนห่อหุ้มอยู่ประมาณ 1% ของอนุภาคยาง ส่วนใหญ่เป็นพวกแอลฟาไกลบูลิน ซึ่งไม่ละลายในน้ำก่ล้นแต่ละลายในกรด ต่าง หรือเกลือ มีค่า Isoelectric point ที่ pH = 4.8 ดังนั้นอนุภาคยางจะรวมตัวกันอย่างรวดเร็วที่ pH ของแอลฟาไกลบูลินละลายน้อยที่สุด สำหรับโปรตีนที่ห่อหุ้มผิวรอบนอกของอนุภาคยางซึ่งเป็นโปรตีนพวกฮีวิน สามารถละลายในน้ำได้ มีค่า Isoelectric point ที่ pH = 4.5 จะป้องกันอนุภาคยางมารวมตัวกัน ส่วนประกอบของฮีวินมีกำมะถันอยู่ประมาณ 5% และเป็นประเภท crystalline disulphide linkage ดังนั้นขณะที่น้ำยางเกิดการสูญเสียสภาพจะเกิดการบดหน้าโดยโปรตีนส่วนนี้จะสลายตัวให้สารประกอบพวกไฮโดรซัลไฟด์และสารเมอร์-แคปแทนทำให้มีกลิ่นเหม็น

3) ไขมัน (Lipid) ไขมันอยู่ระหว่างผิวของอนุภาคยางและโปรตีน ส่วนใหญ่เป็นสารพวกฟอสโฟไลปิด ชนิด α -Lecithin ทำหน้าที่ยึดโปรตีนให้เกาะอยู่บนผิวของอนุภาคยาง น้ำยางในสภาวะที่เป็นต่าง เช่น มีแอมโมเนียอยู่ (ประมาณ 0.6% ขึ้นไป) ฟอสโฟไลปิดจะถูกไฮโดรไลซ์เป็นกรดไขมันที่มีโมเลกุลยาวซึ่งจะรวมตัวกับแอมโมเนียกลายเป็นสบู่ทำให้น้ำยางมีความเสถียรยิ่งขึ้น แต่กรณีที่มีแอมโมเนียปริมาณน้อย (ประมาณ 0.2% ในน้ำยาง) การไฮโดรไลซิสจะเกิดขึ้นน้อย การเพิ่มความเสถียรของน้ำยางจึงจำเป็นต้องเพิ่มสบู่หรือสารอื่นที่ช่วยในการเก็บรักษาน้ำยางเพิ่มลงไป

2.2.1.2 ส่วนที่ไม่ใช่ยาง มีส่วนประกอบหลักๆ ดังนี้ คือ

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

2) โปรตีนและกรดอะมิโน (Protein and Amino acid) เป็นส่วนที่อยู่ในซีรัมของน้ำยาง มีค่า Isoelectric point หลายค่า โปรตีนที่มีค่า Isoelectric point สูงสามารถสลายตัวให้ประจุบวกได้เป็นสาเหตุให้น้ำยางสูญเสียสภาพ

3) ส่วนของลูทอยด์และสารอื่นๆ ลูทอยด์ (Lutoids) เป็นอนุภาคที่ค่อนข้างกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.5-3 ไมครอน ห่อหุ้มด้วยเยื่อบางๆ ภายในเยื่อบางๆ นี้มีทั้งสารละลายและสารแขวนลอย 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 ประกอบด้วยสารเม็ดสีพวกคาโรทีนอยด์ ซึ่งทำให้น้ำยางมีสีเหลืองเข้ม สามารถรวมตัวกับแอมโมเนียและแยกตัวออกจากยางมาอยู่ในส่วนของซีรัม

2.3 การเก็บรักษาสภาพน้ำยางธรรมชาติ (เสาวนีย์, 2546)

น้ำยางสดหลังจากกรีตจากต้นยางพาราจะคงสภาพเป็นน้ำยางอยู่ได้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ต่อจากนั้นน้ำยางจะเริ่มจับตัวเป็นเม็ดเล็กๆ คล้ายเม็ดพริกแล้วค่อยๆ หนืดขึ้น อนุภาคยางจะเริ่มจับตัวกันเป็นก้อนใหญ่ จนกระทั่งน้ำยางเกิดการสูญเสียสภาพ โดยน้ำยางจะถูกแยกออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนที่เป็นเนื้อยางและส่วนที่เป็นซีรัม ในเวลาต่อมาน้ำยางจะเริ่มเกิดการบูดเน่าและมีกลิ่นเหม็น เพื่อป้องกันน้ำยางเกิดการจับตัวเป็นก้อนก่อนเวลาที่ต้องการจึงจำเป็นต้องเติมสารรักษาสภาพน้ำยาง (Preservatives)

2.3.1 สมบัติของสารเคมีที่ใช้ในการเก็บรักษาสภาพน้ำยาง

- 1) มีความสามารถทำลายหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย
- 2) ควรเป็นสารที่เพิ่มความเสถียรของอนุภาคยางให้อยู่ในสภาพของคอลลอยด์ได้ โดยการเพิ่มประจุและเพิ่มพลังงานระหว่างอนุภาคยางกับส่วนที่เป็นน้ำ (Rubber-water interface)
- 3) มีฤทธิ์เป็นด่าง เพื่อเพิ่มค่า pH ให้กับน้ำยาง
- 4) ควรเป็นสารที่ทำให้พวกอนุมูลของโลหะหนักไม่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา โดยการกีดกันการเกิดปฏิกิริยาหรือโดยการทำให้เกิดการตกตะกอนเป็นเกลือที่ไม่ละลายน้ำ ความต้องการทำให้อนุมูลของโลหะไม่ว่องไวต่อการปฏิกิริยานั้นมีอยู่ 2 ประการ คือ ประการแรก อนุมูลของโลหะเป็นตัวการสำคัญในการเจริญอยู่ได้ของพวกจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุให้น้ำยางเกิดการจับตัวกันเอง และประการที่สองอนุมูลดังกล่าวโดยเฉพาะอนุมูลของแมกนีเซียมก่อให้เกิดการเสถียรสภาพของน้ำยาง
- 5) ไม่เป็นพิษต่อทั้งคนและเนื้อยาง ไม่ควรทำให้สีของน้ำยางหรือสีของยางที่แห้งแล้วเปลี่ยนแปลง
- 6) ไม่ควรมีกลิ่นรุนแรงและไม่ก่อให้เกิดปัญหายุ่งยากต่อกระบวนการนำน้ำยางไปแปรรูปเพื่อใช้งาน
- 7) ควรมีราคาถูกและขนย้ายได้สะดวก

2.3.2 ชนิดของสารเคมีเก็บรักษาสภาพน้ำยาง

สารเคมีที่ใช้ในการเก็บรักษาสภาพน้ำยาง สามารถแบ่งได้ 2 ประเภท ตามระยะเวลาในการเก็บรักษา คือ

2.3.2.1 สารเคมีเก็บรักษาสภาพน้ำยางในระยะสั้น (Short Term Preservative)

การเก็บรักษาวิธีนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรักษาสภาพน้ำยางให้คงสภาพในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ซึ่งอาจเป็นเวลาเพียง 2-3 วันเท่านั้น ก่อนที่จะนำน้ำยางนั้นมาแปรรูปเป็นยางแห้งหรือน้ำยางข้นต่อไป สารเคมีที่ใช้ในการเก็บรักษาสภาพน้ำยางนี้เรียกว่า สารป้องกันการจับตัว (Anticoagulant) ได้แก่ แอมโมเนีย โซเดียมซัลไฟต์ ฟอรัมาลดีไฮด์ เป็นต้น

2.3.2.2 สารเคมีเก็บรักษาสภาพน้ำยางในระยะเวลานาน (Long Term Preservative)

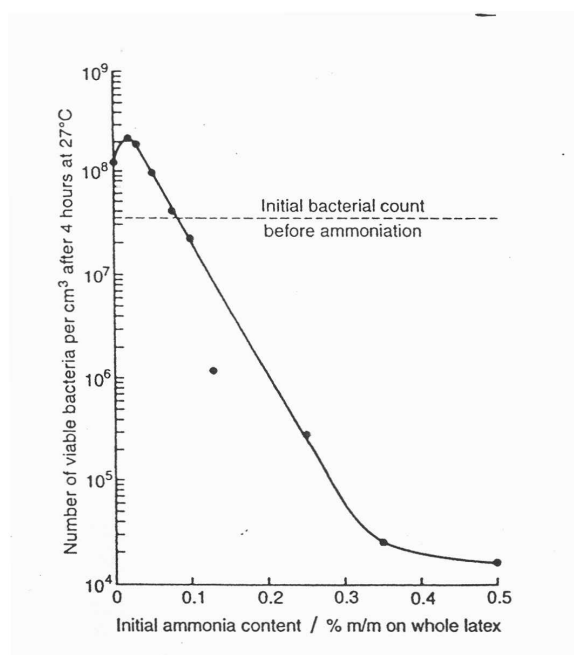
สารเคมีชนิดนี้ส่วนใหญ่จะใช้เพื่อเก็บรักษาสภาพน้ำยางชั้นให้คงสภาพเป็นของเหลวไม่ให้เกิดการบุดเน่าหรือมีกลิ่นเหม็น น้ำยางอาจต้องลำเลียงไประยะทางไกล เช่น ส่งออกสู่ต่างประเทศก่อนนำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์ สารเคมีที่ใช้เก็บรักษาสภาพน้ำยางนี้เรียกว่า

สารรักษาสภาพน้ำยาง (Preservatives) ได้แก่ แอมโมเนีย และ แอมโมเนียใช้ร่วมกับสารเคมีอื่น สารเคมีที่ใช้ร่วมนี้เป็นสารช่วยรักษาสภาพน้ำยางตัวที่สอง (secondary preservative) ได้แก่ ซิงค์ออกไซด์ เตตระเมทิลไทยูเรมไดซัลไฟต์ กรดบอริก โซเดียมเพนตะคลอโรฟิเนต เป็นต้น

2.3.3 สารเคมีรักษาสภาพน้ำยางสดเพื่อทำน้ำยางข้น

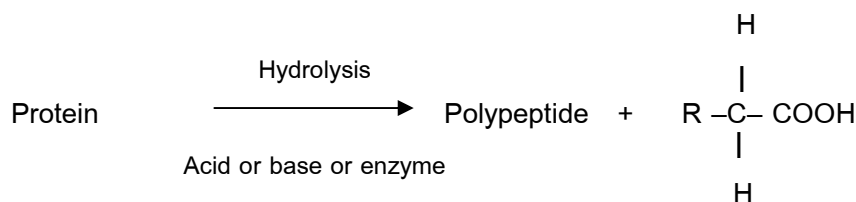
2.3.3.1 แอมโมเนีย

เป็นสารเคมีที่นิยมใช้รักษาสภาพน้ำยางกันมาช้านานและปัจจุบันยังอยู่ในความนิยมของวงการอุตสาหกรรมน้ำยาง ในการผลิตน้ำยางข้น แอมโมเนียถูกใช้ในทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิต ปริมาณประมาณ 0.2% แอมโมเนียโดยน้ำหนักน้ำยาง จะรักษาสภาพน้ำยางไว้ได้ในระยะเวลาช่วงสั้นๆ และปริมาณประมาณ 0.7% แอมโมเนียโดยน้ำหนักน้ำยาง จะรักษาสภาพน้ำยางไว้ได้ในระยะเวลาที่ยาวนาน ในทางปฏิบัติมักเติมแอมโมเนียประมาณ 0.01% โดยน้ำหนักน้ำยาง ทันทีที่กรีดยางได้ เพื่อจุดประสงค์ป้องกันน้ำยางเกิดการจับตัวกันเอง แต่จากการค้นคว้าวิจัยในระยะหลังพบว่า การเติมแอมโมเนียปริมาณเพียงเล็กน้อยหลังจากการกรีดยางนั้นเป็นวิธีการที่ไม่ถูกต้อง เพราะจะเป็นการเร่งการเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียมากกว่า ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ผลของแอมโมเนียต่อจำนวนแบคทีเรียในน้ำยางธรรมชาติ (Blackley, 1997)

จากรูปที่ 2.3 พบว่าการใช้แอมโมเนียปริมาณเล็กน้อย(ประมาณไม่เกิน 0.05%) เป็นการส่งเสริมการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ซึ่งสันนิษฐานว่าเป็นเพราะ pH ของน้ำยางสูงขึ้น จากปกติ 6.5 ไปเป็น 8.0 และในช่วงนี้เป็นช่วงที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณของแบคทีเรีย เพราะฉะนั้นจะต้องให้มีปริมาณแอมโมเนียสูงกว่า 0.1% เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย น้ำยางสดที่เก็บรักษาด้วยแอมโมเนียจะมีส่วนประกอบทางเคมีแตกต่างไปจากน้ำยางสดที่ไม่ได้ใส่แอมโมเนีย กล่าวคือ น้ำยางที่เก็บรักษาด้วยแอมโมเนียจะมีปริมาณของโปรตีนและฟอสโฟไลปิดที่ห่อหุ้มอนุภาคยางน้อยลง เนื่องจากโปรตีนและฟอสโฟไลปิดสามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส โดยโปรตีนเกิดการไฮโดรไลซิสกลายเป็นพอลิเปปไทด์และกรดอะมิโน ดังรูปที่ 2.4 ส่วนฟอสโฟไลปิดเกิดการไฮโดรไลซิสกลายเป็นสารประกอบพวกกลีเซอรอล อนุมูลฟอสเฟตอินทรีย์ เบสและกรดไขมันที่มีโมเลกุลยาว ได้แก่ อะมิโน โอลิอิก และสเตียริก



รูปที่ 2.4 ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของโปรตีน (Blackley, 1997)

กรดไขมันที่มีโมเลกุลยาวสามารถทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียแล้วเกิดเป็นเกลือของกรดไขมัน ซึ่งเกลือของกรดไขมันที่เกิดขึ้นนี้จะถูกดูดซับอยู่รอบผิวของอนุภาคยางและเป็นการช่วยเสริมความคงตัวในสภาพแขวนลอยอยู่ได้

แม้แอมโมเนียจะไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ นอกจากการสูดไอแอมโมเนียเข้าไปมากหรือผิวหนังถูกสารละลายแอมโมเนียเข้มข้น แอมโมเนียเป็นสารที่ระเหยง่ายจึงสามารถกำจัดออกได้ง่ายและไม่เหลือผลตกค้างอยู่ในเนื้อยางถึงแม้ว่าแอมโมเนียได้ทำการเปลี่ยนแปลงสารพวกที่ไม่ใช่ยางในน้ำยางก็ตาม อย่างไรก็ตามแอมโมเนียมีข้อเสีย คือ มีกลิ่นฉุนรุนแรง แอมโมเนียที่ใช้รักษาน้ำยางอาจบรรจุในรูปของแก๊สหรือบรรจุขวดในรูปของของเหลว และเนื่องด้วยการเก็บแอมโมเนียไม่สะดวกนักจึงเป็นผลให้แอมโมเนียมีราคาแพง นอกจากนี้แอมโมเนียยังก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับขบวนการผลิตบางอย่าง เช่น ก่อให้เกิดลักษณะครีมแข็ง (Thickening) เมื่อมีการเติมพวกซิงค์ออกไซด์ในขบวนการผลิต

2.3.3.2 แอมโมเนียปริมาณน้อยร่วมกับสารอื่น ๆ

เนื่องจากการใช้แอมโมเนียปริมาณปกติรักษาน้ำยางมีข้อเสียหลายประการ จึงได้มีการค้นคว้าเพื่อหาสารเคมีอื่นแทนการใช้แอมโมเนียในการรักษาสภาพน้ำยาง ปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะลดระดับปริมาณแอมโมเนียและใช้สารอื่น ๆ ร่วมกับแอมโมเนีย สารอื่น ๆ ที่ใช้ร่วมกับแอมโมเนีย ถือเป็นสารช่วยเสริมประสิทธิภาพการรักษาสภาพน้ำยาง น้ำยางที่รักษาสภาพโดยระบบนี้ เรียกว่า น้ำยางชนิดรักษาด้วยแอมโมเนียปริมาณน้อย “low ammonia” (LA) type สารเคมีที่ใช้เป็นตัวช่วยรักษาสภาพ น้ำยาง มีอยู่ด้วยกันหลายชนิด เช่น

1) เพนตะคลอโรฟีนอล (Pentachlorophenol) และเกลือโลหะของต่างของสารนี้ (alkali metal salts)

ใช้รักษาสภาพน้ำยางร่วมกับแอมโมเนีย มีคุณสมบัติคือ ทำลายแบคทีเรียได้เป็นอย่างดี สารเพนตะคลอโรฟีนอลที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ โซเดียมเพนตะคลอโรฟีนเตต (sodium pentachlorophenate, SPP) โดยใช้โซเดียมเพนตะคลอโรฟีนเตตปริมาณ 0.2% ร่วมกับแอมโมเนีย 0.2% โดยน้ำหนักน้ำยาง การเก็บรักษาสภาพน้ำยางชั้นด้วยแอมโมเนียร่วมกับโซเดียมเพนตะคลอโรฟีนเตต มีข้อดีคือ สามารถเก็บรักษาสภาพน้ำยางได้นาน น้ำยางมีความเสถียรสูงมาก จนอาจมีปัญหาในการนำน้ำยางมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ทำให้น้ำยางมีสีคล้ำ แต่มีข้อเสีย คือ มีกลิ่นเหม็น เป็นพิษ น้ำยางที่ใช้สารนี้รักษาสภาพจึงถูกห้ามนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้สัมผัสกับอาหาร นอกจากนี้ น้ำที่ใช้ล้างยางพวกที่มีสารนี้อยู่จะเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ จึงไม่นิยมใช้ในปัจจุบัน

2) ซิงค์ไดอัลคิลไดไทโอคาร์บาเมต (Zinc dialkyl dithiocarbamate, ZDC)

สารเคมีนี้ใช้เก็บรักษาสภาพน้ำยางชั้น โดยทั่วไปใช้ปริมาณ 0.1-0.2% โดยน้ำหนักน้ำยาง ร่วมกับแอมโมเนียและกรดลอริกอย่างละ 0.2% โดยน้ำหนักน้ำยาง กรดลอริกเติมลงไปเพื่อให้เกิดอนุมูลลบลอเรตในซีรัมที่เป็นต่างของน้ำยางซึ่งจะเพิ่มความเสถียรของน้ำยางในระดับเดียวกับที่ใช้แอมโมเนียปริมาณปกติ (0.7% โดยน้ำหนักน้ำยาง) เก็บรักษาไว้ น้ำยางที่เก็บรักษาสภาพโดยใช้สารเคมีนี้ มีความเสถียรต่ำ ไม่สามารถเก็บได้นาน (ยกเว้นหากใส่กรดลอริกลงไปมาก)

3) กรดบอริก (Boric acid)

ใช้กรดบอริกปริมาณ 0.2% โดยน้ำหนักน้ำยาง ร่วมกับแอมโมเนีย 0.2% โดยน้ำหนักน้ำยาง และกรดลอริก 0.05% โดยน้ำหนักน้ำยาง โดยจะเติมกรดลอริกลงไปด้วยเพื่อให้ น้ำยางมีความเสถียรขึ้น การเก็บรักษาสภาพโดยใช้สารเคมีนี้เป็นที่นิยมมากที่สุด เนื่องจากไม่ทำให้สีของยางเปลี่ยนแปลงเมื่อเสื่อมสภาพ กรดบอริกไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ทั้งยังมีราคาถูกและขนย้ายได้ง่ายเพราะอยู่ในรูปของแข็ง แต่มีข้อเสีย คือ ความเสถียรของน้ำยางต่อซิงค์ออกไซด์จะต่ำทำให้เมื่อนำยางนี้ไปทำเป็นผลิตภัณฑ์แล้วจะวัลคาไนซ์ช้าเพราะว่าความเป็นกรดในยางทำให้การวัลคาไนซ์ช้า

4) ซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide, ZnO)

โดยทั่วไปใช้ซิงค์ออกไซด์ 0.04% โดยน้ำหนักน้ำยาง ร่วมกับแอมโมเนีย 0.15% โดยน้ำหนักน้ำยาง สามารถเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดได้นานประมาณ 2 เดือน โดยปริมาณกรดที่ระเหยได้จะคงที่ที่ระดับต่ำ

5) ซิงค์ออกไซด์ร่วมกับเตตระเมทิลไทยแรมไดซัลไฟด์ (ZnO + TMTD)

ใช้แอมโมเนีย 0.2% ร่วมกับซิงค์ออกไซด์ 0.025% และ TMTD 0.025% โดยน้ำหนักน้ำยาง การเก็บรักษาสภาพน้ำยางชั้นโดยใช้สารเคมีทั้ง 3 ชนิดนี้ สามารถเพิ่มเวลาการเก็บรักษาให้นานขึ้นโดยใช้ปริมาณของซิงค์ออกไซด์และเตตระเมทิลไทยแรมไดซัลไฟด์ ปริมาณสูงขึ้นเล็กน้อย การใช้ TMTD/ZnO ร่วมกับแอมโมเนียเพื่อเก็บรักษาสภาพน้ำยางสด จะต้องมีความระมัดระวังในการใช้เนื่องจากสาร TMTD และ ZnO เป็นสารที่ทำให้โมเลกุลของยางเกิดพันธะทางเคมีได้ โดยหากใส่ปริมาณสูงเพียงพอจะทำให้ยางเกิดการจับตัวเป็นก้อนเล็กๆ กระจายอยู่ทั่วไปในน้ำยางที่อุณหภูมิสูง

2.3.3.3 สารเคมีอื่น ๆ

1) โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide, KOH)

สารรักษาสภาพน้ำยางที่สำคัญที่นอกเหนือจากแอมโมเนีย คือ โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ และสารนี้ปกติใช้รักษาสภาพน้ำยางชั้นที่ผลิตโดยวิธีระเหยน้ำ ผลของโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์จะทำลายจุลินทรีย์ได้ดีเพราะความเป็นด่างของสารนี้นั่นเอง และนอกจากให้ผลทำลายจุลินทรีย์แล้วยังช่วยเพิ่มความเสถียรให้กับน้ำยางและไม่มีปัญหาเกี่ยวกับการเกิดครีမ်แข็งเมื่อเติมซิงค์ออกไซด์ลงในน้ำยาง

2) สารรักษาสภาพน้ำยางชนิดใหม่ (TAPP1)

สารรักษาสภาพชนิดใหม่มีชื่อทางการค้าว่า TAPP1 (สิทธิบัตรของ MTEC) เป็นกลุ่มสารที่อยู่ในรูปที่ไม่เป็นอันตรายทั้งต่อผู้ใช้และผู้บริโภค โดยได้รับการรับรองจาก FDA มีหลักการทำงานคือ ในสภาวะที่เป็นกรดสาร TAPP1 จะค่อยๆ ปลดปล่อยสารฆ่าเชื้อแบคทีเรียในน้ำยาง จากการศึกษากระบวนการรักษาสภาพน้ำยางด้วยสาร TAPP1 พบว่าน้ำยางมี pH เป็นกลาง ไม่มีกลิ่น ไม่เป็นพิษต่อเซลล์และก่อให้เกิดการสึกกร่อนของโลหะน้อยมาก สารรักษาสภาพชนิดนี้นอกจากจะช่วยยืดอายุของน้ำยางสดให้สามารถเก็บไว้ได้เป็นระยะเวลาอันยาวนานแล้วยังทำให้ได้น้ำยางชั้น ยางดิบ และผลิตภัณฑ์ยางแห้งที่ปลอดภัย ส่งผลให้เกิดการประยุกต์ใช้งานทางธรรมชาติได้อย่างแพร่หลายขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในผลิตภัณฑ์ที่คำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภคเป็นหลัก

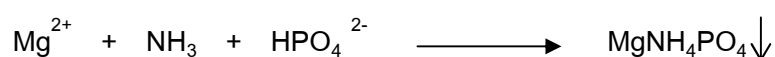
2.3.4 สารเคมีรักษาสภาพน้ำยางสดเพื่อทำยางแห้ง

2.3.4.1 สารเคมีรักษาสภาพน้ำยางสดเพื่อทำยางแผ่น

โดยปกติในการผลิตยางแผ่น ถ้าเป็นสวนขนาดเล็กไม่มีความจำเป็นต้องเก็บรักษาน้ำยางก่อนทำแผ่นเพราะจะนำน้ำยางสดไปเข้ากระบวนการทำแผ่นยางทันทีหลังจากกรีต แต่มีความจำเป็นในกรณีสวนขนาดใหญ่เพราะต้องใช้เวลารวบรวมน้ำยางเพื่อเข้ากระบวนการพร้อมๆ กัน สารเคมีที่ใช้รักษาน้ำยางสดก่อนที่จะทำแผ่น ได้แก่ แอมโมเนีย โซเดียมซัลไฟด์ ฟอรัมาลดีไฮด์ และสารอื่นบางชนิด

1) แอมโมเนีย

เป็นสารเคมีที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันการจับตัวของน้ำยาง มีฤทธิ์เป็นด่างสามารถทำลายหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ช่วยให้ประจุอนุภาคยางเป็นลบยิ่งขึ้น ทำให้น้ำยางมีความเสถียรเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถช่วยกำจัดอิมออนของโลหะพวกแมกนีเซียมที่มีอยู่ในน้ำยาง ทำให้เกิดการตกตะกอนกลายเป็นแมกนีเซียมแอมโมเนียฟอสเฟตดังสมการ



แอมโมเนียปริมาณ 0.15% โดยน้ำหนักน้ำยาง สามารถรักษาสภาพน้ำยางได้นาน 1-2 วัน การใส่แอมโมเนียในปริมาณที่มากเกินไป จะมีผลต่อการทำให้น้ำยางจับตัวเป็นก้อนขณะทำยางแผ่น โดยใช้กรดในปริมาณที่มากขึ้นซึ่งมีผลต่อคุณภาพของยางทำให้ค่าดัชนีความอ่อนตัวของยางสูงขึ้น หากล้างกรดออกไม่หมดแผ่นยางจะเหนียวและมีสีคล้ำกว่าปกติ

2) ฟอรัมาลดีไฮด์

เป็นสารที่มีความสามารถในการทำลายแบคทีเรียได้ดี ปริมาณการใช้จะขึ้นอยู่กับสภาพของต้นยางขณะกรีตและการนำน้ำยางมาแปรรูป เช่น การใช้สารละลายฟอรัมาลดีไฮด์ 0.06-0.09% โดยน้ำหนักน้ำยาง เพื่อทำยางแผ่น กรดที่ใช้ในการจับตัวจะใช้ในปริมาณเท่ากับน้ำยางที่ไม่เติมสารฟอรัมาลดีไฮด์แต่ยางแผ่นจะมีสีคล้ำกว่าปกติหรืออาจจะใช้ฟอรัมาลดีไฮด์ร่วมกับแอมโมเนีย โดยเติมฟอรัมาลดีไฮด์ปริมาณ 0.03% ร่วมกับแอมโมเนีย 0.03% โดยน้ำหนักน้ำยาง ในการเก็บรักษาน้ำยางเพื่อทำยางแผ่น ทำให้ต้องใช้กรดในการจับตัวน้ำยางปริมาณมากกว่าการใช้สารละลายฟอรัมาลดีไฮด์เพียงอย่างเดียว

3) โซเดียมซัลไฟด์ (Na_2SO_3)

เป็นสารรักษาสภาพน้ำยางในช่วงเวลาสั้นๆ โดยเติมในรูปของสารละลายเจือจาง 3% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ปริมาณที่ใช้ประมาณ 0.05-0.08% โดยน้ำหนักน้ำยาง โดยหยด 2-3 หยด ลงในถ้วยน้ำยางแล้วเติมส่วนที่เหลือลงในถังรับน้ำยาง จะเก็บน้ำยางได้ 12-24 ชั่วโมง การใช้โซเดียมซัลไฟด์ปริมาณมากเกินไปจะมีผลต่อการทำยางแผ่น คือ ต้องใช้กรด

ปริมาณมากขึ้นเพื่อทำลายความเป็นต่าง ยางแผ่นแห้งช้าและอาจเหนียว เนื่องจากโซเดียมซัลไฟต์มีความสามารถดูดความชื้นได้ดี มีฟองอากาศเกิดขึ้นบนยางแผ่น เนื่องจากเกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟต์ขึ้น ยางแผ่นที่ทำมาจากน้ำยางที่เติมโซเดียมซัลไฟต์จะมีสีจางกว่าน้ำยางที่ไม่ใส่สารรักษาสภาพน้ำยาง

2.3.4.2 สารเคมีรักษาสภาพน้ำยางสดเพื่อทำยางแท่ง

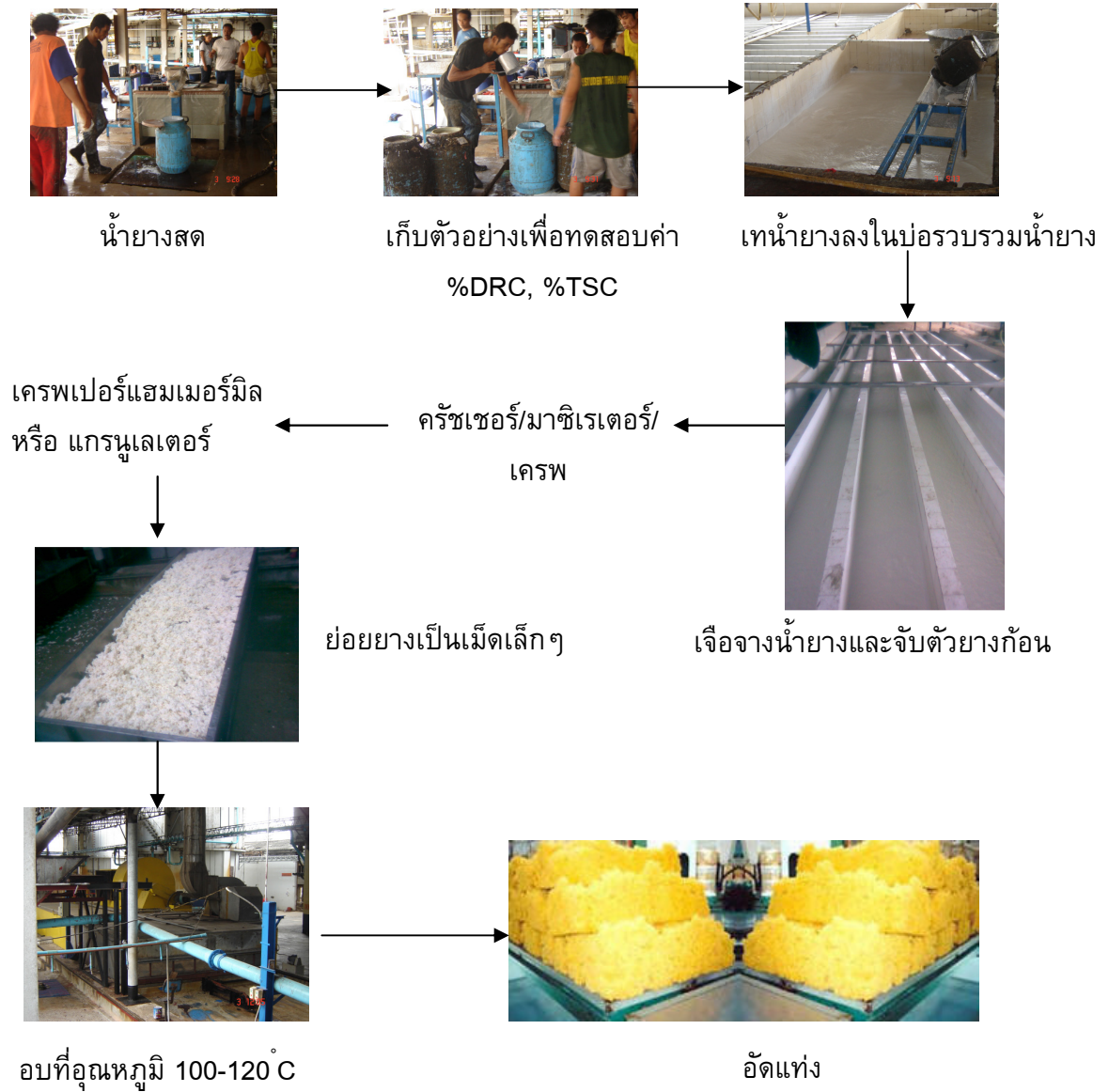
ยางแท่ง STR 5L ผลิตจากน้ำยางสดต้องมีการควบคุมคุณภาพให้ได้ยางสีจาง ความเข้มของสีไม่เกินมาตรฐานกำหนด สารเคมีที่ใช้เพื่อป้องกันยางเกิดการจับตัวก่อนกำหนด ได้แก่ แอมโมเนีย โดยใช้ในปริมาณ 0.05% โดยน้ำหนักน้ำยาง จะเก็บน้ำยางได้ประมาณ 4 ชั่วโมง มีความเข้มสีโลวิบอนด์ 2.5 หรือแอมโมเนียร่วมกับโซเดียมซัลไฟต์ โดยสารเคมีทั้งสองชนิดจะใส่ในปริมาณน้อยเพื่อรักษาสภาพน้ำยางหรือใช้แอมโมเนียร่วมกับกรดบอริก เพื่อเก็บน้ำยางได้นานขึ้นและได้สีของยางตามมาตรฐานกำหนด โดยใช้ปริมาณต่างๆ แสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 สัดส่วนของสารเคมีที่ใช้ต่อเวลาในการเก็บรักษาน้ำยาง (วรภกรณ, 2531)

Ammonia (%)	Boric acid (%)	Storage time (hour)
0.03	0.05	33-44
0.05	0.05	39-43
0.05	0.03	52-60

2.4 กระบวนการผลิตยางแท่ง

ขั้นตอนการผลิตยางแท่งจากน้ำยางสด



รูปที่ 2.5 กระบวนการผลิตยางแท่งจากน้ำยางสด

2.5 สมบัติและความแปรปรวนของยางดิบ (กฤษณา, 2541)

ในการผลิตยางดิบเพื่อให้มีคุณสมบัติตามที่ผู้บริโภคร้องการจำเป็นต้องมีการควบคุมสมบัติยางตั้งแต่เมื่อเก็บยางไว้เป็นเวลานานจะมีการเปลี่ยนแปลงของสมบัติยาง เช่น ความต้านทานต่อการเกิดออกซิเดชันหรือดัชนีความอ่อนตัวของยาง ความหนืด เป็นต้น โดยปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของยาง ได้แก่ พันธุ์ยาง วิธีการจับตัวน้ำยาง อุณหภูมิทำให้ยางแห้ง เป็นต้น

2.5.1 ผลของพันธุ์ยาง

พันธุ์ยางพาราเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่มีผลต่อค่าความอ่อนตัวของยางดิบ ซึ่งได้มีการศึกษาอิทธิพลของพันธุ์ยางแต่ละพันธุ์ต่อสมบัติต่างๆ คือ ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ความหนืดมูนนี่ (Mooney viscosity) และสี ในรูปของยางที่ทำให้แห้งโดยไม่ใช้กรด (Dried film) ซึ่งยางทุกพันธุ์มีค่า P_0 , PRI และความหนืดมูนนี่ใกล้เคียงกัน และเป็นยางที่มีความหนืดค่อนข้างสูง ความหนืดของยางบ่งบอกถึงความแข็งของยาง ซึ่งจะแปรปรวนตามชนิดของพันธุ์ สำหรับค่าสีของยางพันธุ์ RRIM600 มีสีจางกว่ายางทุกพันธุ์ ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ความหนืด (Mooney viscosity) และสีของยางพันธุ์ต่างๆ ในรูปของยางแผ่นฟิล์มแห้ง (Dried film) (กฤษณา, 2541)

Clone	P_0	PRI (%)	Mooney viscosity [ML(1+4), 100°C]	Color (Lovibond)
PR255	52.9	87.2	86.2	13
GT1	52.2	88.9	86.6	13
RRIM600	45.2	97.6	74.1	8
ยางคละพันธุ์	48.3	99.2	74.7	9

2.5.2 ผลของสภาวะและกระบวนการต่างๆ ที่ใช้ในการทำให้ยางจับตัว

กระบวนการที่ใช้ในการทำให้น้ำยางจับตัวต่างกัน ส่งผลต่อสมบัติของยางดิบที่ได้ โดย การจับตัวน้ำยางด้วยกรด ทำให้น้ำยางแห้งที่ได้มีค่า P_0 ต่ำกว่าการจับตัวของยางตามวิธีการธรรมชาติ ดังแสดงในตารางที่ 2.4 และ 2.5 แต่การจับตัวด้วยกรดในช่วง pH แคบๆ (pH = 4.5-5.5) จะไม่มีผลต่อความแตกต่างของค่า P_0

เมื่อทำให้น้ำยางจับตัวด้วยกรดชนิดที่แตกต่างกัน ซึ่งกรดทุกชนิดสามารถทำให้น้ำยางจับตัวได้ดีและมีผลทำให้สมบัติของยาง เช่น ค่า P_0 , PRI และ ความหนืด อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.5 และ 2.6

ตารางที่ 2.4 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ความหนืด (Mooney viscosity) ของยางพันธุ์ต่างๆ ที่จับตัวด้วยวิธีตามธรรมชาติ (กฤษณา, 2541)

Clone	P_0	PRI (%)	Mooney viscosity [ML(1+4), 100°C]
PR255	64.1	81.2	93.6
GT1	64.1	81.8	102.4
RRIM600	62.1	74.1	87.8

ตารางที่ 2.5 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางพันธุ์ต่างๆ ที่จับตัวด้วยกรดชนิดต่างๆ (กฤษณา, 2541)

Clone	P_0					PRI (%)				
	F*	A*	H*	Ca*	P*	F*	A*	H*	Ca*	P*
PR255	50.0	55.6	53.5	57.0	53.0	81.0	81.5	78.0	79.0	80.5
GT1	51.0	50.5	52.0	50.0	50.3	91.0	92.6	89.2	92.0	80.6
RRIM600	48.8	46.0	44.0	47.0	48.0	94.6	96.1	97.0	94.0	93.1
ยางคละพันธุ์	45.4	47.0	47.0	50.0	47.0	95.2	95.0	94.0	91.2	92.1

ตารางที่ 2.6 ความหนืด (Mooney viscosity) ของยางพันธุ์ต่างๆ ที่จับตัวด้วยกรดชนิดต่างๆ (กฤษณา, 2541)

Clone	Mooney viscosity [ML(1+4), 100°C]					Color (Lovibond)				
	F*	A*	H*	Ca*	P*	F*	A*	H*	Ca*	P*
PR255	81.9	84.2	77.7	77.8	81.7	5.6	5.3	5.2	5.1	5.5
GT1	52.5	79.2	41.3	56.8	52.5	6.0	6.5	6.6	6.0	7.0
RRIM600	81.0	74.5	64.8	79.8	71.9	5.5	5.0	6.0	5.6	5.7
ยางคละพันธุ์	67.0	59.1	57.0	81.8	53.6	5.2	6.0	6.4	5.4	5.7

หมายเหตุ: * ชนิดกรดที่ใช้ในการจับตัว

F คือ กรดฟอร์มิก, A คือ กรดอะซิติก, H คือ กรดซัลฟิวริก, Ca คือ เกลือแคลเซียมคลอไรด์

P คือ กรดฟอสฟอริก

2.5.3 อุณหภูมิการอบ

อุณหภูมิในการอบมีผลต่อค่าดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางดิบซึ่งเมื่อใช้ อุณหภูมิสูงในการอบแห้งทำให้ได้ยางที่มีค่า PRI ต่ำ ดังแสดงในตารางที่ 2.7 เมื่อยางถูกให้ความร้อนจะเกิดปฏิกิริยาขึ้น 2 ชนิดคือ aldehydic condensation ซึ่งทำให้เกิดการ cross-linking ของสายโซ่โมเลกุลยาง และปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งทำให้เกิด chain-scission การใช้ อุณหภูมิสูงในการอบอาจทำให้ความหนืดของยางสูงขึ้นหรือต่ำลงทั้งนี้ขึ้นกับความสัมพัทธ์ของ 2 ปฏิกิริยาข้างต้น อย่างไรก็ตามการอบที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานส่งผลให้ความหนืดลดลง

ตารางที่ 2.7 ผลของอุณหภูมิทำให้แห้งและหลังจากแห้งแล้วต่อค่า PRI (Sambhi, 1989)

Samples	During drying		After drying			
			60°C		100°C	
	60°C	100°C	1 days	3 days	1 days	3 days
RSS	93	79	102	89	76	degraded
1x(remillers)	37	51	36	35	degraded	degraded
2x(remillers)	37	46	32	31	degraded	degraded

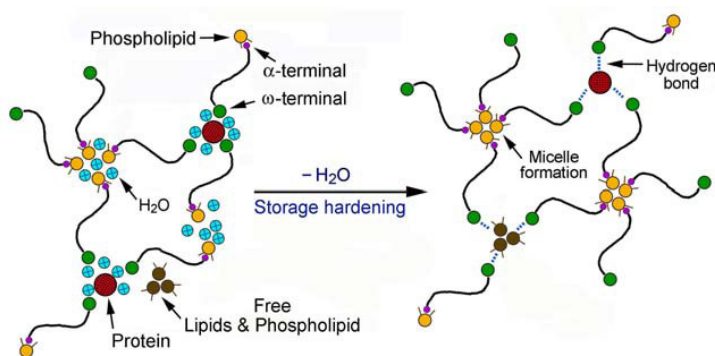
2.5.4 การเพิ่มขึ้นของความหนืดของยาง

ความหนืดของยางเพิ่มขึ้นทันทีหลังจากยางกรีดจากต้น น้ำยางที่รักษาสภาพ ด้วยแอมโมเนียปริมาณ 0.3% โดยน้ำหนักน้ำยาง มีค่าความหนืด (Mooney viscosity) เพิ่มขึ้น 5 หน่วย แต่ถ้าวางรักษาสภาพน้ำยางด้วยโซเดียมซัลไฟต์หรือฟอร์มาลีนความหนืดของยางจะไม่เพิ่มขึ้น ยางที่ได้จากการจับตัวด้วยกรด เช่น ยางแผ่นรมควัน และยางแท่ง STR 5 ความหนืด จะเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนมากกว่าในยางที่มีเศษยางผสมอยู่ เช่น ยางเครพสีน้ำตาล ยางแท่ง STR 10 และ 20 ทั้งนี้เนื่องจากเศษยางเป็นยางที่ได้จับตัวตามธรรมชาติ ความหนืดของยางที่จับตัว ตามธรรมชาติจะเพิ่มขึ้นน้อยกว่ายางที่จับตัวด้วยกรด (พรรษา, 2538)

ยางธรรมชาติเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานานจะเกิดการแข็งขึ้น เช่น ความหนืดเพิ่มขึ้น ปรากฏการณ์การเกิด Storage hardening สามารถยับยั้งได้โดยปฏิกิริยา ระหว่างยางกับ hydroxylamine หรือเกลือของ hydroxylamine ระหว่างการผลิต เช่นการ ควบคุมความหนืดหรือยาง CV ระหว่างที่มีการแก้ปัญหาดังกล่าว แต่สาเหตุการเกิด Storage hardening ยังไม่แน่ชัด

สมมติฐาน 3 ประการที่อธิบายการเกิด Storage hardening

- 1) เกิดจาก small number ของ carbonyl groups น่าจะเป็นพวก aldehydic ที่อยู่บนโมเลกุลของยางและเกิดการ crosslink กับ amino acids และ proteins ที่อยู่ในส่วนของ non-rubber
- 2) Storage hardening เกิดระหว่าง epoxide groups ในยางธรรมชาติ
- 3) Functional groups ที่เป็น ester groups



รูปที่ 2.6 สมมติฐานการเกิด storage hardening (Tanaka, 2007)

2.6 การตรวจสอบเอกสาร

2.6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเสถียรภาพของน้ำยางธรรมชาติ

Alexander (1929) ทำการศึกษาเชื้อแบคทีเรียที่เกิดขึ้นใน *Hevea latex* และศึกษาลักษณะและปฏิกิริยาทางชีวภาพของเชื้อนั้นโดยได้เรียกชื่อว่า *Bacillus Pandora* ซึ่ง *B. Pandora* นี้สามารถทำให้น้ำยางเกิดการเสถียรภาพ ซึ่งทำให้เกิดกรดขึ้นส่งผลให้น้ำยางคายออกและแยกตัวออกมา ในเวลาต่อมาโปรตีนจะจับตัวกับแอมโมเนียและสังเกตเห็นว่าซีรัมมีความเป็นกรดที่ชั้นผิวหน้า ในขณะที่น้ำยางเกิดการจับตัวตามธรรมชาติ เพราะฉะนั้นจึงเป็นเหตุผลที่นำแอมโมเนียและ sodium sulfite มาใช้เป็นสารรักษาสภาพน้ำยาง

2.6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารักษาสภาพน้ำยางธรรมชาติ

John *et al.* (1978) ศึกษาการรักษาสภาพน้ำยางสดโดยการใช้สารรักษาสภาพ คือ แอมโมเนียหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.05% ร่วมกับ TMTD/ZnO (1:1) 0.05% โดยนำหน้า น้ำยาง พบว่าสามารถรักษาสภาพน้ำยางได้นานที่สุด 16 วัน นอกจากนี้ยังพบว่าการเก็บรักษา น้ำยางสดโดยใช้แอมโมเนีย 0.05% โดยนำหน้า น้ำยาง ร่วมกับ TMTD 0.05% โดยนำหน้า

ยาง และสาร hydroxylamine neutral sulphate 0.05% โดยน้ำหนักน้ำยาง จะสามารถเก็บรักษา สภาพน้ำยางได้นานที่สุด 11 วัน

พรรษา (2523) ศึกษาการเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดโดยใช้แอมโมเนียและ โซเดียมเพนตะคลอโรไฟเนต (sodium pentachlorophenate, SPP) พบว่าการใช้แอมโมเนีย รักษาสภาพน้ำยางสดเพียงอย่างเดียวปริมาณ 0.275% โดยน้ำหนักน้ำยาง สามารถเก็บรักษา สภาพน้ำยางไว้ได้นานกว่า 80 วัน โดยค่ากรดไขมันที่ระเหยได้เพิ่มขึ้นตามเวลา ส่วนการใช้ แอมโมเนียเพียงอย่างเดียวปริมาณ 0.57% โดยน้ำหนักน้ำยาง สามารถเก็บรักษา น้ำยางไว้ได้ นานกว่า 80 วันเช่นกัน แต่ค่ากรดไขมันที่ระเหยได้ต่ำกว่า 0.06 การใช้ SPP ร่วมกับแอมโมเนีย สามารถลดปริมาณแอมโมเนียลงได้ โดยที่ SPP มีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อใช้ตั้งแต่ 0.15-0.20% โดยน้ำหนักน้ำยาง แต่ไม่สามารถใช้เพียงลำพังได้

เสาวนีย์ (2523) ศึกษาการเก็บรักษา น้ำยางสดโดยใช้แอมโมเนียหรือกรดบอ- ริกเดี่ยว ๆ กับการใช้แอมโมเนียร่วมกับกรดบอริก พบว่าการใช้แอมโมเนียเพียงอย่างเดียว สามารถเก็บรักษา น้ำยางได้ทั้งในระยะสั้นและระยะยาวขึ้นอยู่กับปริมาณแอมโมเนียและ ระยะเวลาที่ต้องการเก็บรักษา น้ำยางไว้ ส่วนการเก็บรักษาโดยใช้กรดบอริกเพียงอย่างเดียว สามารถเก็บรักษา น้ำยางได้ระยะสั้นเท่านั้นโดยปริมาณของกรดบอริกไม่มีผลต่อความสามารถ ในการเก็บรักษา สภาพน้ำยาง สำหรับการเก็บรักษา น้ำยางโดยใช้สารเคมีทั้งสองร่วมกัน พบว่า สามารถเก็บรักษา น้ำยางได้ดียิ่งขึ้น ปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมและแนะนำให้ใช้ในการเก็บรักษา น้ำยางสดด้วยสารเคมี 2 ชนิดนี้ คือ ใช้แอมโมเนีย 0.3% ร่วมกับกรดบอริก 0.15-0.3% โดย น้ำหนักน้ำยาง

กฤษณา (2530) ศึกษาปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ในน้ำยางสด เพื่อควบคุม เสถียรภาพของน้ำยางสดของสวนขนาดเล็ก โดยใช้แอมโมเนียเป็นสารรักษา สภาพน้ำยางที่ ระดับความเข้มข้น 0.2, 0.4, 0.6, 0.7, และ 0.8% โดยน้ำหนักน้ำยาง ตามลำดับ และเก็บรักษา น้ำยางในเวลาต่างๆ กัน คือ 0, 1, 3, 5, 6, 10, และ 15 วัน โดยทำการทดลอง 2 ฤดู คือ ฤดูฝน และฤดูต้นยางพาราผลัดใบ พบว่าการทดลองช่วงฤดูฝน และฤดูต้นยางพาราผลัดใบไม่มีความ แปรปรวน ในฤดูต้นยางผลัดใบ เมื่อใช้แอมโมเนีย 0.4% โดยน้ำหนักน้ำยาง เก็บรักษา สภาพน้ำ ยางได้นานถึง 10 วัน และจากการทดลองในฤดูฝนเมื่อใช้แอมโมเนีย 0.2% โดยน้ำหนักน้ำยาง สามารถเก็บรักษา สภาพน้ำยางได้นานถึง 15 วัน โดยค่ากรดไขมันที่ระเหยได้เพิ่มขึ้นตามเวลา การใช้แอมโมเนีย 0.4% โดยน้ำหนักน้ำยาง สามารถเก็บรักษา สภาพน้ำยางได้ โดยมีค่ากรด ไขมันที่ระเหยได้ต่ำกว่า 0.04 นานถึง 15 วัน และมีประสิทธิภาพเท่ากับแอมโมเนีย 0.6, 0.7, และ 0.8% โดยน้ำหนักน้ำยาง

Ong (1998) ศึกษาการเก็บรักษา สภาพน้ำยางสดโดยการใส่สารอะมีนอินทรีย์ (organic amine) หรือสารผสมของอะมีนอินทรีย์และการใส่สารต่อต้านเชื้อแบคทีเรียเป็นตัวช่วย ในการเก็บรักษา น้ำยาง พบว่าการใส่สารอะมีนอินทรีย์แทนแอมโมเนียเป็นการช่วยลดไอระเหย

ของแอมโมเนีย นอกจากนี้สามารถลดปริมาณการใช้ TMTD/ZnO ในการรักษาสภาพน้ำยางเพื่อเพิ่มความเสถียรและลดปริมาณสารก่อมะเร็งในน้ำยาง

ฉัตรสุตา (2549) ศึกษาการเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยสารต่อต้านจุลชีพ (Proxel GXL และ Proxel BD20) เพียงอย่างเดียวพบว่าไม่สามารถรักษาสภาพน้ำยางได้ จำเป็นต้องใช้ร่วมกับแอมโมเนีย โดยสารต่อต้านจุลชีพทั้งสองชนิดจะมีประสิทธิภาพในการรักษาสภาพน้ำยางได้ใกล้เคียงกันกับการใช้ระบบการเก็บรักษาสภาพโดยทั่วไป (แอมโมเนียร่วมกับ TMTD/ZnO) ทั้งน้ำยางสดและน้ำยางข้น โดยปริมาณ Proxel GXL และ Proxel สารต่อต้านจุลชีพที่เหมาะสมคือ 0.05% โดยน้ำหนักน้ำยางเมื่อใช้ร่วมแอมโมเนีย 0.30% โดยน้ำหนักน้ำยางแผ่นฟิล์มยางที่เตรียมจากน้ำยางข้นเก็บรักษาสภาพด้วย Proxel GXL (0.05%) ร่วมกับแอมโมเนีย 0.30% โดยน้ำหนักน้ำยาง มีสมบัติเชิงกล (ความต้านทานต่อแรงดึง ระยะยืดจนขาด และความแข็งแรงที่ระยะยืด 500%) ใกล้เคียงกันทั้งก่อนและหลังผ่านการบ่มเร่ง เมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มยางที่เตรียมจากน้ำยางข้นที่เก็บรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียร่วมกับ TMTD/ZnO

Chaikumpollert *et al.* (2007) เสนอการใช้ Zinc sulfate แทน TMTD/ZnO เป็น secondary preservatives ในระบบที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย ในงานวิจัยพบว่า การใช้ silver compound และ food preservatives รักษาสภาพน้ำยางประสบความสำเร็จ แต่การใช้ strong base, organic base และ ethanolamine สามารถรักษาสภาพน้ำยางแทนแอมโมเนียได้ โดยพบว่า basic compound ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะใช้ปริมาณที่น้อยกว่า basic compound ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง และพบว่าการใช้ Zinc sulfate เป็น secondary preservatives ในระบบที่ไม่มีแอมโมเนีย จะเสริมการทำงานของ antimicrobial activity อย่างไรก็ตาม silver compound และ food preservatives ก็ไม่สามารถรักษาสภาพน้ำยางให้มีความเสถียรอยู่ได้

2.6.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเพื่อปรับปรุงสมบัติยางดิบ

John (1971) ได้ศึกษาการจับตัวน้ำยางธรรมชาติด้วย surfactant และเกลือเพื่อพัฒนากระบวนการผลิตและผลต่อสมบัติของยางดิบ พบว่า น้ำยางธรรมชาติเกิดการจับตัวภายในเวลา 3 นาทีเมื่อเติม di-octyl sodium sulposuccinate ซึ่งเป็นสารพวก anionic surfactant และ calcium chloride โดยทำให้น้ำยางมี pH เป็นกลางส่งผลให้เกิดการจับตัวเป็นก้อน ซึ่งจะจับตัวเมื่อ pH มีค่าต่ำกว่า 6.5 และจับตัวน้อยลงเมื่อน้ำยางมี pH มากกว่า 8 แต่การจับตัวน้ำยางที่มีแอมโมเนีย ยางจะจับตัวไม่หมด สำหรับน้ำยางที่มีการเติม sodium sulphite, sodium metabisulphite และ EDTA เพื่อป้องกันการจับตัว เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อนำมาจับตัว พบว่าเกิดการจับตัวเป็นเนื้อเดียวกัน สมบัติของยางดิบที่ได้จากการจับตัวอย่างต่อเนื่องมีลักษณะคล้ายกับการจับตัวด้วยกรด มีเฉพาะค่าปริมาณไนโตรเจนลดลง 25% โดยน้ำหนัก และปริมาณแฉะเพิ่มขึ้น 30% โดยน้ำหนัก

Lau (1980) รายงานถึง สิ่งที่มีอิทธิพลต่อค่าความอ่อนตัว (P_0) ของยางดิบที่นำมาใช้ในการผลิตยางแท่งรวมถึงดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางด้วย โดยสรุปว่า สิ่งที่มีอิทธิพลต่อค่า P_0 ของยาง เช่น พันธุ์ยาง ปริมาณแอมโมเนีย วิธีการจับตัวน้ำยาง ความเข้มข้นของน้ำยาง อุณหภูมิที่ใช้ในการทำใหยางแห้ง โลหะออกอน เป็นต้น สิ่งที่มีอิทธิพลต่อค่า PRI ของยาง เช่น ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการเก็บรักษาสภาพน้ำยาง วิธีการจับตัวก้อนยาง อุณหภูมิในการอบยางให้แห้ง การมีโลหะหนัก แสงแดด เป็นต้น

กฤษณา (2541) ทำการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อสมบัติของยางโดยเฉพาะดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ตลอดจนสมบัติอื่นๆ เช่น ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ความหนืดมูนนี่ (Mooney viscosity) สี ตลอดจนสมบัติความต้านทานต่อแรงดึง ความแข็ง และค่าโมดูลัส เป็นต้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ล้วนแต่มีความสำคัญต่อการนำไปผลิตผลิตภัณฑ์ โดยนำน้ำยางสดของยางพันธุ์ PR255, GT1, RRIM600 และยางคละพันธุ์ ทำให้แห้งในรูปของแผ่นฟิล์ม (ไม่ใช้กรด) และทำให้แห้งโดยการใช้กรดจับตัว ได้แก่ กรดฟอร์มิค กรดอะซีติก กรดซัลฟิวริก กรดฟอสฟอริก และสารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์ จากการทดลอง ยางในรูปของแผ่นฟิล์มแห้ง พบว่ายางทุกพันธุ์มีค่า P_0 , PRI และความหนืดใกล้เคียงกัน ยกเว้นสีของยาง RRIM600 จะจางกว่ายางทุกพันธุ์ สำหรับยางที่จับตัวด้วยกรดชนิดต่างๆ พบว่ากรดทุกชนิดสามารถทำให้ยางจับตัวยางได้ดี และมีผลทำให้ค่า P_0 , PRI, ความหนืดมูนนี่และสีของยางใกล้เคียงกัน ส่วนสมบัติความต้านทานต่อแรงดึงมีค่าที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน และเมื่อเปรียบเทียบกับยางแผ่นฟิล์มแห้งของยางทุกพันธุ์จะมีค่าสูงกว่ายางแผ่นฟิล์มแห้ง

จักรี (2541) ศึกษาการใช้กรดฟอร์มิคเพื่อให้จับตัวยางโดยเร็ว พบว่าที่ความเข้มข้นของน้ำยาง 3%DRC ใช้อัตรากรด 1.2%DRC ทำใหยางจับตัวภายใน 12 นาที โดยสมบัติของยางไม่ตกต่ำมากนัก แต่ในทางปฏิบัติจริง จะต้องลดระยะเวลาในการจับตัวลงอีกเพื่อให้ระยะทางที่น้ำยางเคลื่อนที่ไปพร้อมกับการจับตัวสั้นลง ซึ่งคาดว่าจะใช้เวลาภายใน 5 นาที ระยะทางสายพานไม่ควรเกิน 15 เมตร

กฤษณา (2542) ศึกษาการใช้เอนไซม์ในการลดโปรตีนในน้ำยางเพื่อการผลิตยางแท่ง เป็นการทดลองเพื่อลดระดับปริมาณไนโตรเจนในน้ำยางสด โดยนำเอนไซม์ 2 ชนิด คือ ปาเปน และโบรมิเลน เติมลงในน้ำยางสดที่มีปริมาณเนื้อยาง (%DRC) ที่ 15% และ 30% เอนไซม์แต่ละชนิดมีความเข้มข้นเริ่มต้นที่ระดับ 0, 0.05, 0.10 และ 0.15% ตามลำดับ จากการทดลองพบว่า การใช้น้ำยางสดระดับ 15%DRC มาลดปริมาณไนโตรเจนโดยเอนไซม์ปาเปน และโบรมิเลน จะให้ค่าไนโตรเจนไม่แตกต่างกัน แต่ที่ระดับ 30%DRC โบรมิเลนที่ 0.1% มีผลทำให้ไนโตรเจนต่ำที่สุด และขณะเดียวกันให้ค่า PRI สูงสุดทั้งระดับ 15%DRC และ 30%DRC คือให้ค่า PRI เท่ากับ 107 และ 103 ตามลำดับ

พรรษา (2543) ได้ทำการทดลองผลิตวัตถุดิบจากน้ำยางสำหรับการผลิตยาง-
แท่ง ประกอบด้วย การผลิตยางแผ่นดิบ ยางเครพจากน้ำยางก้อน (coagulum) และยางถ้วย
พบว่าสมบัติยางดิบตามข้อกำหนดยางแท่ง STR ของยางที่ได้จากวัตถุดิบทั้ง 4 ชนิด สามารถ
ผลิตเป็นยางแท่งในห้องปฏิบัติการแล้วอยู่ในขีดจำกัดของยางแท่งได้ทั้งชั้น STR 5, STR 10
และ STR 20 สมบัติสำคัญของยางแท่ง ได้แก่ ค่า P_0 และความหนืดมูนนี่ (Mooney viscosity)
มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเจือจางน้ำยาง โดยยางแผ่นมีการเจือจางมากทำให้ค่าดังกล่าว
ต่ำลงเทียบกับการไม่เจือจางน้ำยางในการผลิตยาง ซึ่งจะมีค่า P_0 และความหนืดมูนนี่มีค่าสูง
กว่า วัตถุดิบที่เหมาะสมกับการผลิตยางแท่งควรเป็นการผลิตจากน้ำยางสดที่มีการเก็บรวบรวม
น้ำยาง แล้วผลิตโดยเจือจางน้ำยางน้อยที่สุดเพื่อให้สมบัติอยู่ที่ค่าเริ่มต้น

เอกสิทธิ์ (2546) ได้ศึกษาอิทธิพลของการแช่ยางดิบในสารละลายต่างต่อสมบัติ
ยางแท่ง ทำการเตรียมยางแท่งโดยใช้ยางดิบ 3 ชนิด คือ น้ำยางสด ยางแผ่นแห้งและเศษยาง
ก้อน ทั้งยังศึกษาผลของขนาดยางดิบที่ใช้ ผลของเวลาที่ใช้ในการแช่ยางดิบ ผลของชนิดและ
ความเข้มข้นของสารละลายต่างที่ใช้ในการแช่ยาง และผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบยาง พบว่า
ยางแท่งที่เตรียมจากน้ำยางสดให้สมบัติที่ดีกว่ายางแท่งที่เตรียมจากยางแผ่นแห้งและเศษยาง
ก้อน เมื่อเวลาในการแช่ยางดิบในน้ำเพิ่มขึ้น ปริมาณสิ่งสกปรก ปริมาณเถ้า ปริมาณสิ่งระเหย
และปริมาณไนโตรเจนของยางแท่งมีแนวโน้มลดลง แต่ค่าความหนืดมูนนี่, ค่า P_0 และ PRI มีการ
เปลี่ยนแปลงค่อนข้างเล็กน้อย สำหรับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบยางที่เหมาะสม คือ 100°C เป็น
เวลา 4 ชั่วโมง หรือ 70°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ส่วนยางแท่งที่เตรียมโดยการแช่ยางดิบใน
สารละลายต่างแทนการแช่น้ำ พบว่า เมื่อเวลาในการแช่ยางดิบเพิ่มขึ้น ปริมาณสิ่งสกปรก
ปริมาณเถ้า ปริมาณสิ่งระเหย และปริมาณไนโตรเจนลดลงอย่างมาก ส่วนค่าความหนืดมูนนี่,
ค่า P_0 และ PRI มีแนวโน้มลดลงเช่นกัน ปริมาณความเข้มข้นของสารละลายต่างที่เหมาะสมควร
อยู่ในช่วง 2-3% โดยปริมาตร และพบว่าเมื่อใช้สารละลายโพแตสเซียมไฮดรอกไซด์แช่ยางทำให้
ยางแท่งมีปริมาณไนโตรเจนต่ำกว่าการใช้การสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์แช่ยางดิบ

Chaikumpollert *et al.* (2007) ทำการศึกษาสารจับตัวน้ำยางธรรมชาติชนิด
ต่างๆ เปรียบเทียบกับการใช้กรด จากการทดลอง พบว่ายางแท่งที่ได้จากการจับตัวด้วยกรด
ซัลฟิวริกเข้มข้นและแคลเซียมคลอไรด์จะให้ค่าความหนืดมูนนี่ (Mooney viscosity) สูงมาก
ในขณะที่ค่า PRI ของยางมีค่าต่ำมาก สำหรับยางแท่งที่ได้จากการจับตัวด้วยสารประกอบ
ควอเตอร์นารีแอมโมเนียม ลิเทียมไฮดรอกไซด์และกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 2% โดยปริมาตร ให้
คุณสมบัติต่างๆ ใกล้เคียงกับยางแท่งที่ได้จากกรดฟอร์มิก นอกจากนี้เมื่อศึกษาคุณสมบัติการคง
รูปของยาง พบว่า ยางคอมปานด์ที่ได้จากการจับตัวด้วยลิเทียมไฮดรอกไซด์และสารประกอบ
ควอเตอร์นารีแอมโมเนียมมีระยะเวลาสกอรัซสั้น ในขณะที่กรดซัลฟิวริกเข้มข้นสามารถทำให้
ระยะเวลาสกอรัซช้าลงในยางคอมปานด์

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

3.1 สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย

1. น้ำยางสด (Fresh or Field Latex, FL) มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวคล้ายน้ำนมมีปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content, DRC) ประมาณ 30-35% โดยน้ำหนัก ได้จากสวนยาง

2. กรดฟอร์มิก (Formic acid, HCOOH) มีลักษณะเป็นของเหลวใส มีความบริสุทธิ์ 90% น้ำหนักโมเลกุล 46.03 กรัม/โมล เตรียมให้อยู่ในรูปของสารละลายความเข้มข้น 5% เพื่อใช้ในการจับตัวน้ำยาง ผลิตโดยบริษัท Ajax Finechem Ltd.

3. กรดอะซิติก (Acetic acid, CH₃COOH) น้ำหนักโมเลกุล 60.05 กรัม/โมล เตรียมให้อยู่ในรูปของสารละลายความเข้มข้น 2% เพื่อใช้ในการจับตัวน้ำยางในการทดสอบหาปริมาณเนื้อยางแห้ง ผลิตโดยบริษัท J.T.Baker Ltd. ประเทศสหรัฐอเมริกา

4. แอมโมเนียมซัลเฟต (Ammonium sulphate, (NH₄)₂SO₄) มีลักษณะเป็นของแข็งสีขาว น้ำหนักโมเลกุล 132.4 กรัม/โมล เตรียมให้อยู่ในรูปของสารละลายความเข้มข้น 35% เพื่อใช้ในการจับตัวน้ำยางในการทดสอบหาค่ากรดไขมันที่ระเหยได้ (Volatile Fatty Acid, VFA) ผลิตโดยบริษัท VWR International Ltd.

5. แบริียมไฮดรอกไซด์ (Barium hydroxide-8-hydrate, (Ba(OH)₂ 8H₂O)) มีลักษณะเป็นของแข็งสีขาว น้ำหนักโมเลกุล 315.47 กรัม/โมล เตรียมให้อยู่ในรูปของสารละลายความเข้มข้น 0.01 นอร์มอล เพื่อใช้เป็นสารละลายมาตรฐานในการทดสอบหาค่ากรดไขมันที่ระเหยได้ (Volatile Fatty Acid, VFA) ผลิตโดยบริษัท Ajax Finechem Ltd.

6. กรดซัลฟิวริก (Sulphuric acid, H₂SO₄) มีลักษณะเป็นของเหลวใส น้ำหนักโมเลกุล 98.08 กรัม/โมล ความถ่วงจำเพาะ 1.84 เตรียมให้อยู่ในรูปของสารละลาย 2 ส่วน ต่อน้ำกลั่น 5 ส่วนโดยปริมาตร เพื่อใช้ในการทำปฏิกิริยากับเกลือแอมโมเนียมของกรดไขมันที่ระเหยได้ ผลิตโดยบริษัท Labscan Asia Co.,Ltd. ประเทศฝรั่งเศส

7. ฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolphthalein, C₂₀H₁₄O₄) มีลักษณะเป็นผงสีขาว น้ำหนักโมเลกุล 318.33 กรัม/โมล มีค่า pH ช่วง 8.2-9.8 เตรียมให้อยู่ในรูปของสารละลายความเข้มข้น 0.5% เพื่อใช้เป็นอินดิเคเตอร์ในการทดสอบหาค่ากรดไขมันที่ระเหยได้ (Volatile Fatty Acid, VFA) ผลิตโดยบริษัท J.T.Baker Ltd. ประเทศสหรัฐอเมริกา

8. โพแทสเซียมไฮโดรเจนฟทาเลต (Potassium Hydrogen Phthalate, $\text{COOHC}_6\text{H}_4\text{COOK}$) มีลักษณะเป็นผงสีขาว น้ำหนักโมเลกุล 204.23 กรัม/โมล เพื่อใช้เป็นสารละลายมาตรฐานในการทดสอบหาความเข้มข้นที่แน่นอนของแบเรียมไฮดรอกไซด์ ผลิตโดยบริษัท Fluka Chemika ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

9. โทลูอีน (Toluene, $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$) มีลักษณะเป็นของเหลวใส น้ำหนักโมเลกุล 92.14 กรัม/โมล เพื่อใช้ในการทดสอบหาปริมาณเจลของยางแห้ง

10. เอทานอล (Ethanol, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) ใช้ตกตะกอนสารละลายยางในการหาปริมาณเจล มีลักษณะเป็นของเหลวใส น้ำหนักโมเลกุล 46.07 กรัม/โมล ความเข้มข้น 95% ผลิตโดยบริษัท VWR International Ltd.

11. แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (Ammonium Hydroxide, NH_4OH) มีลักษณะเป็นของเหลวใส ความถ่วงจำเพาะ 0.91 อยู่ในรูปของสารละลายความเข้มข้น 28-30% โดยน้ำหนัก เพื่อใช้ในการเก็บรักษาสภาพน้ำยาง ผลิตโดยบริษัท J.T.Baker Ltd. ประเทศสหรัฐอเมริกา

12. สารรักษาสภาพชนิดใหม่ (TAPP1) มีลักษณะเป็นของเหลวใส อยู่ในรูปของสารละลายความเข้มข้น 25% โดยน้ำหนัก เพื่อใช้ในการเก็บรักษาสภาพน้ำยาง สิทธิบัตรของศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC)

13. โซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต (Sodium dodecyl sulphate, SDS) เป็นสาร anionic surfactant มีลักษณะเป็นของแข็งสีขาว เตรียมให้อยู่ในรูปของสารละลายความเข้มข้น 10% โดยน้ำหนัก เพื่อใช้ในการเก็บรักษาสภาพน้ำยางร่วมกับแอมโมเนีย ผลิตโดยบริษัท J.T.Baker Ltd. ประเทศสหรัฐอเมริกา

14. สารต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย (ELECTROCIDE-B20) มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาล เป็นสารละลายของ 1,2-benzisothiazolin-3-one ใน dipropylene glycol และน้ำ มีความเข้มข้น 20% โดยน้ำหนัก เพื่อใช้ในการเก็บรักษาสภาพน้ำยาง จำหน่ายโดยบริษัท อิเลคโตรนิคส์เคมิคอล จำกัด

15. น้ำมันสน (Mineral turpentine) ชนิด High Aromatic White Spirit มีลักษณะเป็นของเหลวใส ใช้เป็นสารเคมีสำหรับทดสอบสิ่งสกปรก ผลิตโดยบริษัท เมนทอลไทย จำกัด

16. สารเคมีเร่งการละลายยาง (Rubber Peptising Agent) ชนิด Pepton22 มีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาล ใช้เป็นสารเคมีสำหรับทดสอบสิ่งสกปรก ผลิตโดยบริษัท Swan Chemical ประเทศสหรัฐอเมริกา

17. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH) มีลักษณะเป็นเกล็ดสีขาวขุ่น มีความบริสุทธิ์ 99.2% น้ำหนักโมเลกุล 39.997 กรัม/โมล เตรียมให้อยู่ในรูปของสารละลายความเข้มข้น 40% โดยน้ำหนัก เพื่อใช้สำหรับทดสอบปริมาณไนโตรเจน ผลิตโดยบริษัท J.T.Baker Ltd. ประเทศสหรัฐอเมริกา

18. กรดบอริก (Boric acid, H_3BO_3) มีลักษณะเป็นของเหลวใส น้ำหนักโมเลกุล 61.83 กรัม/โมล เตรียมให้อยู่ในรูปของสารละลายความเข้มข้น 4% เพื่อใช้สำหรับทดสอบปริมาณไนโตรเจน ผลิตโดยบริษัท E. Merck Darmstadt ประเทศเยอรมนี

19. โพแทสเซียมซัลเฟต (Potassium sulphate anhydrous, K_2SO_4) มีลักษณะเป็นผงสีเทา ใช้เป็นส่วนผสมในสารตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อใช้สำหรับทดสอบปริมาณไนโตรเจน ผลิตโดยบริษัท E. Merck Darmstadt ประเทศเยอรมนี

20. คอปเปอร์ซัลเฟต (Copper sulphate pentahydrous, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$) มีลักษณะเป็นผงสีฟ้า ใช้เป็นส่วนผสมในสารตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อใช้สำหรับทดสอบปริมาณไนโตรเจน ผลิตโดยบริษัท Ferak ประเทศเยอรมนี

21. ซีลีเนียม (Selenium, Se) มีลักษณะเป็นผงสีเทา ใช้เป็นส่วนผสมในสารตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อใช้สำหรับทดสอบปริมาณไนโตรเจน ผลิตโดยบริษัท Fluka Chemie ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

22. เมทิลเรด (Methyl red) มีลักษณะเป็นของเหลวสีแดง ใช้เป็นส่วนผสมในอินดิเคเตอร์ผสม เพื่อใช้สำหรับทดสอบปริมาณไนโตรเจน ผลิตโดยบริษัท Fluka Chemie ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

23. เมทิลีนบลู (Methylene blue) มีลักษณะเป็นของเหลวสีฟ้า ใช้เป็นส่วนผสมในอินดิเคเตอร์ผสม เพื่อใช้สำหรับทดสอบปริมาณไนโตรเจน ผลิตโดยบริษัท Fluka Chemie ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

24. โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate, Na_2CO_3) มีลักษณะเป็นผงสีขาว ใช้เป็นสารละลายมาตรฐาน ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล ใช้สำหรับทดสอบปริมาณไนโตรเจน ผลิตโดยบริษัท J.T.Baker Ltd. ประเทศสหรัฐอเมริกา

25. กรดซัลฟิวริก (Sulphuric acid, H_2SO_4) มีลักษณะเป็นของเหลวใส น้ำหนักโมเลกุล 98.08 กรัม/โมล ความถ่วงจำเพาะ 1.84 เตรียมให้อยู่ในรูปของสารละลายความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล เพื่อใช้เป็นสารละลายมาตรฐานสำหรับทดสอบปริมาณไนโตรเจน ผลิตโดยบริษัท Labscan Asia Co.,Ltd. ประเทศฝรั่งเศส

26. กรดสเตียริก (Stearic acid) มีลักษณะเป็นกรดสีขาวอมเหลือง ทำหน้าที่เป็นสารกระตุ้น (activator) ช่วยให้สารตัวเร่งทำงานได้ดีขึ้น จำหน่ายโดยห้างหุ้นส่วน กิจไพบูลย์เคมี จำกัด

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

28. เมอร์แคปโตเบนโซไทโอะโซล (2-mercaptobenzothiazole, MBT) ทำหน้าที่เป็นสารตัวเร่ง จำหน่ายโดยห้างหุ้นส่วน กิจไพบูลย์เคมี จำกัด

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

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือวิจัย

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย

1. ชุดการกลั่น Markham-Type Still ใช้สำหรับการกลั่นหาปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ในน้ำยาง
2. ชุดเครื่องมือกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ประกอบด้วยเครื่องสูบอากาศ ภาชนะดักก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งบรรจุสารละลายอิมัลชันไฮดรอกไซด์ ใช้สำหรับกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
3. ตู้อบอากาศร้อน (hot air oven) มีพัดลมเป่ากระจายความร้อนเพื่อควบคุมให้สม่ำเสมอ
4. เครื่องชั่งสาร เป็นเครื่องชั่งระบบดิจิทัล มี 2 แบบ คือทศนิยม 2 ตำแหน่งและ 4 ตำแหน่ง ผลิตโดยบริษัท Mettler Toledo จำกัด
5. เครื่องวัดความหนา ความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร ใช้วัดความหนาของชั้นทดสอบยางวัลคาไนซ์ก่อนทำการทดสอบสมบัติเชิงกล
6. เครื่องบดผสมสองลูกกลิ้ง (two-roll mill) รุ่น 19N-TM เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการบดผสมยางเข้ากับสารเคมี มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกกลิ้ง 3 นิ้ว ยาว 8 นิ้ว ผลิตโดยบริษัท อินโทรเอนเตอร์ไพรส์ จำกัด
7. เครื่องบดผสมสองลูกกลิ้ง (two-roll mill) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกกลิ้ง 6 นิ้ว ยาว 23 นิ้ว จำหน่ายโดยโรงงานชัยเจริญการช่าง
8. เครื่องตัดชิ้นตัวอย่างรูปดัมเบล ตามมาตรฐาน ASTM D412 แบบ C (Die C) ใช้สำหรับตัดชิ้นตัวอย่างยางวัลคาไนซ์เพื่อทดสอบความทนต่อแรงดึง
9. เครื่องทดสอบหาความทนต่อแรงดึง ยี่ห้อ LLOYD instrument รุ่น LR10K ใช้สำหรับ ทดสอบความทนต่อแรงดึง ผลิตโดยบริษัท อินโทรเอนเตอร์ไพรส์ จำกัด
10. เครื่องอัดเข้าโดยใช้ความดัน (compression molding) รุ่น LCC140 ความดันสูงสุด 200 kg/cm^2 ใช้สำหรับขึ้นรูปยางคอมพอนด์ในแม่พิมพ์ภายใต้ความร้อนและความดันด้วยวิธีการอัดเข้าเข้าโดยใช้ระบบไฮดรอลิก ผลิตโดยบริษัท ถังมาสเตอร์ จำกัด
11. เครื่องวัดความหนืดของยาง (Mooney viscometer, MV2000) รุ่น ALPHA TM24 SIE2338 ใช้สำหรับวัดความหนืดของยางดิบ ซึ่งวัดความหนืดจากแรงบิดที่เกิดขึ้นบนจานโลหะ

ที่หมุ่นอยู่ในเนื้อยางด้วยความเร็ว 2 รอบต่อนาที หน่วยความหนืดที่วัดได้คือ Mooney Unit (MU) ผลิตโดยบริษัท Alpha Technologies Services Inc. ประเทศสหรัฐอเมริกา

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

13. เครื่องทดสอบเวลาการวัลคาไนซ์ของยาง (Moving Die Rheometer, MDR 2000) รุ่น 36 AIG 2953 ใช้สำหรับวิเคราะห์หาเวลาในการวัลคาไนซ์ (vulcanization time) ผลิตโดยบริษัท Alpha Technologies Services Inc. ประเทศสหรัฐอเมริกา

14. pH meter รุ่น Lab850 ใช้สำหรับวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำยาง จำหน่ายโดยบริษัท เมริทเทค จำกัด

3.3 วิธีดำเนินการทดลอง

3.3.1 ศึกษาผลของชนิดสารรักษาสภาพน้ำยางสดต่อการเก็บรักษาสภาพน้ำยางสด

3.3.1.1 การเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยสาร TAPP1

เก็บรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยสาร TAPP1 ปริมาณต่างๆ คือ 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45 และ 0.50% โดยน้ำหนักน้ำยางสด ทำการเก็บรักษาสภาพน้ำยางในช่วงเวลา 0-14 วัน แล้วทดสอบสมบัติต่อไปนี้ คือ pH และปริมาณ VFA

3.3.1.2 การเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยสาร TAPP1 เปรียบเทียบกับสารละลายแอมโมเนียในปริมาณที่มากขึ้น

เก็บรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยสาร TAPP1 ปริมาณ 0.4 และ 0.7% โดยน้ำหนักน้ำยาง เปรียบเทียบสมบัติกับระบบการเก็บรักษาด้วยสารละลายแอมโมเนีย 0.4 และ 0.7% โดยน้ำหนักน้ำยาง เพื่อศึกษาปริมาณสารรักษาสภาพที่เติมในปริมาณที่มากขึ้น ต่อการเก็บรักษาสภาพน้ำยางสด รายละเอียดสารเคมีที่ใช้แสดงดังตารางที่ 3.1 ทำการเก็บรักษาสภาพน้ำยางในช่วงเวลา 0-30 วัน แล้วทดสอบสมบัติต่อไปนี้ คือ pH, Alkalinity (%NH₃) และปริมาณ VFA

ตารางที่ 3.1 ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการรักษาสภาพน้ำยางสด โดยแปรปริมาณสาร TAPP1 เทียบกับการใช้แอมโมเนีย

Samples	Amount of chemicals (%w/w)	
	TAPP1	NH ₃
FL-T4	0.40	0
FL-T7	0.70	0
FL-N4	0	0.40
FL-N7	0	0.70

3.3.1.3 การเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยสารละลายแอมโมเนียร่วมกับ สารเคมีชนิดอื่น

1) การเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยแอมโมเนียร่วมกับ anionic surfactant หรือกรดบอริก

เก็บรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยแอมโมเนีย 0.2%โดยน้ำหนักน้ำยาง ร่วมกับ anionic surfactant คือ sodium dodecyl sulphate (SDS) โดยแปรปริมาณ SDS คือ 0.3 และ 0.4%โดยน้ำหนักน้ำยาง เปรียบเทียบกับระบบการเก็บรักษาด้วยแอมโมเนีย 0.2%โดย น้ำหนักน้ำยาง เพียงอย่างเดียวและระบบการเก็บรักษาด้วยแอมโมเนีย 0.2%โดยน้ำหนัก น้ำยาง ร่วมกับกรดบอริก 0.2%โดยน้ำหนักน้ำยาง รายละเอียดสารเคมีแสดงดังตารางที่ 3.2 ทำ การรักษาสภาพในช่วงระยะเวลา 0-17 วัน แล้วทำการทดสอบสมบัติต่อไปนี้ คือ pH, Alkalinity (%NH₃) และปริมาณ VFA

ตารางที่ 3.2 ปริมาณสารเคมีที่ใช้ศึกษาการรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยแอมโมเนียร่วมกับ anionic surfactant หรือกรดบอริก

Samples	Amount of chemicals (%w/w)		
	NH ₃	SDS	Boric acid
FL-NS0	0.2	0	0
FL-NS2	0.2	0	0.2
FL-NS3	0.2	0.3	0
FL-NS4	0.2	0.4	0

2) การเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยแอมโมเนียร่วมกับสารต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย (ELECTROCIDE-B20)

เก็บรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยแอมโมเนีย 0.2% โดยน้ำหนักน้ำยาง ร่วมกับ B20 โดยแปรปริมาณ คือ 0.05, 0.10 และ 0.20% โดยน้ำหนักน้ำยาง รายละเอียดสารเคมีแสดงดังตารางที่ 3.3 ทำการรักษาสภาพในช่วงระยะเวลา 0-13 วัน แล้วทำการทดสอบสมบัติต่อไปนี้ คือ pH, Alkalinity (%NH₃) และปริมาณ VFA

ตารางที่ 3.3 ปริมาณสารเคมีที่ใช้ศึกษาการรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยแอมโมเนียร่วมกับสารต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย

Samples	Amount of chemicals (%w/w)	
	NH ₃	B20
FL-NB0	0.2	0
FL-NB05	0.2	0.05
FL-NB1	0.2	0.10
FL-NB2	0.2	0.20

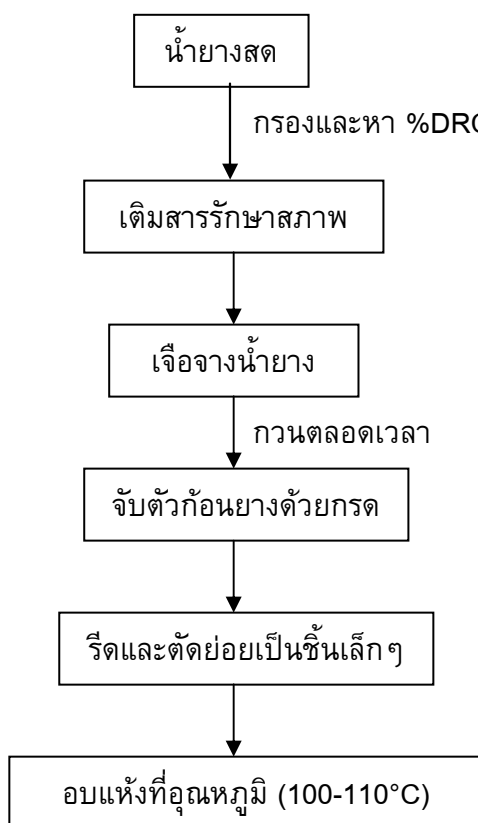
3.3.2 ศึกษาสมบัติของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 เปรียบเทียบแอมโมเนีย

3.3.2.1 ศึกษาความเข้มข้นของกรดฟอร์มิกที่ใช้จับตัวน้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 หรือแอมโมเนียต่อสมบัติยางแห้ง

ทำการเติมสารรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยสาร TAPP1 หรือแอมโมเนีย โดยใช้สาร TAPP1 ปริมาณ 0.4 และ 0.7% โดยน้ำหนัก เทียบกับการใช้แอมโมเนียปริมาณ 0.4 และ 0.7% โดยน้ำหนัก วางตัวอย่างทิ้งไว้ 1 วัน จากนั้นนำมาจับตัวด้วยกรดฟอร์มิกความเข้มข้นต่างๆ คือ 5, 7.5, 10, 12.5 และ 15% โดยปริมาตร เติมกรดจนกระทั่งน้ำยางมี pH ประมาณ 4.5 เท่ากันทุกตัวอย่าง ในขณะที่เดียวกันทำการกวนให้น้ำยางและกรดเข้ากัน เมื่อยางจับตัวเป็นยางเต้าหู้แล้ว จากนั้นนำมารีดและล้างน้ำจนน้ำมี pH เป็นกลางเพื่อชะเอากรดออกให้หมด น้ำยางที่รีดแล้วไปอบที่อุณหภูมิประมาณ 110°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง น้ำยางแห้งที่ได้มาทดสอบสมบัติต่างๆ

วิธีการเตรียมยางแห้ง

เก็บตัวอย่างน้ำยางสดจากสวนยาง ทำการเติมสารรักษาสภาพโดยใช้สาร TAPP1 เทียบกับการใช้สารละลายแอมโมเนีย เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นเจือจางน้ำยางด้วยน้ำสะอาดให้มีปริมาณเนื้อยาง (%DRC) ประมาณ 20%DRC นำน้ำยางมาจับตัวด้วยกรดฟอร์มิค ความเข้มข้น 5% โดยปริมาตร แล้วทำการกวนน้ำยางให้เข้ากับกรดอย่างน้อย 15 เทียว เติมกรดจนกระทั่งน้ำยางมีค่า pH ประมาณ 4.5 หรือจับตัวเป็นยางเต้าหู้ จากนั้นนำยางเต้าหู้ดังกล่าวมา รีดด้วยเครื่องรีด และล้างน้ำให้น้ำมีค่า pH ประมาณ 7 เพื่อชะล้างกรดให้ออกจากเนื้อยาง นำยางที่รีดแล้วไปอบที่อุณหภูมิ 100-110°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ตามวิธีการในรูปที่ 3.1 น้ำยางแห้งที่ได้ไปทดสอบสมบัติต่างๆ ตามมาตรฐานยางแห้ง

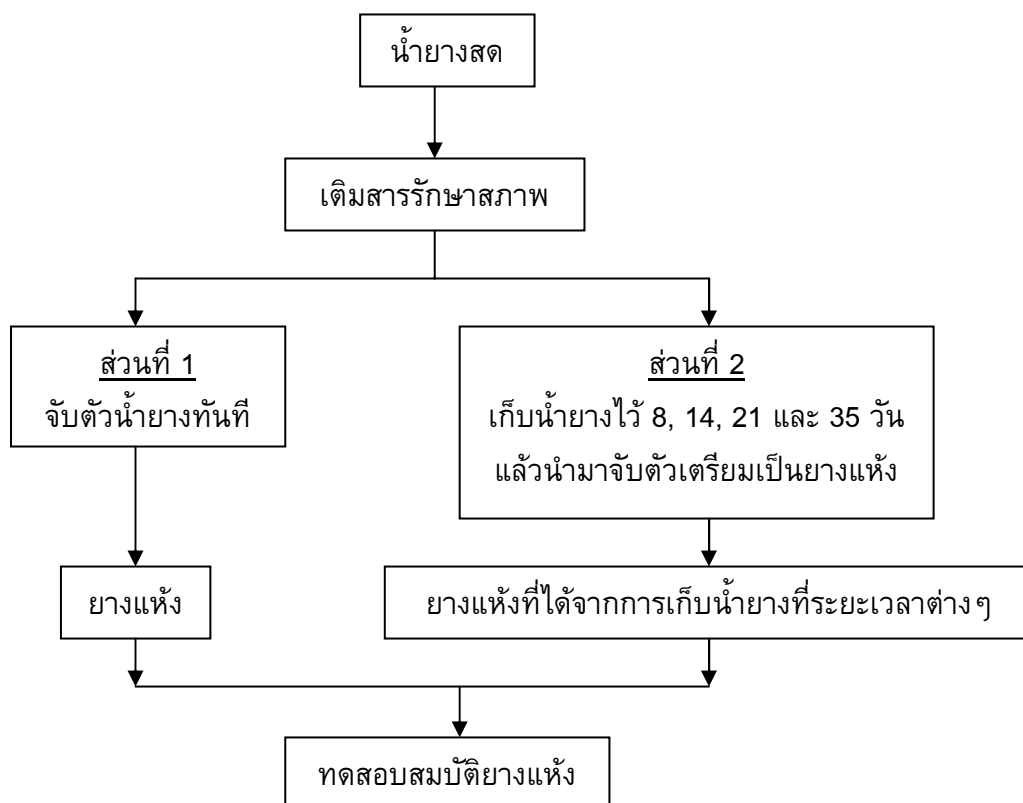


รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการเตรียมยางแห้ง

3.3.2.2 ศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บน้ำยางสดที่รักษาสภาพต่อสมบัติยาง

แห้ง

ทำการเติมสารรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยสาร TAPP1 หรือแอมโมเนีย โดยใช้สาร TAPP1 ปริมาณ 0.4 และ 0.7% โดยน้ำหนัก เทียบกับการใช้แอมโมเนียปริมาณ 0.4 และ 0.7% โดยน้ำหนัก แบ่งน้ำยางออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ทำการจับตัวน้ำยางด้วยกรดทันที ส่วนที่ 2 เก็บน้ำยางไว้ 8, 14, 21 และ 35 วัน แล้วจึงนำมาจับตัวเตรียมเป็นยางแห้งตามวิธีการเตรียมยางแห้ง ดังแสดงในรูปที่ 3.2 และนำมาทดสอบสมบัติต่างๆ



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการศึกษาระยะเวลาการเก็บน้ำยางสดที่รักษาสภาพต่อสมบัติยางแห้ง

3.3.3 ศึกษาสมบัติยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดแหล่งต่างๆ

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำยางสดจากแหล่งต่างๆ จำนวน 3 แหล่ง คือ สงขลา ตรัง และสุราษฎร์ธานีแล้วนำมาเติมสารรักษาสภาพ TAPP1 เทียบกับการใช้แอมโมเนีย โดยเปรียบเทียบปริมาณการใช้ 0.4% โดยน้ำหนัก เท่ากัน และเก็บรักษาสภาพน้ำยางไว้เป็นระยะเวลา 0, 7 และ 30 วัน จากนั้นทำการจับตัวน้ำยางตามวิธีการเตรียมยางแห้งข้างต้น นำยางแห้งที่ได้จากแหล่งต่างๆ ทดสอบหาค่าความหนืดมูนี้ ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และดัชนีความอ่อนตัว (PRI)

3.3.4 ศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บยางแห้งต่อสมบัติยาง

โดยทำการเก็บยางแห้งที่ได้จากแหล่งต่างๆ คือ สงขลา ตรัง และสุราษฎร์ธานี ไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อทำการทดสอบค่าความหนืดมูนี้ ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และดัชนีความอ่อนตัวของยาง (PRI)

3.3.5 การขยายระดับการผลิตยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสารชนิดต่าง ๆ

วิธีการเตรียมยาง

ทำการเตรียมในระดับน้ำยางสด 100 กิโลกรัม ในถังกวน ดำเนินการที่บริษัทถาวรอุตสาหกรรมยางพารา 1982 จำกัด สารรักษาสภาพน้ำยางที่ใช้ คือ แอมโมเนีย, TAPP1, แอมโมเนียร่วมกับสารต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย (B20) ทำการทดลอง 2 ส่วน คือส่วนที่ 1 ทำการจับตัวทันที และส่วนที่ 2 เก็บน้ำยางสดที่เติมสารรักษาสภาพไว้เป็นระยะเวลาประมาณ 1 เดือน ซึ่งมีวิธีการเตรียมยางแห้งโดยนำน้ำยางที่เติมสารรักษาสภาพแล้ว กวนให้เข้ากัน เติมสารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เพื่อใช้ฟอกสียาง จากนั้นจับตัวยางด้วยกรดฟอร์มิก 5% โดยปริมาตร กวนให้เข้ากันระหว่างนั้นเติมกรดจนน้ำยางมี pH ประมาณ 4.5 เปรียบเทียบกับการไม่เติมสารรักษาสภาพ ตามการผลิตยางแห้ง STR 5 แล้วตั้งทิ้งไว้ประมาณ 12 ชั่วโมง จากนั้นนำยางที่ได้ผ่านเครื่องรีดยางหลังจากนั้นป้อนยางเข้าสู่เครื่องเครพและเครื่องย่อยยางเป็นชิ้นเล็กๆ และนำมาบรรจุลงในตะกอน อบที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง หลังจากการอบแห้งแล้วนำยางที่ได้มาอัดแท่งและนำไปทดสอบหาค่าความหนืดมูนี้ ความอ่อนตัวเริ่มต้น ดัชนีความอ่อนตัว ปริมาณสิ่งสกปรก ปริมาณเถ้า ปริมาณไนโตรเจน ตามลำดับ

ตารางที่ 3.4 ยางแห้ง (dry rubber) ที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสารชนิดต่างๆ

Samples	Preservatives
DR	Non
DR-T4	TAPP1
DR-N7	NH ₃
DR-NB2	NH ₃ + B20

หมายเหตุ: DR คือ ยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดไม่เติมสารรักษาสภาพ
 DR-T4 คือ ยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1
 DR-N7 คือ ยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย
 DR-NB2 คือ ยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียร่วมกับสารต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย (B20)

3.3.6 การทดสอบสมบัติของน้ำยางสดและยางแห้ง

3.3.6.1 การทดสอบหาปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid Content; TSC)

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

การคำนวณ

ปริมาณร้อยละของ TSC ของน้ำยางคำนวณ ดังนี้

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

- เมื่อ
- A คือ น้ำหนักงานแก้ว, กรัม
 - B คือ น้ำหนักงานแก้วและน้ำยาง, กรัม
 - C คือ น้ำหนักงานแก้วและยางที่แห้งแล้ว, กรัม

3.3.6.2 การทดสอบหาปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content; DRC)

การทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D1076-02 โดยชั่งน้ำยางประมาณ 10 ± 5 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้อง แล้วเติมน้ำกลั่นลงไป 20 มิลลิลิตร จากนั้นเติมกรดอะซิติกเข้มข้น 2% ปริมาตร 80 มิลลิลิตร ลงไปอย่างช้าๆ และคนตลอดเวลา การใส่กรดลงในน้ำยางควรใช้เวลานานเกิน 5 นาที นำน้ำยางที่ใส่กรดแล้วไปวางบนอ่างน้ำร้อนโดยไม่รบกวนเป็นเวลา 15-30 นาที ควรจะได้สารละลายใส แต่ถ้าได้สารละลายขุ่น แสดงว่าใส่กรดเร็วเกินไปหรือใส่กรดไม่มากพอ (ต้องทำใหม่จนได้สารละลายใส) จากนั้นเก็บรวบรวมเศษยางเล็กๆ ไว้กับก้อนยางใหญ่ แล้วล้างยางที่จับตัวแล้วด้วยน้ำที่กำลังไหล น้ำยางที่ได้ไปรีดให้มีความหนาไม่เกิน 2 มิลลิเมตร แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ $70 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ในเตาอบที่มีอากาศถ่ายเทได้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือจนเห็นว่ายางใสไม่มีไตสีขาวอยู่ ทำให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง นำไปชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

ปริมาณร้อยละของ DRC ของน้ำยางคำนวณ ดังนี้

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

- เมื่อ
- A คือ น้ำหนักน้ำยาง, กรัม
 - B คือ น้ำหนักยางที่แห้งแล้ว, กรัม

3.3.6.3 การทดสอบหาปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ (Volatile Fatty Acid, VFA number)

การทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D1076-02 โดยชั่งน้ำยาง 50 ± 0.2 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลายแอมโมเนียมซัลเฟตเข้มข้น 35% ปริมาณ 50 มิลลิลิตร กวนให้เข้ากันด้วยแท่งแก้วคน ปิดบีกเกอร์ด้วยกระดาษฟิวส์แล้วแช่ลงในอ่างน้ำร้อนอุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 15 นาที เพื่อให้น้ำยางแข็งตัว นำซีรัมที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรอง ใช้ปิเปตดูดเอาซีรัมที่กรองได้ปริมาณ 25 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วปิเปตเอากรดซัลฟิวริก (น้ำกลั่น 2 ส่วน + กรด 5 ส่วน) 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ดังกล่าว ปิดจุก แล้วแกว่งให้สารละลายเข้ากันดี เริ่มต้นการกลั่นโดยการปิเปตซีรัมที่ได้ผสมกับกรดแล้วปริมาณ 10 มิลลิลิตร พร้อมกับหยดสารซิลิโคนป้องกันการเกิดฟองลงไป 1 หยด ใส่ลงในเครื่องกลั่น นำขวดรูปชมพู่ขนาด 150 มิลลิลิตร มาวางไว้ตรงทางออก เพื่อเก็บรวบรวมของเหลวที่กลั่นออกมา ให้กลั่นจนกระทั่งเก็บของเหลวได้ 100 มิลลิลิตร นำของเหลวที่กลั่นได้มาผ่านอากาศที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 3 นาที แล้วหยดฟีนอล์ฟทาลีนลงไป 5-6 หยด ทำการไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐาน Ba(OH)₂ เข้มข้น 0.01 นอร์มอล จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู

การคำนวณ

$$\text{Volatile fatty acid number} = \frac{67.32 \times N \times V}{W \times \text{TSC}} \times \left\{ 50 + \frac{W(100 - \text{DRC})}{100D} \right\}$$

เมื่อ	W	คือ น้ำหนักน้ำยาง, กรัม
	TSC	คือ ร้อยละของของแข็งทั้งหมดในน้ำยาง
	DRC	คือ ร้อยละของเนื้อยางในน้ำยาง
	N	คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน Ba(OH) ₂ , นอร์มอล
	V	คือ ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน Ba(OH) ₂ , มิลลิลิตร
	D	คือ ความหนาแน่นของซีรัมน้ำยาง (มีค่าเท่ากับ 1.02)

3.3.6.4 การหาค่า pH

การทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ISO 976-1986 โดยใช้แท่งอิเล็กโตรดของเครื่อง pH รุ่น Lab850SET สำหรับวัดค่า pH โดยการจุ่มลงในน้ำยางโดยตรงแล้วอ่านค่า pH

3.3.6.5 การหาปริมาณความเป็นด่างหรือปริมาณแอมโมเนีย (%Alkalinity)

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

การคำนวณ

ปริมาณความเป็นด่าง (%NH₃) ของน้ำยางคำนวณดังนี้

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

เมื่อ	M	คือ ความเข้มข้นของกรดมาตรฐาน, นอร์มอล
	V	คือ ปริมาณของกรดมาตรฐานที่ใช้, มิลลิลิตร
	W	คือ น้ำหนักของน้ำยางที่ใช้, กรัม

3.3.6.6 การทดสอบหาปริมาณสิ่งสกปรก (Dirt Content)

การทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D1278-91a มีวิธีการทดสอบดังนี้ นำยาง 15 กรัม มาผ่านเครื่องผสมยางสองลูกกลิ้งที่มีระยะห่างระหว่างเท้ากับ 0.013 นิ้ว จำนวน 2 ครั้ง แล้วนำไปตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน 10 กรัม และมีความละเอียด 0.0001 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมน้ำมันสน 250 มิลลิลิตร และสารเร่งการละลายยาง (Peptor) 1 มิลลิลิตร ให้ความร้อนที่ 140°C ยกขวดมาแกว่งเป็นระยะเพื่อเร่งการละลาย เมื่อยางละลายหมดเทสารที่ได้ผ่านตะแกรงกรองที่สะอาดและแห้ง และทราบน้ำหนักที่แน่นอน ล้างสารที่ได้ด้วยน้ำมันสนที่ร้อนอีกครั้ง นำตะแกรงกรองไปอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถแก้วดูดความชื้นและบันทึกน้ำหนัก

การคำนวณ

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

เมื่อ	A	คือ น้ำหนักยาง, กรัม
	B	คือ น้ำหนักตัวกรอง, กรัม
	C	คือ น้ำหนักตัวกรองหลังอบ, กรัม

3.3.6.7 การทดสอบหาปริมาณเถ้า (Ash Content)

การทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D1278-91a มีวิธีการทดสอบดังนี้ ซึ่ง
 ยางประมาณ 10 กรัม (ความละเอียด 0.0001 กรัม) ห่อด้วยกระดาษกรองใส่ในถ้วยทนความร้อนที่สะอาดแห้ง และทราบน้ำหนักที่แน่นอน นำเข้าในเตาเผาอุณหภูมิ $550 \pm 20^{\circ}\text{C}$ จนกระทั่ง
 การเผาไหม้สมบูรณ์ใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถแก้วดูดความชื้นและบันทึก
 น้ำหนัก

การคำนวณ

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

- เมื่อ
- | | |
|---|--|
| A | คือ น้ำหนักยาง, กรัม |
| B | คือ น้ำหนักถ้วยทนความร้อน, กรัม |
| C | คือ น้ำหนักถ้วยทนความร้อนกับเถ้าหลังอบ, กรัม |

3.3.6.8 การทดสอบหาปริมาณไนโตรเจน (Nitrogen Content)

การทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D3533-90 มีวิธีการทดสอบดังนี้ ซึ่ง
 ยางประมาณ 0.1 กรัม (ความละเอียด 0.0001 กรัม) ใส่ในขวดแก้วสำหรับย่อยแบบ micro-
 kjeldahl เติมสารตัวเร่งรวมประมาณ 3 กรัม และกรดกำมะถัน 10 มิลลิลิตร ให้ความร้อนที่
 อุณหภูมิ $380-400^{\circ}\text{C}$ จนได้สารละลายใส ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร นำสารที่ได้
 ไปเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40% โดยน้ำหนัก ปริมาตร 25 มิลลิลิตร แล้วกลั่นด้วย
 เครื่องกลั่น ส่วนที่รองรับสารที่กลั่นได้ประกอบด้วยสารละลายกรดบอริก 4% ปริมาตร 20
 มิลลิลิตร อินดิเคเตอร์ 4 หยด และน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร เมื่อสารที่กลั่นได้มีปริมาตร 150
 มิลลิลิตร นำไปไตเตรตกับสารละลายกรดกำมะถันเข้มข้น 0.01 นอร์มอล ที่จุดยุติสารจะเปลี่ยน
 จากสีเขียวเป็นสีม่วงอ่อน ทำ blank เพื่อเปรียบเทียบ

การคำนวณ

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

- เมื่อ
- | | |
|-------|---|
| V_1 | คือ ปริมาตรของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้, มิลลิลิตร |
| V_2 | คือ ปริมาตรของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรต blank, มิลลิลิตร |
| N | คือ ความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถัน, นอร์มอล |
| W | คือ น้ำหนักยาง, กรัม |

3.3.6.9 การทดสอบความหนืดมูนนี่ของยางแห้ง (Mooney Viscosity)

การทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D1646-94 ซึ่งมีวิธีการทดสอบดังนี้ ตั้งอุณหภูมิของห้องสี่ของเครื่อง Mooney viscometer ที่อุณหภูมิ 100°C อุณหภูมิในห้องสี่ยางเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วชั่งยางที่เตรียมไว้ 25 กรัม จากนั้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆ กัน โดยแต่ละส่วนมีความหนาประมาณ 6 มิลลิเมตร และมีน้ำหนักประมาณ 12.5 กรัม นำโรเตอร์ออกจากช่องสี่ยางนำยางมาประกบด้านบนและด้านล่างของโรเตอร์ รองด้วยพลาสติกพอลิเอสเตอร์อีกชั้น แล้วใส่กลับลงในช่องสี่ยางเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นเดินเครื่องให้โรเตอร์หมุนเป็นเวลา 4 นาที บันทึกค่าความหนืดที่เวลา 4 นาที

การบันทึกผล

$$\text{ความหนืด} = X \text{ ML (1+4, 100}^\circ\text{C)}$$

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

3.3.6.10 การทดสอบความอ่อนตัวและดัชนีความอ่อนตัว (Initial Wallace

Plasticity, P₀ and Plasticity Retention Index, PRI)

การทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D3194-84 ซึ่งมีวิธีการทดสอบดังนี้ ชั่งยางประมาณ 20 ± 5 กรัม นำไปผ่านเครื่องผสมยางสองลูกกลิ้งที่มีระยะห่างระหว่างเท่ากับ 1.9 มิลลิเมตร จำนวน 2 ครั้ง แล้วพับครึ่งทำให้เรียบด้วยลูกกลิ้งให้ได้ความหนา 3.2-3.6 มิลลิเมตร ตัดชิ้นตัวอย่างทดสอบจำนวน 6 ชิ้น แบ่งเป็นชุดๆ ละ 3 ชิ้น ชุดแรกนำไปทดสอบโดยวางชิ้นทดสอบระหว่างกระดาษมวนบุหรี่ นำเข้าเครื่อง Wallace Plastometer อัดชิ้นทดสอบ โดยแป้นโลหะกลมบนและล่างของเครื่องจะกดให้ชิ้นทดสอบมีความหนา 1 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 15 วินาที จากนั้นแรง 10 ± 0.1 กิโลกรัม จะอัดยางเป็นเวลา 15 วินาที อ่านค่าความอ่อนตัว (Plasticity) บนหน้าปัด จะได้ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น (P₀) ส่วนชิ้นทดสอบชุดที่ 2 นำเข้าตู้อบอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 140°C เป็นเวลา 30 นาที นำชิ้นทดสอบออกมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็นเป็นเวลา 30 นาที นำไปหาความอ่อนตัวเช่นเดียวกัน ค่าที่ได้เป็นค่า

P₃₀

การคำนวณ

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

เมื่อ P_0 คือ ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นของยาง
 P_{30} คือ ค่าความอ่อนตัวของยางเมื่อผ่านการอบที่อุณหภูมิ 140°C เป็นเวลา 30 นาที

3.3.6.11 การทดสอบการเพิ่มความแข็งแรงระหว่างการเก็บ (Determination of Accelerated Storage-Hardening)

การทดสอบการเพิ่มความแข็งแรงระหว่างการเก็บโดยวิธีวอลเลส เป็นการวัดค่าความอ่อนตัวของชิ้นทดสอบก่อนและหลังการเก็บภายใต้สภาวะปฏิกิริยาเร่งให้เกิดความแข็งแรงเพิ่มขึ้น โดยการเก็บชิ้นทดสอบไว้เหนือฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ ที่ความดันบรรยากาศและที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ค่าความอ่อนตัวของยางที่เพิ่มขึ้น (ΔP) แสดงค่าการเพิ่มความแข็งแรงระหว่างการเก็บ ซึ่งมีวิธีการทดสอบดังนี้ ชั่งยางประมาณ 20 ± 5 กรัม นำไปผ่านเครื่องผสมยางสองลูกกลิ้งที่มีระยะห่างระหว่างแท่งกับ 1.9 มิลลิเมตร จำนวน 2 ครั้ง แล้วพับครึ่งทำให้เรียบด้วยลูกกลิ้งให้ได้ความหนา 3.2-3.6 มิลลิเมตร ตัดชิ้นตัวอย่างทดสอบจำนวน 6 ชิ้น แบ่งเป็นชุดๆ ละ 3 ชิ้น ชุดแรกนำไปทดสอบโดยวางชิ้นทดสอบระหว่างกระดาษมวนบุหรี่ นำเข้าเครื่อง Wallace Plastometer อัดชิ้นทดสอบ ส่วนชุดที่ 2 นำชิ้นทดสอบไปวางบนที่วางชิ้นตัวอย่าง ซึ่งอยู่ในขวดซึ่งมีฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ จำนวน 6-8 กรัม โดยไม่วางชิ้นทดสอบซ้อนหรือชิดกัน แล้วปิดฝาให้สนิท นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 30 นาที ตรวจสอบอีกครั้งให้ฝาขวดซึ่งปิดสนิท แล้วอบต่อไปอีก 24 ชั่วโมง วัดค่าความอ่อนตัวของชิ้นทดสอบเช่นเดียวกัน

การคำนวณ

$$\Delta P = P_H - P_0$$

เมื่อ ΔP คือ ค่าการเพิ่มความแข็งแรงระหว่างการเก็บ
 P_H คือ มัธยฐานความอ่อนตัวของยางที่วางไว้เหนือฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์
 P_0 คือ มัธยฐานความอ่อนตัวเริ่มต้นของยาง

3.3.6.12 การทดสอบหาปริมาณเจลในยาง

วิธีการหาปริมาณเจลในยางมีดังนี้ ซึ่งตัวอย่างยาง 0.5 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ละลายในโทลูอีน 20 มิลลิลิตร ในหลอดเซนตริฟิวจ์ ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้วนำไปเซนตริฟิวจ์ที่ความเร็ว 5,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที ดูดสารละลายส่วนบนออกไป 10 มิลลิลิตร แล้วเติมโทลูอีนลงไปใหม่อีก 10 มิลลิลิตร เซนตริฟิวจ์ซ้ำอีก 3 ครั้ง นำยางที่เหลือไปตกตะกอนใน เอทานอล 95% ปริมาตร 50 มิลลิลิตร นำไปอบในตู้อบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 60°C จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ ซึ่งน้ำหนักยางที่ได้ (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

การคำนวณ

$$\text{Gel}(\%) = \frac{B}{A} \times 100$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักยางเริ่มต้น, กรัม
B คือ น้ำหนักยางที่ตกตะกอนได้และอบแห้งแล้ว, กรัม

3.3.7 ศึกษาสมบัติการแปรรูปของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยสารชนิดต่าง ๆ

3.3.7.1 การเตรียมยางผสมสารเคมี

น้ำยางแห้งที่ได้จากการเติมสารรักษาสภาพน้ำยางชนิดต่างๆ ทำการผสมกับสารเคมีด้วยเครื่องบดผสมยางสองลูกกลิ้ง โดยใช้สูตรยางตามตารางที่ 3.5 โดยมีลำดับการผสมสารเคมีตามตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.5 สูตรยางธรรมชาติตามมาตรฐาน ASTM D3184-89 Rubber-Evaluation of Natural Rubber

Ingredients	phr
STR 5L	100.00
Zinc oxide	6.00
Sulphur	3.50
Stearic acid	0.50
MBT	0.50

ตารางที่ 3.6 ลำดับการผสมสารเคมี

	Mixing cycle	Duration (min.)
1	ตรวจสอบอุณหภูมิลูกกลิ้งให้ได้ $70 \pm 5^{\circ}\text{C}$	
2	ตั้งระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 0.50 มิลลิเมตร นำยางเข้าบดโดยไม่ให้พันลูกกลิ้ง 2 ครั้ง	1
3	ตั้งระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 1.40 มิลลิเมตร นำยางเข้าบดโดยให้พันลูกกลิ้งหน้า เมื่อยางถูกบดนิ่มและเริ่มเรียบให้ปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งเป็น 1.90 มิลลิเมตร	4
4	เติมกรดสเตียริก	2
5	เติมซิงค์ออกไซด์ กำมะถัน และเอ็มบีที	4
6	ตัดยางระยะ $\frac{3}{4}$ ของยางจากแต่ละด้านโดยสลับด้านซ้ายขวา ด้านละ 3 ครั้ง ตัดยางผสมสารเคมีออกจากลูกกลิ้ง	2
7	ตั้งระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งเป็น 0.80 มิลลิเมตร นำยางผ่านลูกกลิ้งจำนวน 6 ครั้ง ยางที่ผ่านมาแต่ละครั้งม้วนเป็นรูปทรงกระบอก ใส่ปลายข้างหนึ่งเข้าเครื่องในการบดครั้งต่อไป ส่วนครั้งที่ 6 รีดออกมาเป็นแผ่นให้มีความหนาไม่น้อยกว่า 6 มิลลิเมตร	2
	รวม	15

3.3.7.2 การทดสอบลักษณะการวัลคาไนซ์ด้วยเครื่อง Moving Die Rheometer (MDR)

ตามมาตรฐาน ASTM D2084-01 มีวิธีการทดสอบดังนี้ นำยางคอมพอนด์ที่ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสประมาณ 4.5 กรัม แล้ววางบนโรเตอร์ที่ผ่านการตั้งอุณหภูมิที่ 160°C แล้วเปิดเครื่องให้ทำงาน โรเตอร์จะหมุนทำมุม 1 องศา หลังจากครบเวลาที่ตั้งไว้ เครื่องบันทึกค่าระยะที่ยางเกิดการแข็งตัว (Scorch time, t_{s1}) เวลาเป็นนาฬิกาจากจุดเริ่มต้นที่ทำให้แรงบิดสูงขึ้น 1 lbf.in, ระยะที่ยางสุก (Cure time, TC90) เวลาเป็นนาฬิกาของค่าแรงบิด 90%ของแรงบิดสูงสุด, แรงบิดสูงสุด (Maximum torque, M_H) และแรงบิดต่ำสุด (Minimum torque, M_L) โดยสูตรยางที่ใช้ในการทดสอบลักษณะการวัลคาไนซ์ ดังแสดงในตารางที่ 3.6

การเตรียมชิ้นทดสอบโดยใช้กระบวนการอัด (Compression Molding)

นำยางผสมสารเคมีในข้อ 3.3.7.1 มาทำการขึ้นรูปด้วยกระบวนการอัด โดยใช้เบ้าพิมพ์ขนาด 12×12 เซนติเมตรหนา 1.5 เซนติเมตร ทำการอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 160°C วางชิ้นตัวอย่างทิ้งไว้อย่างน้อย 24 ชั่วโมง ก่อนทำการทดสอบสมบัติเชิงกลต่อไป

3.3.7.3 การทดสอบสมบัติเชิงกลของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยสารชนิดต่าง ๆ

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 โดยทดสอบสมบัติต่อไปนี้

1. ความทนต่อแรงดึง (tensile strength)

$$\text{Tensile strength (MPa)} = F/A$$

เมื่อ F คือ แรงที่ใช้ในการดึงจนชิ้นทดสอบขาด, นิวตัน
A คือ พื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบ, ตารางมิลลิเมตร

2. เปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด (%elongation at break)

$$\text{Elongation at break (\%)} = 100 \times (L-L_0)/L_0$$

เมื่อ L คือ ระยะห่างระหว่างเส้นที่ขีดบนชิ้นทดสอบเมื่อยืดจนขาด, เซนติเมตร
L₀ คือ ระยะห่างระหว่างเส้นเริ่มต้นก่อนทำการทดสอบ, เซนติเมตร

3. โมดูลัสที่ระยะยืด 300% (300%Modulus)

$$300\% \text{Modulus (MPa)} = F/A$$

เมื่อ F คือ แรงที่ใช้ดึงยางที่ระยะ 300% จากระยะเดิม, นิวตัน
 A คือ พื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบ, ตารางมิลลิเมตร

4. โมดูลัสที่ระยะยืด 500% (500%Modulus)

$$500\% \text{Modulus (MPa)} = F/A$$

เมื่อ F คือ แรงที่ใช้ดึงยางที่ระยะ 500% จากระยะเดิม, นิวตัน
 A คือ พื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบ, ตารางมิลลิเมตร

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาผลของชนิดสารรักษาสภาพน้ำยางสดต่อการเก็บรักษาสภาพน้ำยางสด

4.1.1 การเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยสาร TAPP1

จากการศึกษาการเก็บรักษาสภาพน้ำยางสด (FL) ซึ่งมีสมบัติเริ่มต้นดังแสดงในตารางที่ 4.1 โดยใช้สาร TAPP1 ปริมาณ 0.15-0.50% โดยน้ำหนักน้ำยาง ตามวิธีการทดลองในหัวข้อ 3.3.1.1 ได้ผลการทดสอบหาค่า pH และปริมาณ VFA แสดงดังในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 สมบัติน้ำยางสดที่ใช้ในการศึกษาผลของปริมาณสาร TAPP1 ต่อปริมาณ VFA

Properties	Value
Total Solid Content, %TSC	35.9 ± 0.2
Dry Rubber Content, %DRC	32.1 ± 0.3
Volatile Fatty Acid, VFA	0.010
pH	7.06

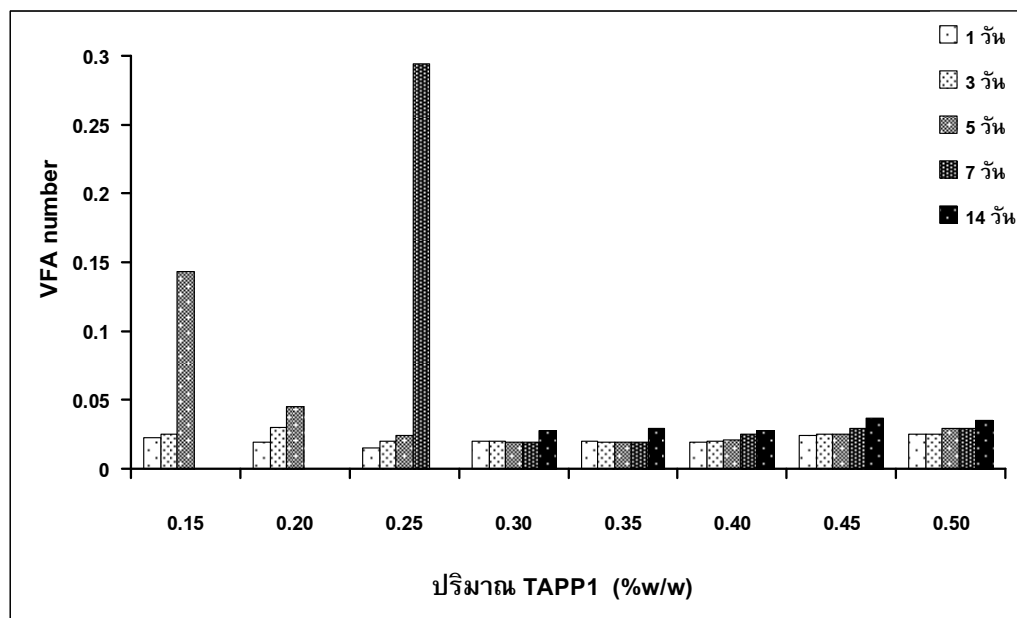
ตารางที่ 4.2 ปริมาณ VFA ของน้ำยางสดเก็บรักษาสภาพด้วย TAPP1 ปริมาณต่างๆ

Preservative	pH	VFA number / Storage time (days)				
		1	3	5	7	14
0.15*	7.6	0.023	0.025	0.143	×	×
0.20*	7.8	0.019	0.030	0.045	×	×
0.25*	8.1	0.015	0.020	0.024	0.294	×
0.30*	8.3	0.020	0.020	0.019	0.019	0.028
0.35*	8.6	0.020	0.019	0.019	0.019	0.029
0.40*	8.8	0.019	0.020	0.021	0.025	0.028
0.45*	9.0	0.024	0.025	0.025	0.029	0.037
0.50*	9.2	0.025	0.025	0.029	0.029	0.035

หมายเหตุ: * ปริมาณสาร TAPP1 เป็นร้อยละโดยน้ำหนักของน้ำยางสด

× น้ำยางเกิดการเสียสภาพ

จากตารางที่ 4.2 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ VFA ของน้ำยางสดที่เก็บรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 ปริมาณต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 14 วัน แสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ VFA กับปริมาณสาร TAPP1 ที่ใช้รักษาสภาพเป็นระยะเวลาต่างๆ

จากตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.1 พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ VFA กับระยะเวลาการเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยสาร TAPP1 ปริมาณต่างๆ มีแนวโน้มของปริมาณ VFA เพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บน้ำยางนานขึ้น โดยน้ำยางที่เก็บรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 ปริมาณ 0.15% โดยน้ำหนักน้ำยาง สามารถเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดได้ประมาณ 1-3 วัน หลังจากนั้นจะเกิดการเสียสภาพโดยจับตัวเป็นก้อนเล็กๆ และมีฝ้าสีเหลืองอยู่บนผิวหน้า แต่ยังไม่มีการเหม็นบูด น้ำยางสดที่เก็บรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 ปริมาณ 0.20 และ 0.25% โดยน้ำหนักน้ำยาง มีปริมาณ VFA เพิ่มสูงขึ้นและเสียสภาพเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลาช่วง 1-7 วัน เนื่องจากแบคทีเรียที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำยางได้ทำการย่อยสลายสารพวกคาร์โบไฮเดรตที่มีอยู่ในน้ำยางแล้วเกิดเป็นกรดไขมันที่ระเหยได้ สารพวกคาร์โบไฮเดรตที่มีอยู่ในน้ำยางส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลชนิดคิวบราซิทอล (quebrachitol) และมีน้ำตาลชนิดกลูโคส ซูโคส และฟรุกโตส ปริมาณเล็กน้อย โดยแบคทีเรียจะใช้น้ำตาลชนิดคิวบราซิทอลเป็นอาหาร แล้วเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายเกิดเป็นกรดที่มีโมเลกุลสั้นหรือกรดที่ระเหยได้ ซึ่งกรดที่ระเหยได้ที่พบคือ กรดอะซิติก นอกจากนี้ยังมีกรดฟอร์มิกและกรดโพรพิโอนิกปนอยู่ปริมาณเล็กน้อย ปริมาณกรดระเหยได้ (VFA) เป็นตัวบ่งชี้ให้เห็นว่าน้ำยางนั้นเก็บรักษาดีหรือไม่ ถ้าเก็บรักษาดี ปริมาณ VFA ควรจะ

น้อย (บุญธรรม, 2532) และพบว่าน้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 0.40% โดยน้ำหนัก น้ำยาง ให้ปริมาณ VFA ต่ำสุดเมื่อเก็บรักษาสภาพน้ำยางเป็นเวลา 14 วัน และเมื่อใช้สาร TAPP1 ในปริมาณมากขึ้นคือ 0.45 และ 0.50% โดยน้ำหนักน้ำยาง ให้ปริมาณ VFA ที่สูงขึ้น

ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากปริมาณ VFA น้ำยางที่มีคุณภาพดีที่สุดในกลุ่มคือ มีปริมาณ VFA ต่ำที่สุด ได้แก่ น้ำยางที่เก็บรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 ปริมาณ 0.40% โดย น้ำหนักน้ำยาง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะที่ปริมาณ 0.40% โดยน้ำหนักน้ำยาง เป็นระดับความเข้มข้นที่เพียงพอในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ซึ่งสาร TAPP1 มีหลักการทำงานคือ ในสภาวะที่เป็นกรด สาร TAPP1 จะค่อยๆ ปลดปล่อยสารฆ่าเชื้อแบคทีเรียในน้ำยางทำให้น้ำยางสามารถคงสภาพความเป็นน้ำยางอยู่ได้ นอกจากนี้น้ำยางดังกล่าวมีสภาพเป็นด่าง กล่าวคือ น้ำยางมีค่า pH อยู่ในช่วง 8.5-9 ดังแสดงในตารางที่ 4.2 ซึ่งช่วยส่งเสริมสถานะความเป็นคอลลอยด์ของอนุภาคยางไม่ให้อนุภาคยางเกิดการรวมตัวกันและจับตัวเป็นก้อนส่งผลทำให้น้ำยางเสียสภาพ

ทั้งนี้ข้อดีของสาร TAPP1 คือไม่มีกลิ่นฉุนรุนแรงเหมือนกับสารละลายแอมโมเนียที่ใช้อยู่ทั่วไป ไม่มีความเป็นพิษต่อเซลล์ เนื่องจากใช้เป็นสารรักษาสภาพในเครื่องสำอางและได้มีการนำมาประยุกต์ใช้กับน้ำยางเพื่อลดการใช้สารละลายแอมโมเนีย ซึ่งเป็นสารเคมีที่มีสามารถระเหยได้และมีกลิ่นฉุนรุนแรง เมื่อได้รับการสูดดมเป็นระยะเวลาอันอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพผู้ใช้ได้

4.1.2 การเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยสาร TAPP1 เปรียบเทียบกับสารละลายแอมโมเนียในปริมาณที่มากขึ้น

จากการศึกษาการเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยแอมโมเนียเพียงอย่างเดียว 0.40 และ 0.70% โดยน้ำหนักน้ำยาง เปรียบเทียบกับระบบการเก็บรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 ปริมาณ 0.40 และ 0.70% โดยน้ำหนักน้ำยาง ตามวิธีการทดลองในหัวข้อ 3.3.1.2 ได้ผลการทดสอบหาค่า pH, Alkalinity (%NH₃) และปริมาณ VFA แสดงดังในตารางที่ 4.4

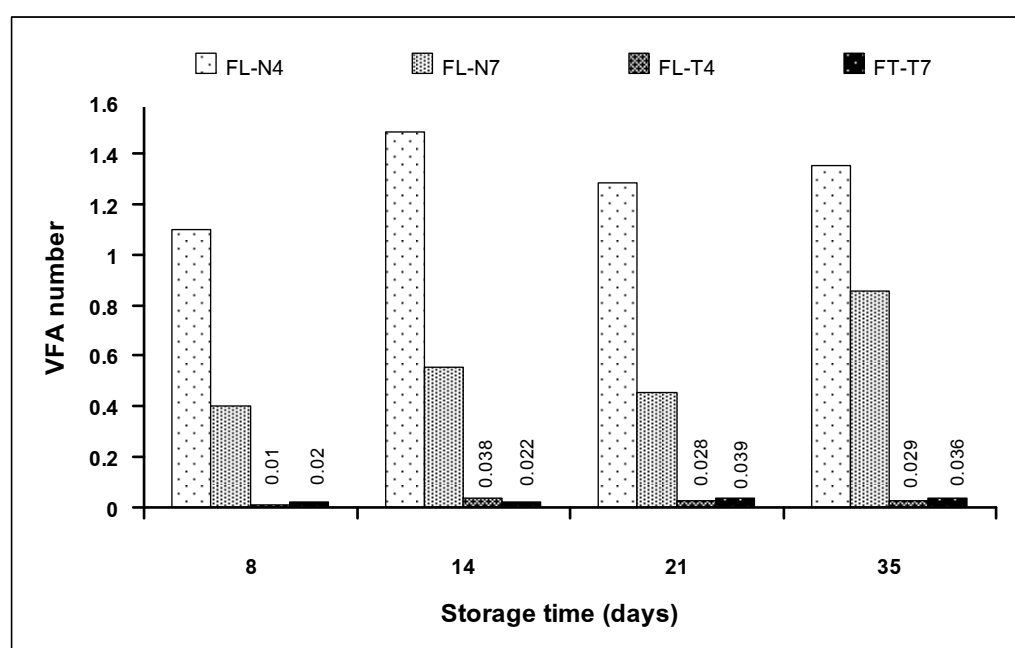
ตารางที่ 4.3 สมบัติน้ำยางสดที่ใช้ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยสาร TAPP1 หรือแอมโมเนีย

Properties	Value
Total Solid Content, %TSC	44.8 ± 0.2
Dry Rubber Content, %DRC	42.3 ± 0.3
Volatile Fatty Acid, VFA	0.028
pH	7.04

ตารางที่ 4.4 ปริมาณ VFA ของน้ำยางสดที่เก็บรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียเปรียบเทียบกับระบบการใช้สาร TAPP1

Preservative	VFA number / Storage time (days)			
	8	14	21	35
FL-N4	1.100	1.484	1.285	1.352
FL-N7	0.400	0.553	0.452	0.855
FL-T4	0.010	0.038	0.028	0.029
FL-T7	0.020	0.022	0.039	0.036

จากตารางที่ 4.4 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ VFA ของน้ำยางสดที่เก็บรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 เปรียบเทียบกับระบบการใช้แอมโมเนีย กับระยะเวลาในการเก็บรักษา แสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ VFA กับระยะเวลาการเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยสาร TAPP1 เปรียบเทียบระบบการใช้แอมโมเนีย

จากตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.2 พบว่าน้ำยางที่เก็บรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 หรือแอมโมเนีย มีแนวโน้มของปริมาณ VFA เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บ โดยน้ำยางสดที่เก็บรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียเพียงอย่างเดียว 0.40 และ 0.70% โดยน้ำหนักน้ำยาง มีปริมาณ VFA ที่สูง เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สาร TAPP1 กล่าวคือ เมื่อใช้แอมโมเนีย 0.40% โดย

น้ำหมักน้ำยาง มีปริมาณ VFA เท่ากับ 1.100 เมื่อเก็บน้ำยางไว้เป็นระยะเวลา 8 วัน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามระยะเวลาในการเก็บรักษา และเมื่อใช้แอมโมเนีย 0.70% โดยน้ำหมักน้ำยาง ปริมาณ VFA มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษาเช่นกัน แต่จะให้ค่าที่ต่ำกว่าการใช้แอมโมเนียปริมาณ 0.40% โดยน้ำหมักน้ำยาง น้ำยางเกิดการเสียสภาพโดยมีกลิ่นเหม็นบูดแต่ยังไม่เกิดการจับตัวเป็นก้อน ซึ่งต่างจากการรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 ในปริมาณที่เท่ากับการใช้แอมโมเนีย มีปริมาณ VFA เพิ่มขึ้นเล็กน้อยตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา แสดงว่าสาร TAPP1 มีประสิทธิภาพในการรักษาสภาพน้ำยาง สามารถออกฤทธิ์ในการยับยั้งและทำลายเชื้อแบคทีเรียได้ โดยการใช้สาร TAPP1 ในปริมาณ 0.40% โดยน้ำหมักน้ำยาง เป็นปริมาณที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาสภาพน้ำยางในช่วงระยะเวลาประมาณ 1 เดือน และ การใช้สาร TAPP1 0.70% โดยน้ำหมักน้ำยาง เป็นปริมาณที่มากเกินไปแต่ก็ยังสามารถยับยั้งการทำงานของแบคทีเรียได้เช่นเดียวกัน

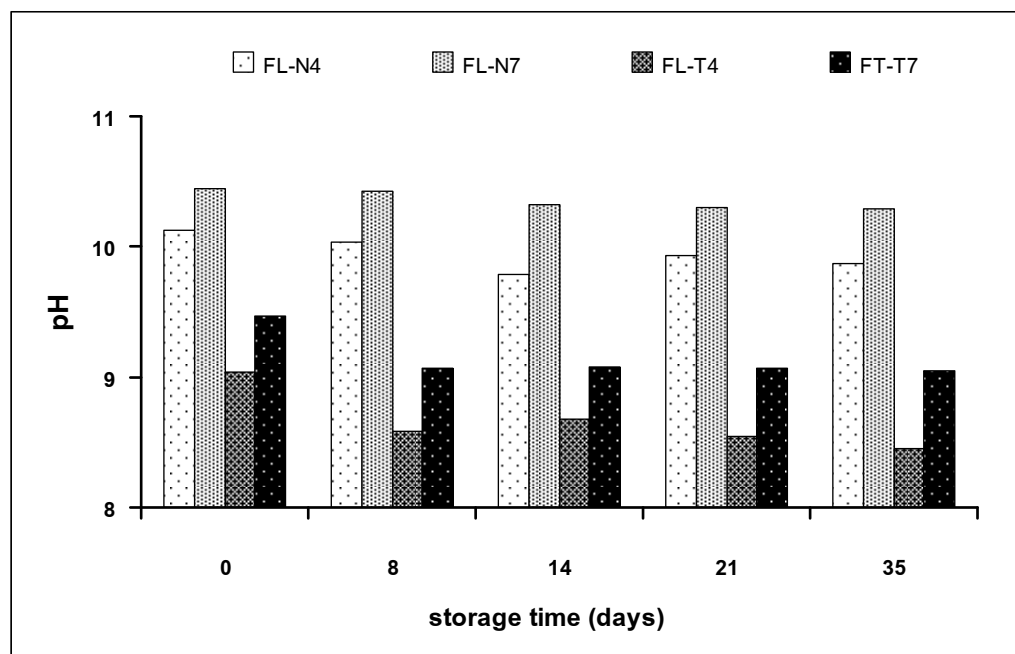
ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นของปริมาณ VFA ของน้ำยางอาจเนื่องมาจากในน้ำยางสด เริ่มต้นได้มีการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในอากาศและสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการกรีดยาง การเก็บรวบรวมน้ำยาง ซึ่งจุลินทรีย์ดังกล่าวสามารถเจริญเติบโตได้ในระดับหนึ่งก่อนที่นำน้ำยางมาเก็บรักษาสภาพด้วยสารเคมีต่างๆ และในระหว่างนั้นจุลินทรีย์หรือแบคทีเรียก็จะย่อยสลายสารพวกคาร์โบไฮเดรตที่มีอยู่ในน้ำยางแล้วเกิดเป็นกรดไขมันระเหยได้ นอกจากนี้หลังจากการเก็บรักษาสภาพน้ำยางด้วยสารเคมีต่างๆ จะเก็บน้ำยางไว้ในภาชนะที่ปิดมิดชิดไม่ได้เก็บไว้ในสภาวะที่ปลอดเชื้อจุลินทรีย์ส่งผลให้น้ำยางถูกปนเปื้อนได้ระหว่างการนำน้ำยางมาทดสอบสมบัติที่ระยะเวลาต่างๆ และจุลินทรีย์หรือแบคทีเรียดังกล่าวก็จะสามารถเจริญเติบโตได้ในระดับหนึ่งก่อนที่จะถูกยับยั้งหรือทำลายด้วยสารเคมีที่ใช้รักษาสภาพซึ่งมีอยู่ในน้ำยางนั้น ดังนั้นจึงมีผลทำให้น้ำยางมีปริมาณ VFA เพิ่มขึ้นตลอดเวลาการเก็บรักษา

ตารางที่ 4.5 pH และ Alkalinity (% NH₃) ของน้ำยางสดที่เก็บรักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย เปรียบเทียบกับระบบรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1

Storage time (days)	8		14		21		35	
	pH	% NH ₃	pH	% NH ₃	pH	% NH ₃	pH	% NH ₃
Preservative								
FL-N4	10.0	0.4	9.9	0.4	9.9	0.4	9.9	0.4
FL-N7	10.4	0.7	10.3	0.7	10.0	0.6	10.3	0.6
FL-T4	8.6	-	8.7	-	8.5	-	8.4	-
FT-T7	9.1	-	9.1	-	9.1	-	9.1	-

หมายเหตุ: - ไม่ได้ทำการทดสอบ

จากตารางที่ 4.5 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH ของน้ำยางสด ที่เก็บรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 เปรียบเทียบกับระบบการใช้แอมโมเนียกับระยะเวลาในการ เก็บรักษาต่างๆ แสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 pH ของน้ำยางสดที่เก็บรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียเปรียบเทียบกับระบบรักษาสภาพ ด้วยสาร TAPP1

จากตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.3 พบว่าน้ำยางสดที่เก็บรักษาสภาพด้วย แอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เมื่อเก็บรักษาน้ำยางไว้เป็นระยะเวลานานขึ้น ค่า pH หรือค่าความ เป็นกรด-ด่างของน้ำยางมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระและการระเหย หายไปของแอมโมเนียในระบบ

4.1.3 การเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยสารละลายแอมโมเนียร่วมกับสารเคมีชนิด อื่น

4.1.3.1 การเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยแอมโมเนียร่วมกับ anionic surfactant หรือกรดบอริก

จากการศึกษาการเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยแอมโมเนีย 0.2% โดยน้ำหนัก น้ำยาง ร่วมกับ anionic surfactant คือ sodium dodecyl sulphate (SDS) โดยแปรปริมาณ SDS คือ 0.3 และ 0.4% โดยน้ำหนักน้ำยาง เปรียบเทียบกับระบบการเก็บรักษาน้ำยางด้วย แอมโมเนีย 0.2% โดยน้ำหนักน้ำยาง เพียงอย่างเดียวและระบบการเก็บรักษาน้ำยางด้วย

แอมโมเนีย 0.2%โดยน้ำหนักน้ำยาง ร่วมกับกรดบอริก 0.2%โดยน้ำหนักน้ำยาง ตามวิธีการทดลองในหัวข้อ 3.3.1.3 ได้ผลการทดสอบการหาค่า Alkalinity (%NH₃) และปริมาณ VFA แสดงดังในตารางที่ 4.7 และ 4.8

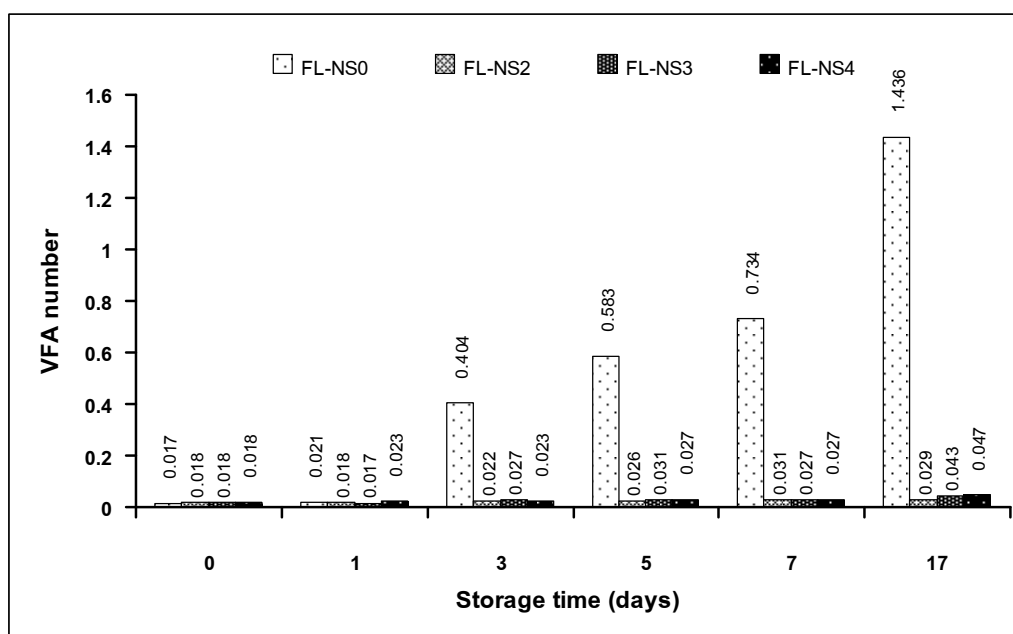
ตารางที่ 4.6 สมบัติน้ำยางสดที่ใช้ศึกษาการเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยแอมโมเนียร่วมกับ anionic surfactant (SDS) หรือกรดบอริก

Properties	Value
Total Solid Content, %TSC	38.2 ± 0.1
Dry Rubber Content, %DRC	34.4 ± 0.1
Volatile Fatty Acid, VFA	0.0162
pH	6.81

ตารางที่ 4.7 ปริมาณ VFA ของน้ำยางสดที่เก็บรักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย 0.2%ร่วมกับ Anionic surfactant (SDS) หรือกรดบอริก

Preservative	VFA number / Storage time (days)				
	1	3	5	7	17
FL-NS0	0.021	0.404	0.583	0.734	1.436
FL-NS2	0.018	0.022	0.026	0.031	0.029
FL-NS3	0.017	0.027	0.031	0.027	0.043
FL-NS4	0.023	0.023	0.027	0.027	0.047

จากตารางที่ 4.7 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ VFA ของน้ำยางสดที่เก็บรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียร่วมกับ SDS หรือกรดบอริก เปรียบเทียบกับระบบการใช้แอมโมเนียเพียงอย่างเดียว กับระยะเวลาในการเก็บรักษา แสดงดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ VFA กับระยะเวลาการเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดด้วย แอมโมเนียร่วมกับ sodium dodecyl sulphate (SDS) หรือกรดบอริก

จากตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.4 พบว่าน้ำยางเก็บรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียเพียงอย่างเดียวมีแนวโน้มปริมาณ VFA เพิ่มขึ้น โดยจะเพิ่มขึ้นในอัตราที่สูงหลังวันที่ 3 ส่วนน้ำยางเก็บรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียร่วมกับ anionic surfactant นั่นคือ sodium dodecyl sulphate (SDS) ปริมาณ 0.30 และ 0.40% โดยน้ำหนักน้ำยาง มีแนวโน้มปริมาณ VFA เพิ่มขึ้นในอัตราที่ต่ำ แสดงว่าการใช้ anionic surfactant ปริมาณดังกล่าวสามารถออกฤทธิ์ร่วมกับแอมโมเนียในการยับยั้งไม่ให้แบคทีเรียเจริญเติบโตต่อไปได้ จึงทำให้เกิดกรดไขมันระเหยได้ในปริมาณน้อย แสดงว่า anionic surfactant มีประสิทธิภาพในการเป็นสารช่วยรักษาสภาพน้ำยางทุติยภูมิ (secondary preservative) ร่วมกับแอมโมเนีย แต่อย่างไรก็ตามการใช้แอมโมเนียเพียงอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับ anionic surfactant สามารถเก็บรักษาสภาพน้ำยางให้คงสภาพการเป็นของเหลวอยู่ได้ตลอดช่วงระยะเวลาในการเก็บ 0-17 วัน โดยไม่เกิดการจับตัวเป็นก้อนและเกิดการบูดเน่า

ผลจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณ VFA ในระดับที่สูงของน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียเพียงอย่างเดียว ส่งผลให้น้ำยางเสียสภาพได้เร็วขึ้น เนื่องจากกรดไขมันระเหยได้ ได้แก่ กรดฟอร์มิก กรดอะซิติก และกรดไพรูวิก เป็นกรดที่มีโมเลกุลสั้นและสามารถละลายอยู่ในซีรัมของน้ำยาง และผลจากไฮโดรเจนไอออนหรือโปรตอน (H^+) จากกรดไขมันดังกล่าวจะสามารถทำให้ผิวของอนุภาคยางซึ่งถูกล้อมรอบด้วยประจุลบ มีประจุลดลง ผลจากการลดลงของประจุลบดังกล่าวจะทำให้อนุภาคยางแต่ละอนุภาคสามารถเคลื่อนที่มาอยู่ใกล้ชิดกันมากขึ้นและ

อนุภาคยางจะรวมตัวกันได้ง่ายขึ้น เมื่อสังเกตด้วยสายตาพบว่าน้ำยางค่อยๆ มีความหนืดเพิ่มขึ้น จนกระทั่งอนุภาคยางจับตัวกันเป็นก้อนและเสียสภาพในที่สุด

ตารางที่ 4.8 Alkalinity (%NH₃) ของน้ำยางสดที่เก็บรักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย 0.2% ร่วมกับ anionic surfactant เมื่อเก็บไว้เป็นระยะเวลาต่างๆ

Preservative	Alkalinity (%NH ₃) / Storage time (days)				
	1	3	5	7	17
FL-NS0	0.23	0.23	0.22	0.20	0.20
FL-NS2	0.22	0.22	0.21	0.20	0.20
FL-NS3	0.22	0.21	0.21	0.20	0.19
FL-NS4	0.21	0.21	0.20	0.20	0.19

4.1.3.2 การเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดโดยการใช้แอมโมเนียร่วมกับสารต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย (ELECTROCID-B20, B20)

จากการศึกษาการเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยแอมโมเนีย 0.20% โดยน้ำหนักน้ำยาง ร่วมกับ B20 ปริมาณต่างๆ คือ 0.05, 0.10 และ 0.20% โดยน้ำหนักน้ำยาง เปรียบเทียบกับระบบการเก็บรักษาด้วยแอมโมเนียเพียงอย่างเดียว 0.20% โดยน้ำหนักน้ำยาง ตามวิธีการทดลองในหัวข้อ 3.3.1.3 ได้ผลการทดสอบหาค่า pH, Alkalinity (%NH₃) และปริมาณ VFA แสดงในตารางที่ 4.10 และ 4.11

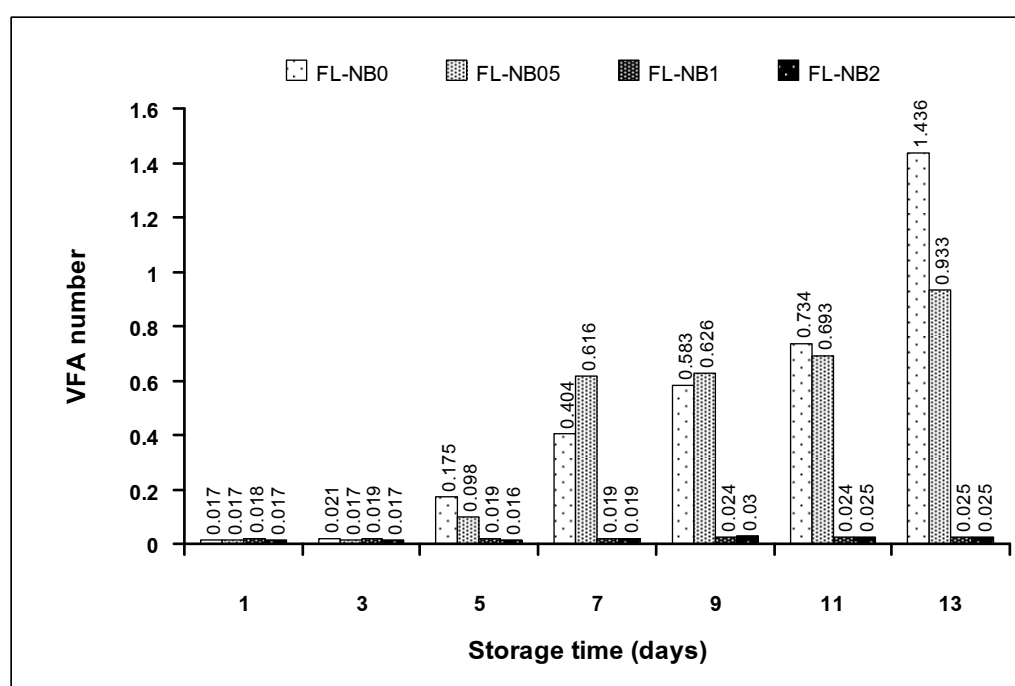
ตารางที่ 4.9 สมบัติน้ำยางสดที่ใช้ศึกษาเปรียบเทียบการรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยแอมโมเนีย ร่วมกับ B20

Properties	Value
Total Solid Content, %TSC	40.4 ± 0.1
Dry Rubber Content, %DRC	38.1 ± 0.2
Volatile Fatty Acid, VFA	0.015
pH	7.02

ตารางที่ 4.10 ปริมาณ VFA ของน้ำยางสดที่เก็บรักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย 0.20% ร่วมกับ B20 เปรียบเทียบกับระบบที่ใช้แอมโมเนียเพียงอย่างเดียว

Preservative	VFA number / Storage time (days)						
	1	3	5	7	9	11	13
FL-NB0	0.017	0.021	0.175	0.404	0.583	0.734	1.436
FL-NB05	0.017	0.017	0.098	0.616	0.626	0.693	0.933
FL-NB1	0.018	0.019	0.019	0.019	0.024	0.024	0.025
FL-NB2	0.017	0.017	0.016	0.019	0.030	0.025	0.025

จากตารางที่ 4.10 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ VFA ของน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียร่วมกับ B20 เปรียบเทียบกับระบบการใช้แอมโมเนียเพียงอย่างเดียว กับระยะเวลาในการเก็บรักษาต่างๆ แสดงดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ VFA กับระยะเวลาการเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยแอมโมเนียร่วมกับ B20 เปรียบเทียบระบบการใช้แอมโมเนียเพียงอย่างเดียว

จากตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.5 พบว่าน้ำยางที่เก็บรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียเพียงอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับ B20 ปริมาณ 0.05% โดยน้ำหนักน้ำยาง มีแนวโน้มของปริมาณ VFA ที่เพิ่มขึ้นในอัตราที่สูงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนน้ำยางที่เก็บรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียร่วมกับ B20 ปริมาณ 0.10 และ 0.20% โดยน้ำหนักน้ำยาง มีแนวโน้มของปริมาณ VFA ที่เพิ่มขึ้นในอัตราที่ต่ำ แสดงว่าการใช้แอมโมเนียเพียงอย่างเดียวในปริมาณ 0.20% โดยน้ำหนักน้ำยาง หรือใช้ร่วมกับ B20 ปริมาณ 0.05% โดยน้ำหนักน้ำยาง อาจเป็นปริมาณที่น้อยเกินไปที่จะยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่อยู่ในระดับต่ำ ทำให้แบคทีเรียส่วนที่ไม่ถูกยับยั้งยังสามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ และส่งผลให้มีปริมาณ VFA ในปริมาณสูง และพบว่าการเก็บรักษาสภาพน้ำยางด้วยแอมโมเนียร่วมกับ B20 ปริมาณ 0.10 และ 0.20% โดยน้ำหนักน้ำยาง ต่างสามารถรักษาสภาพน้ำยางได้ตลอดช่วงระยะเวลา 0-13 วัน โดยน้ำยางไม่เกิดการเสียสภาพ ซึ่งจะเห็นว่าน้ำยางที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียร่วมกับ B20 ปริมาณ 0.10% โดยน้ำหนักน้ำยาง เป็นปริมาณที่ต่ำสุดที่สามารถรักษาสภาพน้ำยางให้คงสภาพความเป็นน้ำยางอยู่ได้และให้ปริมาณ VFA ที่ระดับต่ำ แสดงว่าการใช้ B20 ปริมาณ 0.10% โดยน้ำหนักน้ำยาง เพียงพอในการยับยั้งการทำงานหรือทำลายเชื้อแบคทีเรียที่เกิดขึ้นในน้ำยาง

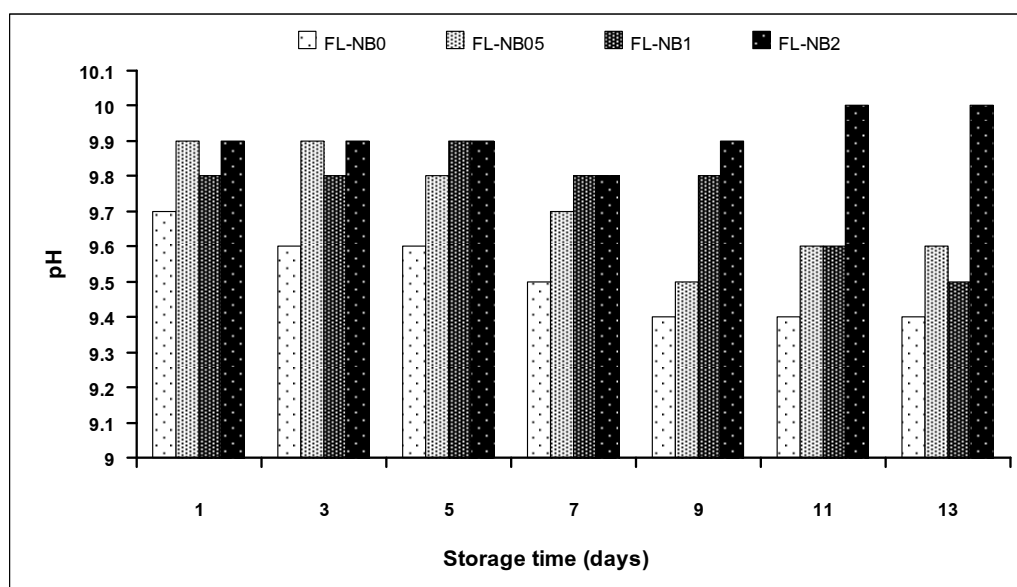
ตารางที่ 4.11 Alkalinity (%NH₃) ของน้ำยางสดที่เก็บรักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย 0.20% ร่วมกับ B20 เปรียบเทียบกับระบบที่ใช้แอมโมเนียเพียงอย่างเดียว

Preservative	Alkalinity (%NH ₃) / Storage time (days)						
	1	3	5	7	9	11	13
FL-NB0	0.23	0.23	0.22	0.22	0.20	0.19	0.18
FL-NB05	0.24	0.24	0.2	0.17	0.17	0.17	0.17
FL-NB1	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.18	0.17
FL-NB2	0.22	0.21	0.21	0.20	0.21	0.21	0.20

ตารางที่ 4.12 pH ของน้ำยางสดที่เก็บรักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย 0.20% ร่วมกับ B20 เปรียบเทียบกับระบบที่ใช้แอมโมเนียเพียงอย่างเดียว

Preservative	pH / Storage time (days)						
	1	3	5	7	9	11	13
FL-NB0	9.7	9.6	9.6	9.5	9.4	9.4	9.4
FL-NB05	9.9	9.9	9.8	9.4	9.5	9.6	9.6
FL-NB1	9.8	9.8	9.9	9.8	9.8	9.6	9.5
FL-NB2	9.9	9.9	9.9	9.8	9.9	10.0	10.0

จากตารางที่ 4.12 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH ของน้ำยางสด ที่เก็บรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียร่วมกับ B20 เปรียบเทียบกับระบบการใช้แอมโมเนียเพียงอย่างเดียว กับระยะเวลาในการเก็บรักษาต่างๆ แสดงดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับระยะเวลาการเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยแอมโมเนียร่วมกับ B20 เปรียบเทียบระบบการใช้แอมโมเนียเพียงอย่างเดียว

จากตารางที่ 4.11, 4.12 และรูปที่ 4.6 พบว่าน้ำยางสดที่เก็บรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียเพียงอย่างเดียว หรือใช้ร่วมกับ B20 ปริมาณต่างๆ มีแนวโน้มของค่า pH และ Alkalinity ที่ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณ VFA จึงทำให้เกิดการละลายของกรดไขมันระเหยได้ในส่วนของซีรัมที่เพิ่มขึ้น โดยเกิดเป็นอนุมูลไฮโดรเจนไอออน (H^+) ซึ่งอนุมูลดังกล่าวจะทำให้ความเป็นด่างของน้ำยางลดลงและเนื่องจากการระเหยไปของแอมโมเนียในระบบ จึงส่งผลให้ค่า pH และ alkalinity ของน้ำยางลดลง

4.2 ศึกษาสมบัติของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 เปรียบเทียบกับแอมโมเนีย

4.2.1 ศึกษาความเข้มข้นของกรดฟอร์มิกที่ใช้จับตัวน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 หรือแอมโมเนียต่อสมบัติยางแห้ง

จากการศึกษาการเตรียมยางแห้งจากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 โดยใช้กรดฟอร์มิกที่มีความเข้มข้นต่างๆ จับตัวน้ำยางดังกล่าว ตามวิธีการทดลองในหัวข้อ 3.3.2.1 ซึ่งปริมาณกรดที่ใช้จับตัวแสดงดังตารางที่ 4.13 ทั้งนี้เพื่อศึกษาสมบัติของยางแห้งที่ได้ คือ ความหนืดมูนี่ (Mooney Viscosity, MV) ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ดังแสดงในตารางที่ 4.14-4.16 และรูปที่ 4.7-4.9

ตารางที่ 4.13 pH ปริมาตรกรด (Volume of formic acid) และปริมาณเนื้อกรด (Amount of formic acid) ที่ใช้จับตัวน้ำยางรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 เปรียบเทียบกับการใช้แอมโมเนีย

	pH	Concentration of formic acid (%v/v)	Volume of formic acid (ml)	Amount of formic acid (g/L)
FL	7.04	5	76	4.6
		7.5	56	5.1
		10	45	5.5
		12.5	36	5.5
		15	28	5.1
FL-N4	10.27	5	266	16.2
		7.5	196	17.9
		10	154	18.8
		12.5	130	19.8
		15	126	23.1
FL-N7	10.75	5	430	26.2
		7.5	284	26.0
		10	240	29.3
		12.5	210	32.0
		15	176	32.2

ตารางที่ 4.13 pH ปริมาตรกรด (Volume of formic acid) และปริมาณเนื้อกรด (Amount of formic acid) ที่ใช้จับตัวน้ำยางรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 เปรียบเทียบกับการใช้แอมโมเนีย (ต่อ)

	pH	Concentration of formic acid (%v/v)	Volume of formic acid (ml)	Amount of formic acid (g/L)
FL-T4	9.14	5	174	10.6
		7.5	84	7.7
		10	58	7.1
		12.5	50	7.6
		15	42	7.7
FL-T7	9.42	5	152	9.3
		7.5	110	10.1
		10	80	9.8
		12.5	70	10.7
		15	65	11.9

ตารางที่ 4.14 ความหนืดมูนนี่ (Mooney Viscosity) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 เปรียบเทียบกับแอมโมเนีย เมื่อจับตัวด้วยกรดฟอร์มิกที่ความเข้มข้นต่างๆ

Samples	Mooney viscosity / Concentration of formic acid (%v/v)				
	5	7.5	10	12.5	15
DR*	59.06	58.35	58.14	59.30	59.34
DR-N4*	50.90	51.57	53.93	61.79	60.73
DR-N7*	57.80	58.46	58.56	63.92	73.25
DR-T4*	55.63	56.39	58.97	57.10	59.03
DR-T7*	62.50	62.16	65.35	63.51	65.84

หมายเหตุ: DR คือ ยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดไม่เติมสารรักษาสภาพ

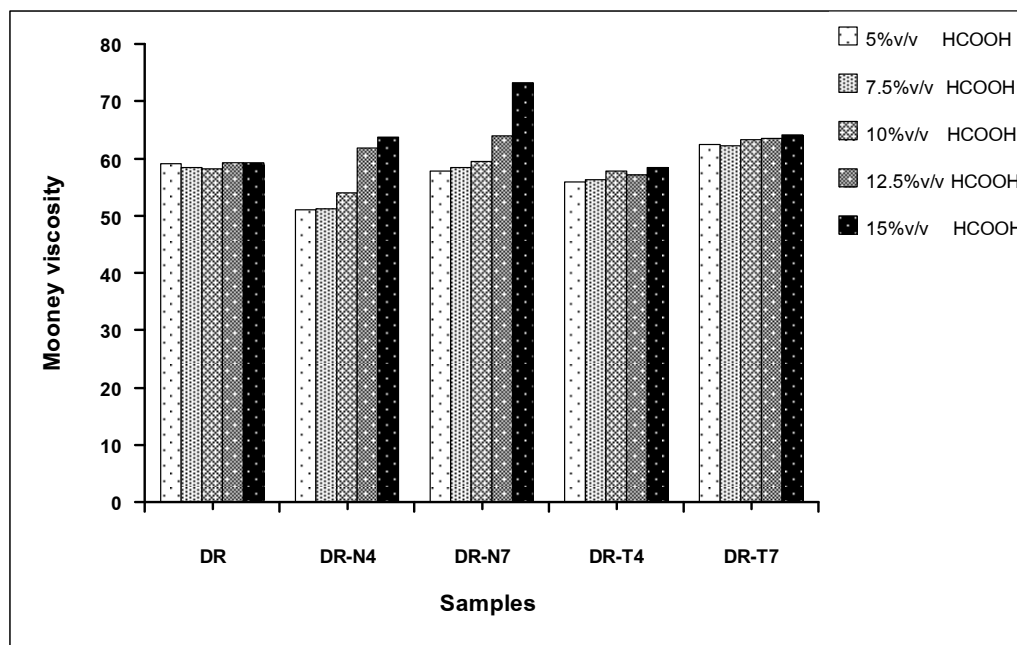
DR-N4 คือ ยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย 0.4%w/w

DR-N7 คือ ยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย 0.7%w/w

DR-T4 คือ ยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยTAPP1 0.4%w/w

DR-T7 คือ ยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยTAPP1 0.7%w/w

จากตารางที่ 4.14 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดมูเน่ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียเปรียบเทียบกับสาร TAPP1 กับความเข้มข้นของกรดฟอร์มิกที่ใช้ในการจับตัวน้ำยาง แสดงดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ความหนืดมูเน่ (Mooney viscosity) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 เปรียบเทียบกับแอมโมเนีย เมื่อจับตัวด้วยกรดฟอร์มิกที่ความเข้มข้นต่างๆ

จากตารางที่ 4.14 และรูปที่ 4.7 พบว่าเมื่อใช้กรดฟอร์มิกที่มีความเข้มข้นที่สูงขึ้นจับตัวน้ำยางที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 ทำให้ได้ยางแห้งที่มีค่าความหนืดมูเน่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกตัวอย่าง เป็นผลจากน้ำยางสดเริ่มต้นซึ่งน้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียมีความเป็นเบสสูงกล่าวคือมี pH ประมาณ 10 ส่งผลให้น้ำยางมีความเสถียรมากกว่าน้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 ดังนั้นจึงใช้กรดในการจับตัวมากกว่าดังแสดงในตารางที่ 4.13 การมีแอมโมเนียปริมาณสูงอยู่ในน้ำยางทำให้น้ำยางมีค่า pH เท่ากับ 10.27 และ 10.75 ตามลำดับ ทำให้ต้องเติมกรดในปริมาณมากกว่าน้ำยางที่รักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 ทำให้ในน้ำยางขณะที่จับตัวมีปริมาณเนื้อกรดที่สูง อาจส่งผลทำให้ยางแห้งที่ได้มีค่าความหนืดที่เพิ่มขึ้น และพบว่าน้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 ปริมาณ 0.40 และ 0.70 % โดยน้ำหนักน้ำยาง จับตัวด้วยกรดฟอร์มิกที่มีความเข้มข้นต่างๆ กัน ยางแห้งที่ได้มีค่าความหนืดมูเน่ที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากน้ำยางดังกล่าวมีค่า pH เท่ากับ 9.14 และ 9.42 ตามลำดับ ทำให้ใช้กรดในการจับตัวน้อยกว่าน้ำยางที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียที่ปริมาณเท่ากัน ทั้งนี้การ

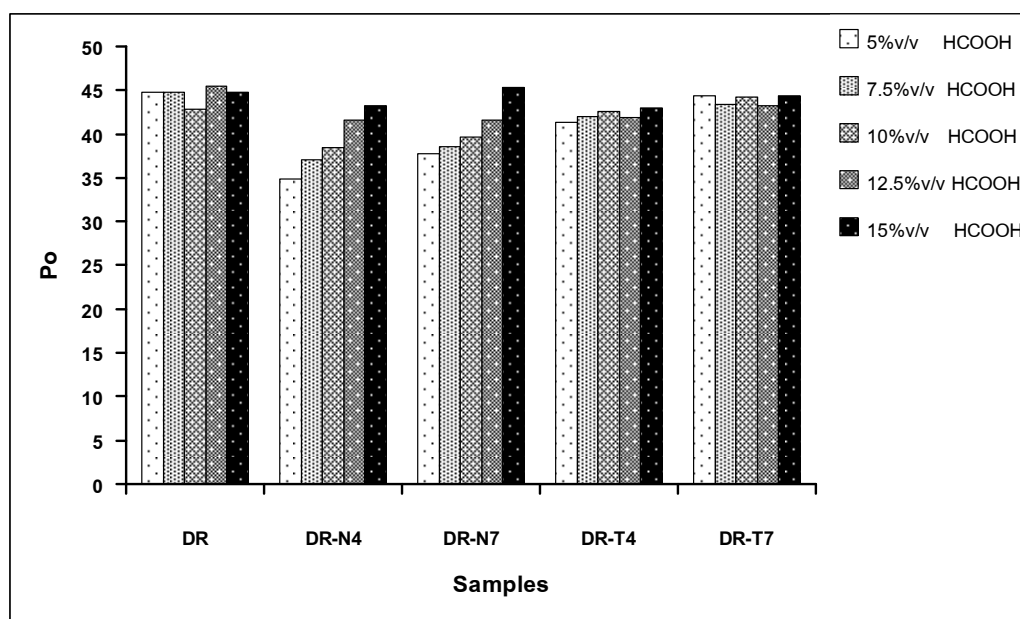
เพิ่มขึ้นของค่า pH และความเสถียรของน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียเนื่องจากน้ำยางที่มีแอมโมเนียสามารถเกิดการไฮโดรไลซิสของโปรตีนและฟอสโฟไลปิดที่ห่อหุ้มอนุภาคยาง โดยโปรตีนเกิดการไฮโดรไลซิสกลายเป็นพอลิเปปไทด์และกรดอะมิโน ส่วนฟอสโฟไลปิดเกิดการไฮโดรไลซิสกลายเป็นสารประกอบพวกกลีเซอรอล อนุมูลฟอสเฟต อินทรีย์เบสและกรดไขมันที่มีโมเลกุลยาว ได้แก่ อะมิโน โอเลอิก และสเตียริก ซึ่งกรดไขมันที่มีโมเลกุลยาวดังกล่าวสามารถทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียเกิดเป็นเกลือของกรดไขมัน ซึ่งเกลือของกรดไขมันที่เกิดขึ้นนี้จะถูกดูดซับอยู่รอบผิวอนุภาคยางและเป็นการช่วยเสริมความคงตัวในสภาพแขวนลอยอยู่ได้

ในการจับตัวน้ำยางด้วยกรดมีกลไกการจับตัว คือ กรดจะสลายตัวให้อิออนบวกของไฮโดรเจน (H^+) สามารถทำให้น้ำยางจับตัวเพราะ H^+ ทำลายอนุมูลอิสระของคาร์บอกซิเลตที่อยู่รอบๆ อนุภาคยาง ซึ่งทำหน้าที่รักษาความเสถียรในการเป็นคอลลอยด์ของน้ำยาง เกิดเป็นกรดไขมัน (fatty acid) ขึ้นรอบๆ อนุภาคยาง ทำให้พลังยึดรอบอนุภาคยางสูญเสียไปและชั้นห่อหุ้มอนุภาคยางแฟบลง ส่งผลให้สถานะความเป็นคอลลอยด์ของน้ำยางเสียไป อนุภาคยางเกิดการเคลื่อนที่มารวมกันและจับตัวเป็นก้อน (วราภรณ์, 2549) การจับตัวน้ำยางด้วยกรดเป็นการทำให้อนุภาคยางมาเกาะรวมกันเป็นก้อนและยังตกตะกอนโปรตีนที่อยู่ในซีรัมมารวมกับก้อนยาง

ตารางที่ 4.15 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 เปรียบเทียบกับแอมโมเนีย เมื่อจับตัวด้วยกรดฟอร์มิกที่ความเข้มข้นต่างๆ

Samples	P_0 / Concentration of formic acid (%v/v)				
	5	7.5	10	12.5	15
DR	44.8	44.7	42.9	45.4	44.7
DR-N4	34.8	37.0	38.4	41.6	43.2
DR-N7	40.8	41.0	39.7	45.4	45.3
DR-T4	39.3	42.0	43.8	40.9	43.2
DR-T7	44.3	43.4	44.2	43.2	45.7

จากตารางที่ 4.15 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียกับระบบที่ใช้สาร TAPP1 กับความเข้มข้นของกรดฟอร์มิกที่ใช้ในการจับตัวน้ำยาง แสดงดังรูปที่ 4.8

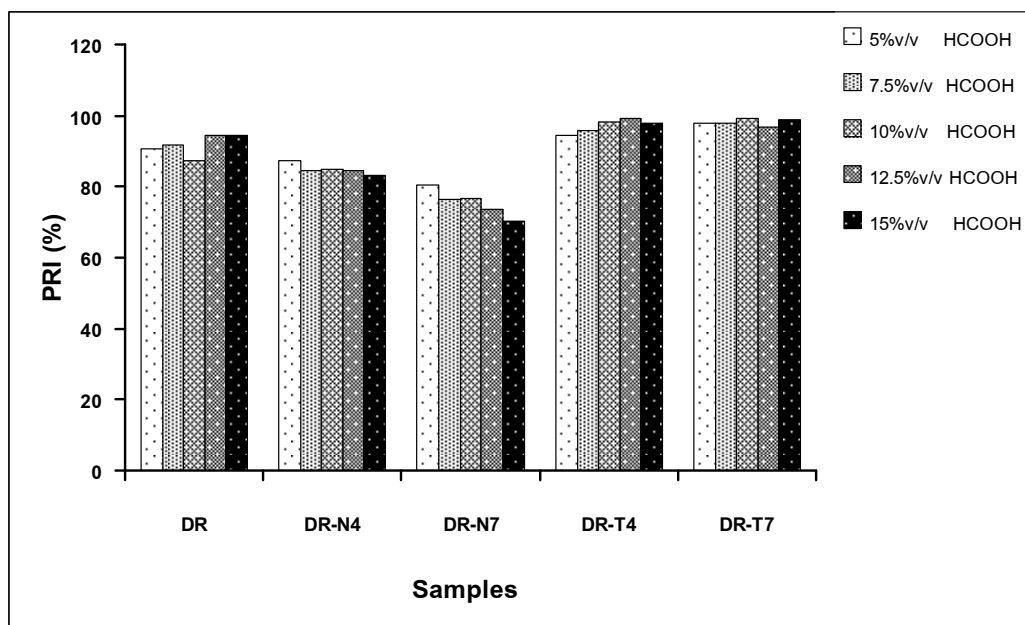


รูปที่ 4.8 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 เปรียบเทียบกับแอมโมเนีย เมื่อใช้กรดฟอร์มิกความเข้มข้นต่างๆ จับตัว

ตารางที่ 4.16 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 เปรียบเทียบกับแอมโมเนีย เมื่อจับตัวด้วยกรดฟอร์มิกที่ความเข้มข้นต่างๆ

Samples	PRI / Concentration of formic acid (%v/v)				
	5	7.5	10	12.5	15
DR	90.6	91.7	87.2	94.5	94.4
DR-N4	84.5	84.9	87.2	84.4	86.1
DR-N7	83.3	76.3	76.8	73.8	70.2
DR-T4	94.4	95.7	98.2	99.3	97.9
DR-T7	97.9	97.9	99.3	92.8	98.9

จากตารางที่ 4.16 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีความอ่อนตัวของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียกับระบบที่ใช้สาร TAPP1 กับความเข้มข้นของกรดฟอร์มิกที่ใช้ในการจับตัวน้ำยาง แสดงดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 เปรียบเทียบกับแอมโมเนีย เมื่อจับตัวด้วยกรดฟอร์มิกที่ความเข้มข้นต่างๆ

จากรูปที่ 4.8 พบว่ายางแห้งที่เตรียมจากน้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย ให้ค่า P_0 ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณแอมโมเนียที่มีอยู่ในน้ำยางและตามความเข้มข้นของกรดฟอร์มิกที่ใช้จับตัวซึ่งมีแนวโน้มเช่นเดียวกับค่าความหนืดมูนี้ ทั้งนี้เนื่องจากน้ำยางสดที่มีแอมโมเนีย โครงสร้างโมเลกุลของยางเกิดการออกซิเดชันกับสารที่ไม่ใช่ยางที่อยู่ในซีรัม เช่น โปรตีนและฟอสโฟไลปิด ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับหมู่อัลดีไฮด์ที่อยู่บนโมเลกุลยาง ทำให้เกิดพันธะเชื่อมโยงของโมเลกุลยาง ค่า P_0 จึงเพิ่มขึ้น แต่ค่า PRI ของยางมีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้กรดฟอร์มิกที่มีความเข้มข้นสูงขึ้นในการจับตัวและปริมาณแอมโมเนียสูงขึ้นเนื่องจากอนุภาคของน้ำยางที่มีแอมโมเนียมีปริมาณโปรตีนและฟอสโฟไลปิดน้อยทำให้โมเลกุลยางเกิดการออกซิเดชันง่าย ความทนทานต่อการเสื่อมสภาพของยางลดลง ซึ่งเห็นว่าน้ำยางที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียปริมาณ 0.70% โดยน้ำหนักน้ำยาง มีการลดลงของค่า PRI แสดงว่ายางแห้งที่ได้มีโมเลกุลที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่ายที่สุดหรือมีต้านทานต่อการแตกหักของโมเลกุลที่อุณหภูมิต่ำสุด ดังแสดงในรูปที่ 4.9

ส่วนยางแห้งที่เตรียมจากน้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 ปริมาณ 0.40 และ 0.70% โดยน้ำหนักน้ำยาง ให้ค่า P_0 ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามความเข้มข้นกรดที่ใช้จับตัว ซึ่งมีแนวโน้มเช่นเดียวกับค่าความหนืดมูนี้ และจากรูปที่ 4.9 จะเห็นว่ายางแห้งที่ได้จากน้ำยางที่รักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 มีค่า PRI ของยางที่สูงและใกล้เคียงกันแม้จะใช้กรดที่มีความเข้มข้นสูงขึ้นจับตัว ทั้งนี้เนื่องจากอนุภาคยางของน้ำยางที่มีสาร TAPP1 อาจเกิดการไฮโดรไลซิสน้อยกว่าน้ำยางที่มีแอมโมเนียหรือมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโปรตีนและฟอส-

โพลีปดน้อยและอาจเนื่องมาจากน้ำยางที่มีสาร TAPP1 มีการหายไปของพวกสาร antioxidant ที่อยู่ในน้ำยางตามธรรมชาติน้อยกว่าน้ำยางที่มีแอมโมเนีย ทำให้ได้ยางแห้งที่มีความทนทานต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเนื่องจากความร้อนสูง

4.2.2 ศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บน้ำยางสดที่รักษาสภาพต่อสมบัติยางแห้ง

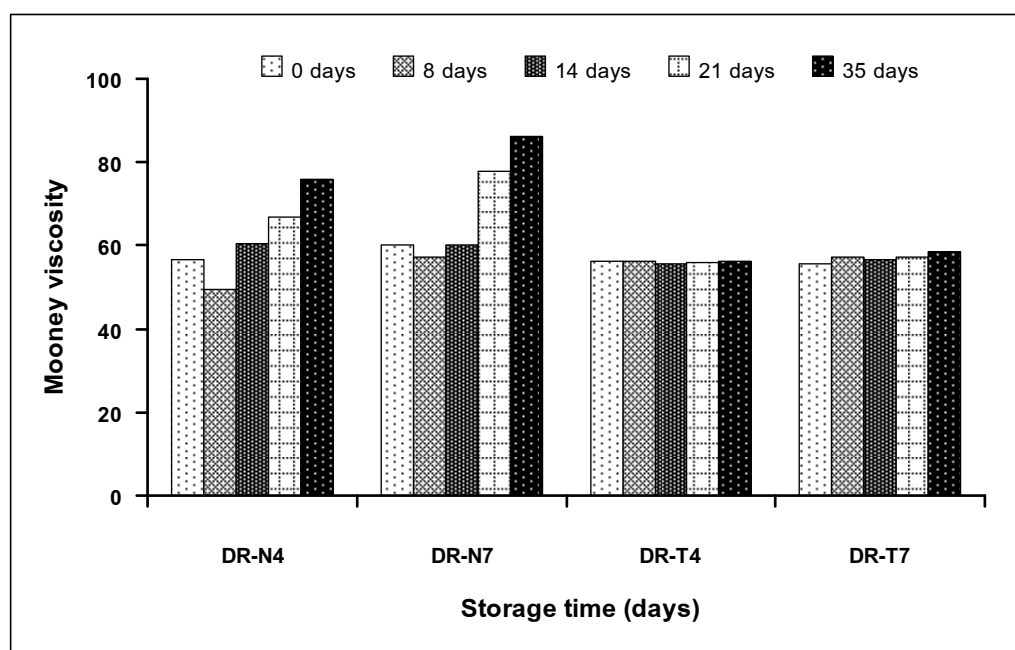
จากการศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย ปริมาณ 0.40 และ 0.70% โดยน้ำหนักน้ำยาง เทียบกับการใช้สาร TAPP1 ปริมาณ 0.4 และ 0.7% โดยน้ำหนักน้ำยาง ไว้เป็นระยะเวลาต่างๆ ต่อสมบัติยางแห้งที่ได้ ตามวิธีการทดลองในหัวข้อ 3.3.2.2 เพื่อศึกษาดูว่าเมื่อเก็บน้ำยางสดเป็นระยะเวลานานขึ้น ยางแห้งที่เตรียมจากน้ำยางสดดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงของค่าความหนืดมูนี่ (Mooney viscosity) ค่า P_0 และค่า PRI มากน้อยเพียงใด ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.17-4.19 และรูปที่ 4.10-4.12

ตารางที่ 4.17 ความหนืดมูนี่ (Mooney viscosity) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดเก็บรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 หรือแอมโมเนีย เมื่อเก็บไว้ในรูปน้ำยางเป็นระยะเวลาต่างๆ

Samples	Mooney viscosity / Storage time* (days)				
	0	8	14	21	35
DR-N4	56.71	49.42	60.53	67.02	75.87
DR-N7	60.07	57.20	60.07	77.90	86.33
DR-T4	56.17	56.20	55.76	56.08	56.34
DR-T7	55.76	57.22	56.75	57.39	58.56

หมายเหตุ: * ระยะเวลาการเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดเป็นระยะเวลาต่างๆ

จากตารางที่ 4.17 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดมูนี่ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 ปริมาณต่างๆ กับการเก็บน้ำยางสดที่ระยะเวลาต่างๆ แสดงดังรูปที่ 4.10



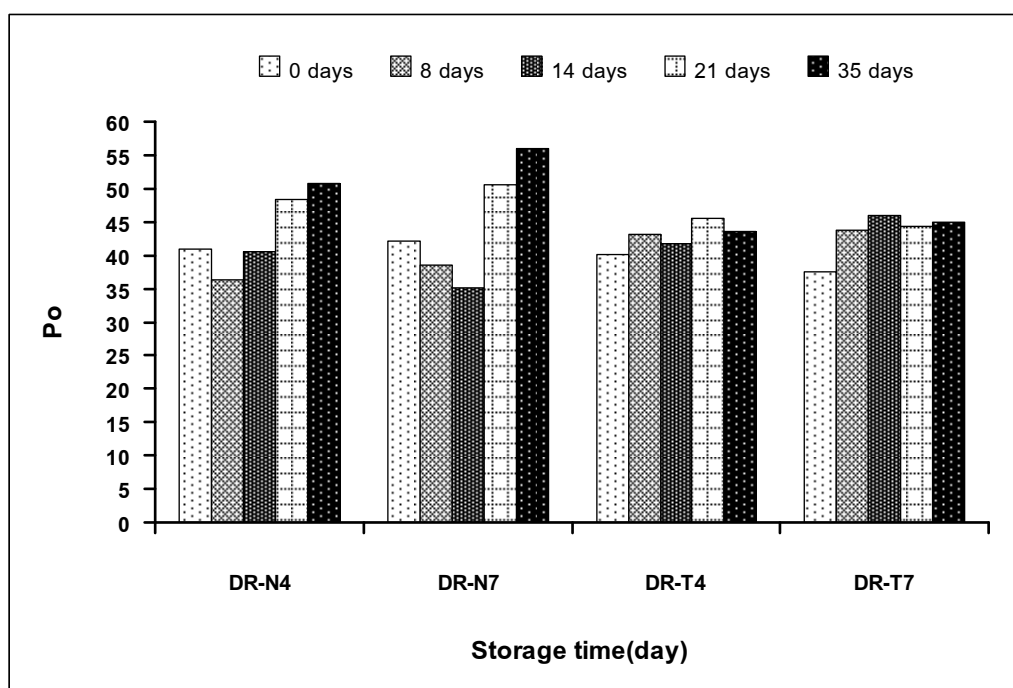
รูปที่ 4.10 ความหนืดมูนนี่ (Mooney viscosity) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 หรือแอมโมเนีย เมื่อเก็บไว้ในรูปน้ำยางเป็นระยะเวลาต่างๆ

ตารางที่ 4.18 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดเก็บรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 หรือแอมโมเนีย เมื่อเก็บไว้ในรูปน้ำยางเป็นระยะเวลาต่างๆ

Samples	P_0 / Storage time* (days)				
	0	8	14	21	35
DR-N4	40.9	36.3	40.5	48.4	50.8
DR-N7	42.2	38.6	35.1	50.6	56.0
DR-T4	40.1	43.1	41.8	45.6	43.5
DR-T7	37.5	43.7	45.9	44.4	44.9

หมายเหตุ: * ระยะเวลาการเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดเป็นระยะเวลาต่างๆ

จากตารางที่ 4.18 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 ปริมาณต่างๆ กับการเก็บน้ำยางสดที่ระยะเวลาต่างๆ แสดงดังรูปที่ 4.11



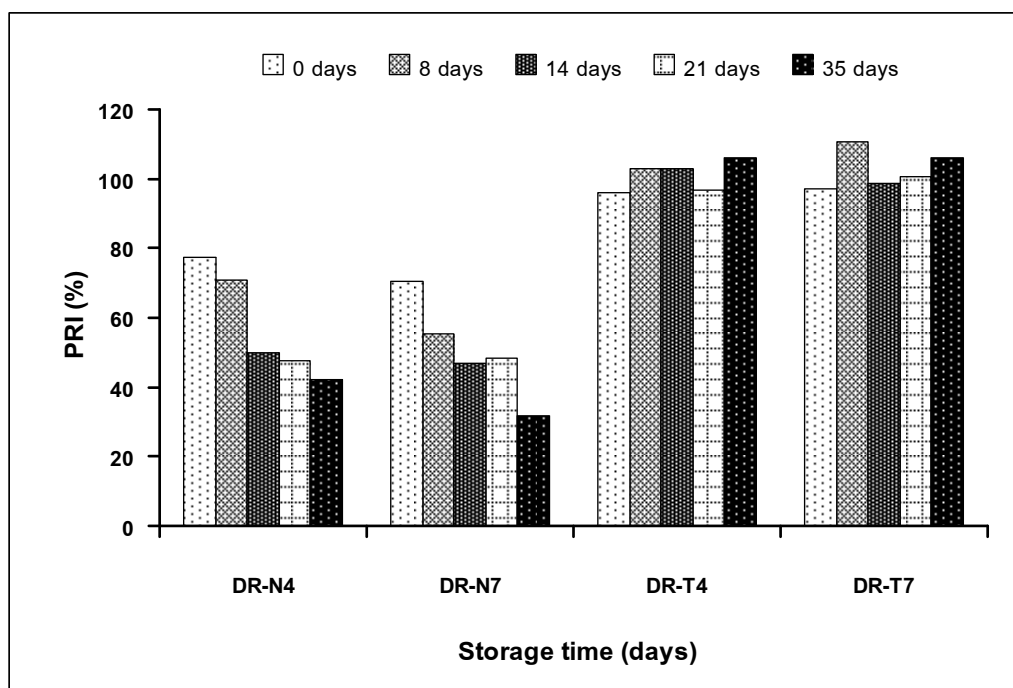
รูปที่ 4.11 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 หรือแอมโมเนีย เมื่อเก็บไว้ในรูปน้ำยางเป็นระยะเวลาต่างๆ

ตารางที่ 4.19 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดเก็บรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 หรือแอมโมเนีย เมื่อเก็บไว้ในรูปน้ำยางเป็นระยะเวลาต่างๆ

Samples	PRI / Storage time* (days)				
	0	8	14	21	35
DR-N4	77.3	70.8	49.9	47.7	42.1
DR-N7	70.4	55.2	47.0	48.2	31.9
DR-T4	96.0	102.8	102.9	96.7	106.2
DR-T7	97.1	110.7	98.9	100.5	106.2

หมายเหตุ: * ระยะเวลาการเก็บรักษาสภาพน้ำยางสดเป็นระยะเวลาต่างๆ

จากตารางที่ 4.19 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีความอ่อนตัวของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 ปริมาณต่างๆ กับการเก็บน้ำยางสดที่ระยะเวลาต่างๆ แสดงดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 หรือแอมโมเนีย เมื่อเก็บไว้ในรูปน้ำยางเป็นระยะเวลาต่างๆ

จากรูปที่ 4.10-4.12 จะเห็นว่าเมื่อเก็บน้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียเป็นระยะเวลานานขึ้น จะให้ค่าความหนืดมูนนี้ที่มีแนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 33.78 และ 43.72% ตามลำดับ แต่ยางแห้งที่เตรียมจากน้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 มีการเพิ่มขึ้นของค่าความหนืดมูนนี้น้อยมาก มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 0.30 และ 5.02% ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำยางที่เก็บรักษาด้วยแอมโมเนียจะมีปริมาณของโปรตีนและฟอสโฟไลปิดที่ห่อหุ้มอนุภาคยางน้อยลง เพราะโปรตีนและฟอสโฟไลปิดสามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสได้ โดยโปรตีนเกิดการไฮโดรไลซิสกลายเป็นพอลิเปปไทด์และกรดอะมิโน ซึ่งกรดอะมิโนดังกล่าวสามารถทำปฏิกิริยากับกลุ่มอัลดีไฮด์ (aldehyde group) ที่อยู่บนโมเลกุลของยางเกิดการเชื่อมโยง (crosslinking) ของโมเลกุลทำให้ความหนืดและค่า P_0 ของยางสูงขึ้น และอาจเนื่องมาจากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียมีพวกโลหะไอออน เช่น แมกนีเซียมซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับแอมโมเนีย เกิดพันธะไอออน (ionic linkage) กับพวกฟอสโฟไลปิดทำให้น้ำยางที่มีแอมโมเนียมีปริมาณเจลเพิ่มขึ้น (Tarachiwin, 2003) ซึ่งอาจส่งผลให้เมื่อเตรียมเป็นยางแห้งทำให้น้ำยางแห้งที่มีความหนืดและค่า P_0 เพิ่มขึ้น เมื่อเก็บยางเป็นระยะเวลานานขึ้น

เมื่อสังเกตลักษณะการจับตัวของน้ำยางที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย พบว่าการจับตัวด้วยกรดยากขึ้นโดยจะจับเป็นก้อนแข็งบางส่วนและมีส่วนของน้ำยางเหลืออยู่ทำให้มีการใช้กรดเพิ่มขึ้น ซึ่งแตกต่างจากน้ำยางที่รักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 ที่สามารถจับตัวเป็นยางเต่าหุ้และจับเนื้อยางได้หมด

ยางแห้งจากน้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย มีค่า PRI ของยางลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเก็บน้ำยางสดไว้เป็นเวลานาน และพบว่าน้ำยางที่มีปริมาณแอมโมเนียสูงทำให้ได้ยางแห้งที่มีค่า PRI ที่ลดต่ำลงเรื่อยๆ เนื่องจากโมเลกุลยางเกิดการออกซิเดชันกับสารที่ไม่ใช่ยางในซีรัม ส่วนน้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 จะให้ยางแห้งที่มีค่า PRI ที่สูง กล่าวคือ มีความต้านทานต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันสูง จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 ที่เก็บไว้เป็นระยะเวลาต่างๆ เมื่อนำมาเตรียมยางแห้งจะให้ยางแห้งที่มีค่าความหนืดมูนี้ ค่า P_0 และค่า PRI ใกล้เคียงกับยางแห้งที่ได้จากน้ำยางที่ไม่ทำการเก็บรักษา คือ จับตัวน้ำยางทันทีหลังเติมสารรักษาสภาพ

ตารางที่ 4.20 สมบัติของยางแห้งที่เตรียมได้จากน้ำยางสดที่รักษาสภาพไว้เป็นระยะเวลา 1, 8 และ 35 วัน

Samples/ Properties	Ash content (%wt.)			Dirt content (%wt.)			Nitrogen content (%wt.)		
	Storage time* (days)								
	0	8	35	0	8	35	0	8	35
DR-N4	0.30	0.30	0.08	0.020	0.037	0.009	0.33	0.36	0.30
DR-N7	0.31	0.25	0.06	0.026	0.037	0.011	0.33	0.35	0.33
DR-T4	0.27	0.25	0.24	0.035	0.013	0.014	0.32	0.35	0.34
DR-T7	0.26	0.24	0.22	0.024	0.015	0.018	0.32	0.35	0.38

หมายเหตุ: * ระยะเวลาการเก็บน้ำยางสดรักษาสภาพ

4.3 ศึกษาสมบัติยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดแหล่งต่าง ๆ

จากการศึกษาการเก็บตัวอย่างน้ำยางสดจากแหล่งต่างๆ จำนวน 3 แหล่ง คือ สงขลา ตรัง และ สุราษฎร์ธานีแล้วนำมาเติมสารรักษาสภาพน้ำยาง TAPP1 เทียบกับการใช้แอมโมเนีย ปริมาณ 0.40% โดยน้ำหนักน้ำยาง เท่าๆ กัน และเก็บรักษาสภาพน้ำยางไว้เป็นระยะเวลา 0, 7 และ 30 วัน จากนั้นเตรียมเป็นยางแห้ง ตามวิธีการทดลองในหัวข้อ 3.3.3 เพื่อดูสมบัติยางแห้งที่ได้จากน้ำยางที่มีแหล่งปลูกแตกต่างกัน

ตารางที่ 4.21 ความหนืดมูนนี่ ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยาง
 แห่งที่ได้จากน้ำยางสดจังหวัดสงขลา เมื่อเก็บไว้ในรูปน้ำยางเป็นเวลาต่างๆ

Samples / Properties	Mooney viscosity			P_0			PRI		
	Storage time* (days)								
	0	8	35	0	8	35	0	8	35
DR-T4	56.17	56.74	56.34	40.1	43.1	43.5	96.0	102.8	106.2
DR-N4	56.71	49.42	75.87	40.9	36.3	50.8	77.3	70.8	40.2

หมายเหตุ: * ระยะเวลาการเก็บน้ำยางสดรักษาสภาพ

ตารางที่ 4.22 ความหนืดมูนนี่ ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยาง
 แห่งที่ได้จากน้ำยางสดจังหวัดสุราษฎร์ธานี เมื่อเก็บไว้ในรูปน้ำยางเป็นเวลา
 ต่างๆ

Samples / Properties	Mooney viscosity			P_0			PRI		
	Storage time* (days)								
	0	7	30	0	7	30	0	7	30
DR-T4	60.42	62.43	x	46.7	50.6	x	76.0	82.6	x
DR-N4	44.87	67.81	x	33.7	47.5	x	82.8	78.7	x

หมายเหตุ: * ระยะเวลาการเก็บน้ำยางสดรักษาสภาพ

x น้ำยางเสียสภาพก่อนจับตัว

ตารางที่ 4.23 ความหนืดมูนนี่ ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยาง
 แห่งที่ได้จากน้ำยางสดจังหวัดตรัง เมื่อเก็บไว้ในรูปน้ำยางเป็นเวลาต่างๆ

Samples / Properties	Mooney viscosity			P_0			PRI		
	Storage time* (days)								
	0	7	30	0	7	30	0	7	30
DR-T4	60.92	61.75	64.57	47.9	50.7	53.3	99.4	102.2	100.4
DR-N4	65.53	68.41	68.23	48.4	50.9	55.2	78.7	89.0	66.8

หมายเหตุ: * ระยะเวลาการเก็บน้ำยางสดรักษาสภาพ

ตารางที่ 4.24 ผลของแหล่งน้ำยางสดต่าง ๆ ต่อสมบัติยางแห้ง เมื่อรักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย หรือสาร TAPP1

Properties / Source	Songkhla		Suratthani		Trang	
	DR-N4	DR-T4	DR-N4	DR-T4	DR-N4	DR-T4
Dirt content, (%wt)	0.020	0.035	0.017	0.011	0.005	0.004
Ash content, (%wt)	0.30	0.27	0.16	0.19	0.12	0.13
Nitrogen content, (%wt)	0.33	0.32	0.94	1.01	0.94	0.96

ตารางที่ 4.22-4.23 แสดงค่าความหนืดมูนนี้ ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และค่าดัชนีความอ่อนตัวของยางแห้งจากน้ำยางที่เก็บรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 7 และ 30 วัน โดยใช้น้ำยางสดจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อศึกษาสมบัติยางแห้งที่ได้เมื่อเก็บน้ำยางไว้เป็นระยะเวลานานขึ้น พบว่าน้ำยางสดจากแหล่งต่าง ๆ ที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 0, 7 และ 30 วัน จากนั้นนำมาจับตัวเตรียมเป็นยางแห้ง ยางแห้งที่ได้มีค่าความหนืดมูนนี้และค่า P_0 มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บในรูปแบบน้ำยาง ซึ่งยางแห้งที่ได้จากน้ำยางที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียมีอัตราการเพิ่มขึ้นของค่าความหนืดมูนนี้และค่า P_0 สูงกว่ายางแห้งจากน้ำยางที่รักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 และพบว่าเมื่อเก็บรักษาน้ำยางเป็นเวลานานขึ้น ยางแห้งจากน้ำยางรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 มีระดับค่า PRI เหมือนกับยางแห้งจากการจับตัวน้ำยางทันทีหลังเติมสารรักษาสภาพ

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.24 จะเห็นว่าปริมาณสิ่งสกปรก ปริมาณเถ้า และปริมาณไนโตรเจนของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดแหล่งต่าง ๆ มีความแตกต่างกันไม่ว่าจะรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1

4.4 การศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บยางแห้งต่อสมบัติยางแห้งที่เตรียมได้

ศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บยางแห้งต่อสมบัติด้านความหนืดและความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) เนื่องจากการศึกษาพบว่าเมื่อเก็บยางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลานาน ๆ ส่งผลให้ความหนืดของยางเพิ่มขึ้น ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับอายุ และพันธุ์ของยาง (พรรษา, 2538) ซึ่งส่งผลต่อกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยางต่าง ๆ เนื่องจากต้องใช้พลังงานและเวลาในการบดยางสูงขึ้น ในการทดลองนี้จึงเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดที่ทำกรักษาสภาพด้วยสารรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของความหนืดมูนนี้ ความอ่อนตัวเริ่มต้น และดัชนีความอ่อนตัวของยางที่ได้จากแหล่งน้ำยางสดที่ต่าง ๆ เปรียบเทียบกัน ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.26-4.33 และรูปที่ 4.13-4.36

ตารางที่ 4.25 ความหนืดมูนนี่ที่เพิ่มขึ้นของยางแห้งที่เตรียมจากน้ำยางที่รักษาสภาพจาก
จังหวัดต่างๆ เมื่อเก็บยางแห้งเป็นระยะเวลา 240 วัน

Storage time* (days) / Source	Songkhla		Suratthani		Trang	
	DR-N4	DR-T4	DR-N4	DR-T4	DR-N4	DR-T4
0	0-8	0-15	0-7	0-5	0-6	0-6
7	0-21	0-21	0-11	0-5	0-10	0-9
30	0-14	0-14	x	x	0-15	0-7

หมายเหตุ: * ระยะเวลาการเก็บยางแห้งเป็นเวลาต่างๆ

x น้ำยางเสียสภาพก่อนจับตัว

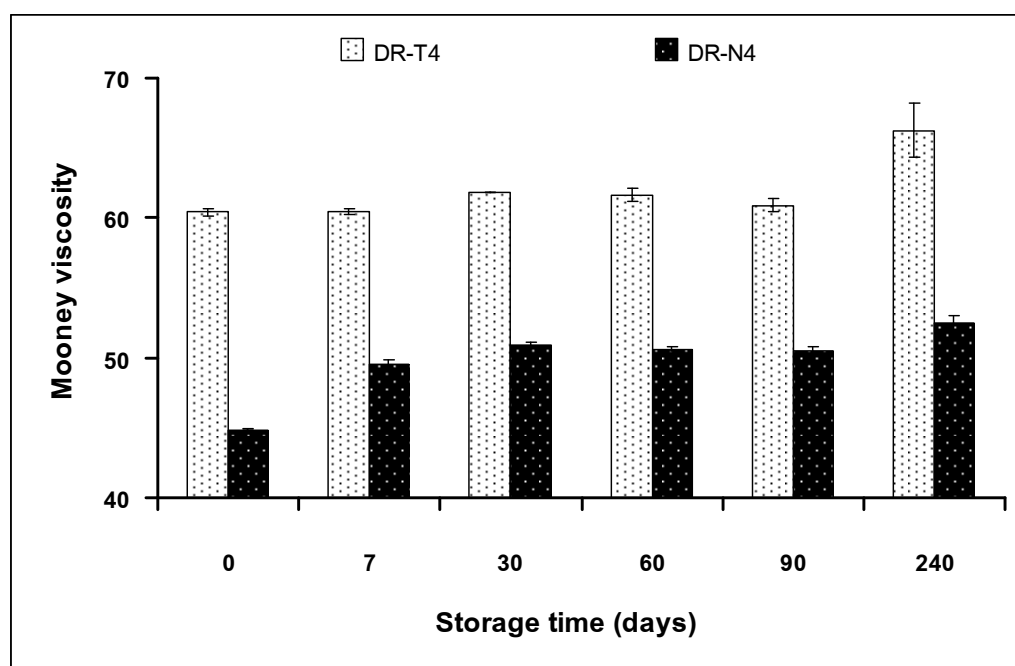
จากตารางที่ 4.25 พบว่ายางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดแหล่งต่างๆ เก็บรักษา
สภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 และเก็บยางไว้ในรูปของยางแห้งที่อุณหภูมิห้องเป็น
ระยะเวลา 240 วัน ค่าความหนืดมูนนี่มีค่าเพิ่มขึ้นทุกตัวอย่าง โดยยางแห้งที่ได้จากน้ำยางที่
รักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 เก็บไว้เป็นเวลานาน มีการเพิ่มขึ้นของค่าความหนืดมูนนี่ที่น้อย
กว่ายางแห้งจากน้ำยางที่ใช้แอมโมเนียรักษาสภาพ ซึ่งเพิ่มขึ้นในช่วง 5-15 หน่วย การมี
แอมโมเนียอยู่ในน้ำยางเป็นการส่งเสริมให้โมเลกุลยางเกิดการออกซิเดชันกับส่วนที่ไม่ใช่ยาง
เช่น โปรตีน และฟอสโฟไลปิด เป็นต้น จึงส่งผลให้ความหนืดมูนนี่เพิ่มขึ้นสูง ซึ่งเพิ่มขึ้นในช่วง
6-21 หน่วย การเพิ่มขึ้นของค่าความหนืดมูนนี่ อาจเนื่องจากโครงสร้างโมเลกุลของยางมีอนุกรม
หมู่อัลดีไฮด์หรือพวกกลุ่มคาร์บอนิลอยู่อย่างกระจัดกระจายทำให้เกิดการเชื่อมโยงแบบพันธะ
ไฮโดรเจนระหว่างโครงสร้างโมเลกุลของยางมีผลทำให้ค่าความหนืดมูนนี่สูงขึ้น

ตารางที่ 4.26 ความหนืดมูนนี่ ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของ
ยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดจังหวัดสุราษฎร์ธานีที่รักษาสภาพไว้ 0 วัน เมื่อเก็บ
ยางแห้งไว้เป็นระยะเวลา 240 วัน

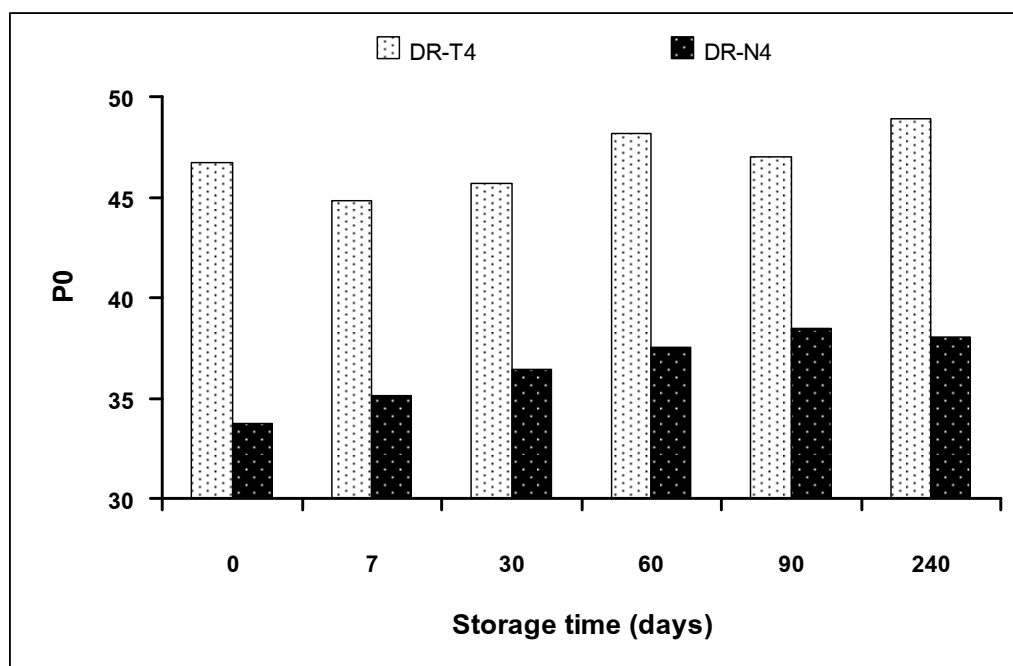
Properties / Storage time* (days)	Mooney viscosity		P_0		PRI	
	DR-T4	DR-N4	DR-T4	DR-N4	DR-T4	DR-N4
0	60.42 ± 0.05	44.87 ± 0.02	46.7	33.7	76.0	82.8
7	60.47 ± 0.46	49.55 ± 0.20	44.8	35.1	91.5	90.0
30	61.79 ± 0.20	50.95 ± 0.25	45.7	36.4	87.1	83.0
60	61.64 ± 0.18	50.63 ± 0.25	48.2	37.5	83.2	82.7
90	60.91 ± 0.21	50.51 ± 0.78	47.0	38.5	84.7	77.1
240	66.24 ± 0.19	52.46 ± 0.15	48.9	38.0	85.7	76.3

หมายเหตุ: * ระยะเวลาการเก็บยางแห้งเป็นเวลาต่างๆ

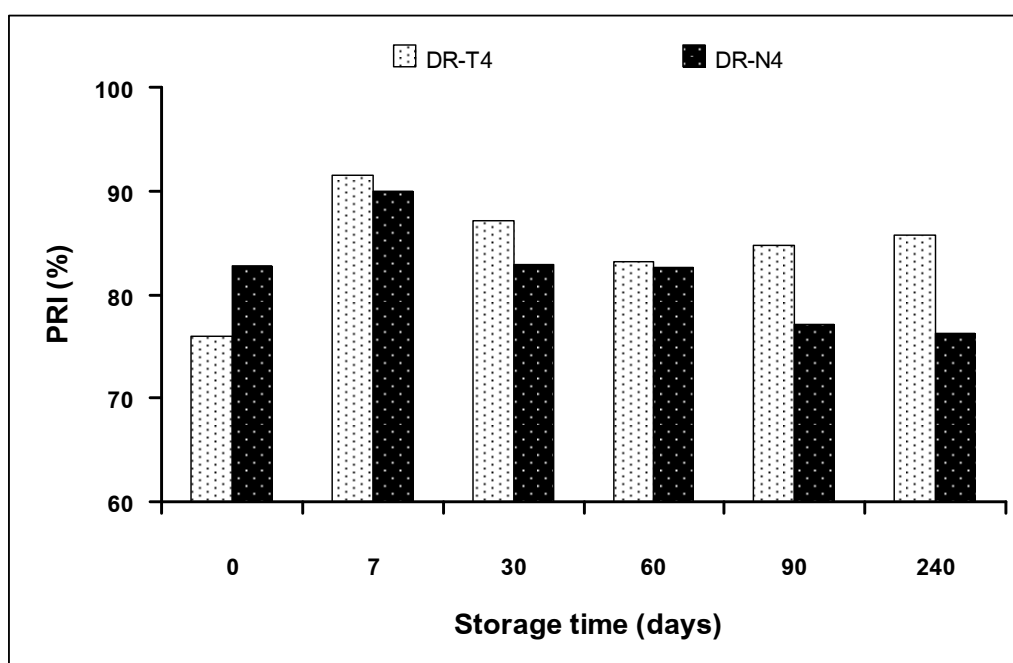
จากตารางที่ 4.26 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดมูนี ค่า P_0 และค่า PRI ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 หรือแอมโมเนียซึ่งใช้น้ำยางสดจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี กับระยะเวลาการเก็บยางแห้งเป็นเวลา 240 วัน ดังแสดงในรูปที่ 4.13-4.15



รูปที่ 4.13 ความหนืดมูนี (Mooney viscosity) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 0 วัน เมื่อนำน้ำยางสดจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี



รูปที่ 4.14 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 0 วัน เมื่อน้ำยางสดจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี



รูปที่ 4.15 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 0 วัน เมื่อน้ำยางสดจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี

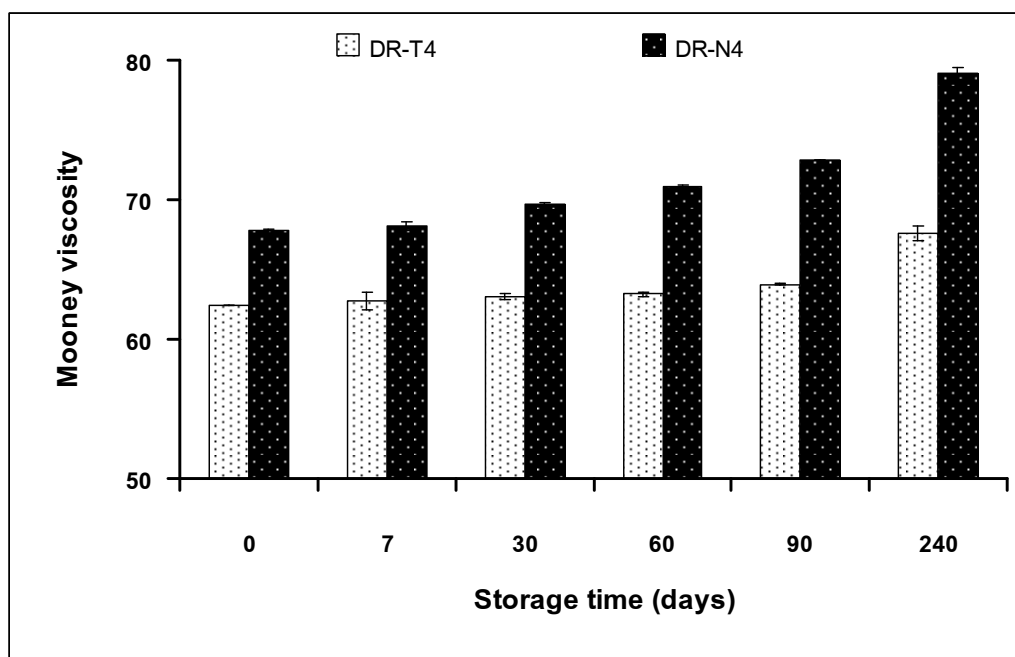
ตารางที่ 4.26 และรูปที่ 4.13-4.15 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความหนืดมูนี่ ค่า P_0 และ PRI ของยางแห้งจากน้ำยางสดที่จับตัวทันทีหลังเติมสารรักษาสภาพ โดยใช้ น้ำยางสดจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี และเก็บไว้ในรูปยางแห้งเป็นระยะเวลา 240 วัน พบว่าค่าความหนืดมูนี่ และ ค่า P_0 ของยางแห้งจากน้ำยางที่เติมสาร TAPP1 หรือแอมโมเนีย 0.40% โดยน้ำหนักน้ำยาง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ค่า PRI ของยางแห้งจากน้ำยางที่เติมสาร TAPP1 มีค่าค่อนข้างคงที่ แต่ค่า PRI ของยางแห้งจากน้ำยางที่เติมแอมโมเนียมีแนวโน้มลดลง อาจเนื่องมาจากเมื่อยางแห้งไว้เป็นเวลานานขึ้น ยางถูกออกซิไดซ์ด้วยออกซิเจนในอากาศส่งผลให้ค่า PRI ลดลง

ตารางที่ 4.27 ความหนืดมูนี่ ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดจังหวัดสุราษฎร์ธานีที่รักษาสภาพไว้ 7 วัน เมื่อเก็บยางแห้งไว้เป็นระยะเวลา 240 วัน

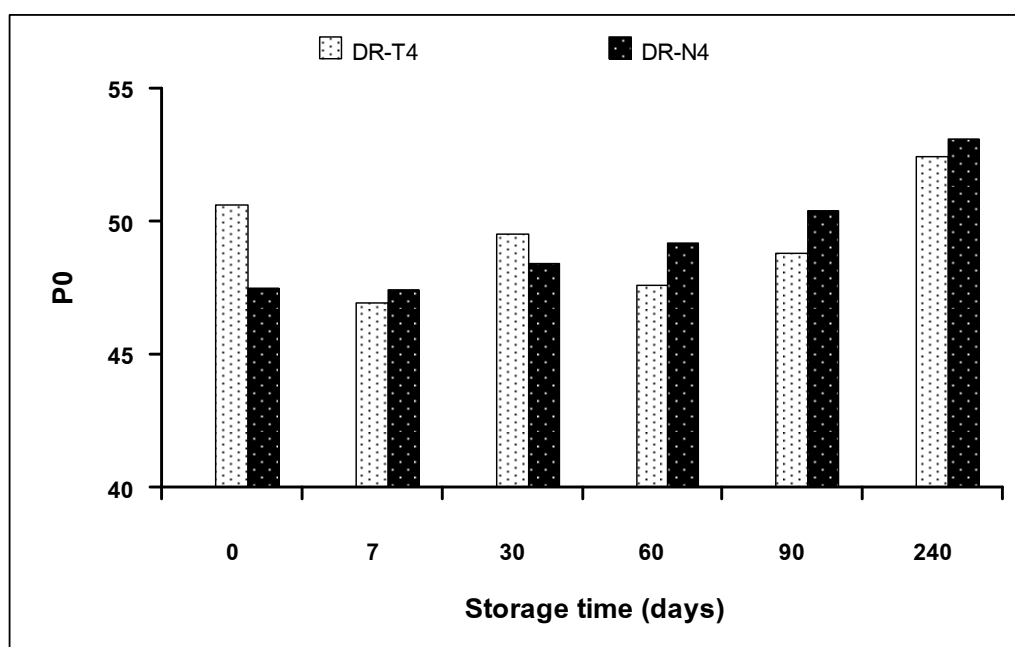
Properties / Storage time* (days)	Mooney viscosity		P_0		PRI	
	DR-T4	DR-N4	DR-T4	DR-N4	DR-T4	DR-N4
0	62.43 ± 0.04	67.81 ± 0.11	50.6	47.5	82.6	78.7
7	62.75 ± 0.64	68.14 ± 0.31	46.9	47.4	88.9	73.8
30	63.06 ± 0.21	69.65 ± 0.10	49.5	48.4	91.5	78.9
60	63.23 ± 0.17	70.92 ± 0.08	47.6	49.2	93.9	79.5
90	63.92 ± 0.06	72.87 ± 0.02	48.8	50.2	86.9	75.4
240	67.61 ± 0.52	79.06 ± 0.40	52.4	53.1	82.3	65.7

หมายเหตุ: * ระยะเวลาการเก็บยางแห้งเป็นเวลาต่างๆ

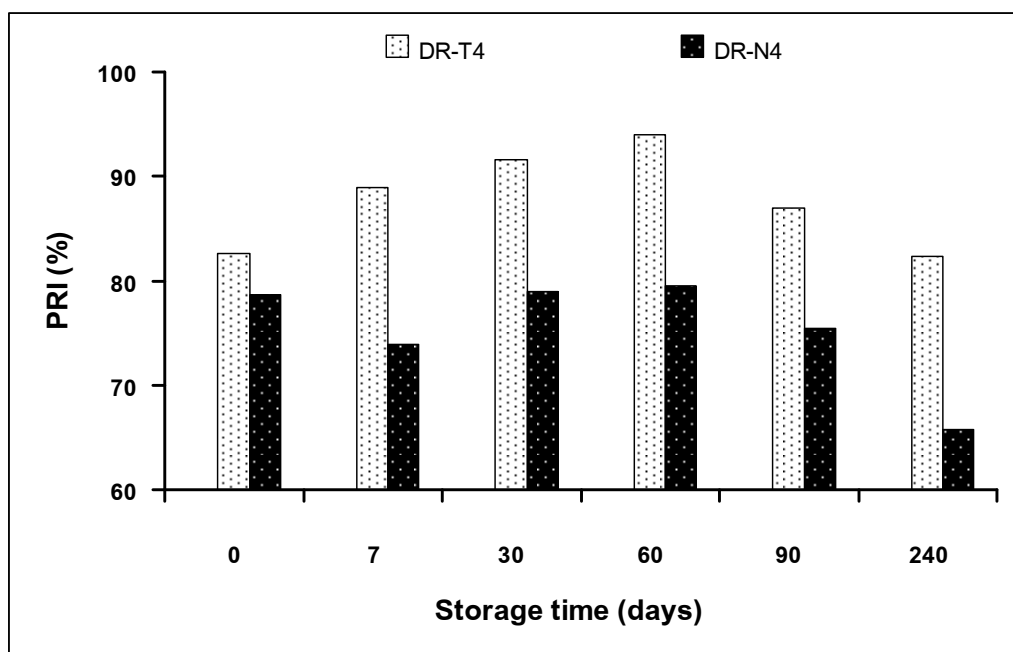
จากตารางที่ 4.27 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดมูนี่ ค่า P_0 และ PRI ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 หรือแอมโมเนีย เป็นเวลา 7 วัน ซึ่งใช้น้ำยางสดจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี กับระยะเวลาการเก็บยางแห้งเป็นเวลา 240 วัน ดังแสดงในรูปที่ 4.16-4.18



รูปที่ 4.16 ความหนืดมูนนี่ (Mooney viscosity) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 7 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี



รูปที่ 4.17 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 7 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี



รูปที่ 4.18 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 7 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี

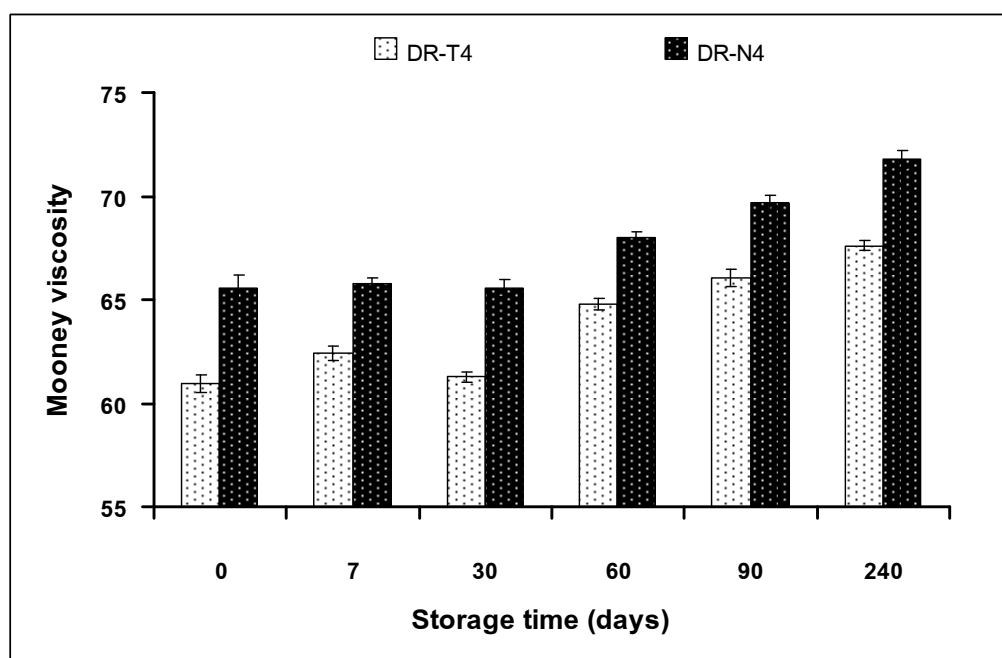
ตารางที่ 4.27 และรูปที่ 4.16-4.18 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความหนืดมูนี้ ค่า P_0 และ PRI ของยางแห้งจากน้ำยางที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นเวลา 7 วันในรูปน้ำยาง โดยใช้น้ำยางสดจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี และเก็บไว้ในรูปยางแห้งเป็นระยะเวลา 240 วัน พบว่าค่าความหนืดมูนี้และค่า P_0 ในช่วง 3 เดือนแรก มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย หลังจากนั้นมีความหนืดมูนี้เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยค่าความหนืดมูนี้ของยางแห้งจากน้ำยางที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 มีค่าเพิ่มขึ้น 12 และ 5 หน่วย ตามลำดับ ค่า PRI ของยางแห้งจากน้ำยางที่เก็บรักษาสภาพด้วย TAPP1 มีค่าค่อนข้างสูงแต่ค่า PRI ของยางแห้งจากน้ำยางที่เติมแอมโมเนียมีความหนืดมูนี้ลดลง

ตารางที่ 4.28 ความหนืดมูนี่ ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดจังหวัดตรังที่รักษาสภาพไว้ 0 วัน เมื่อเก็บยางแห้งไว้เป็นระยะเวลา 240 วัน

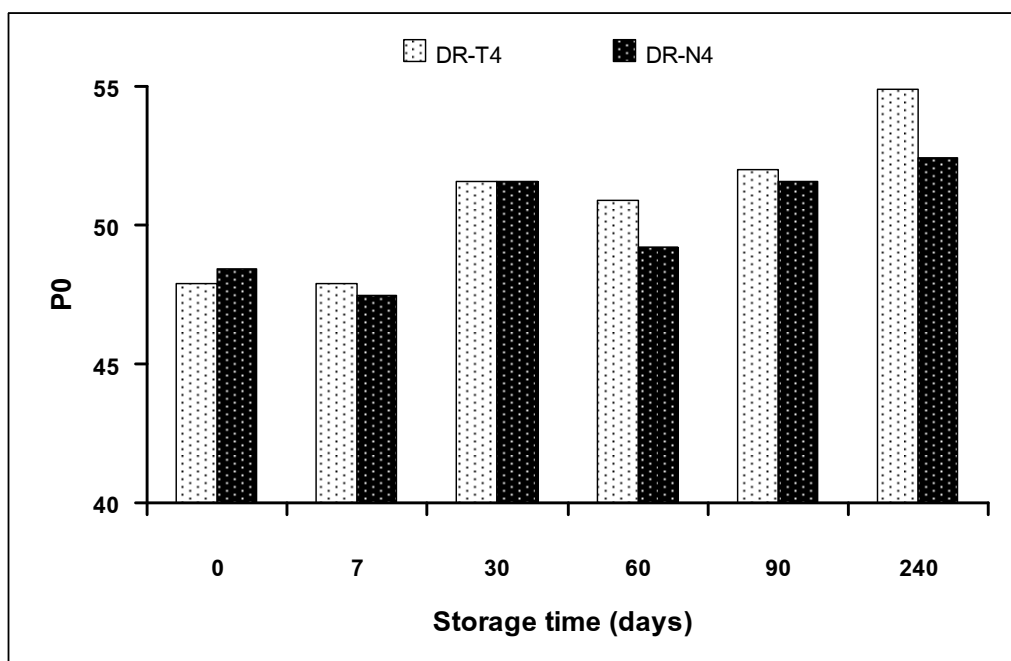
Properties / Storage time* (days)	Mooney viscosity		P_0		PRI	
	DR-T4	DR-N4	DR-T4	DR-N4	DR-T4	DR-N4
0	60.93 ± 0.41	65.54 ± 0.63	47.9	48.4	99.4	78.7
7	62.41 ± 0.35	65.78 ± 0.27	47.9	47.5	96.9	76.2
30	61.26 ± 0.25	65.55 ± 0.41	51.6	51.6	88.6	71.7
60	64.81 ± 0.27	68.03 ± 0.29	50.9	49.2	97.8	75.2
90	66.04 ± 0.42	69.67 ± 0.37	52.0	51.6	97.3	66.1
240	67.62 ± 0.25	71.75 ± 0.42	54.9	52.4	87.8	66.8

หมายเหตุ: * ระยะเวลาการเก็บยางแห้งเป็นเวลาต่างๆ

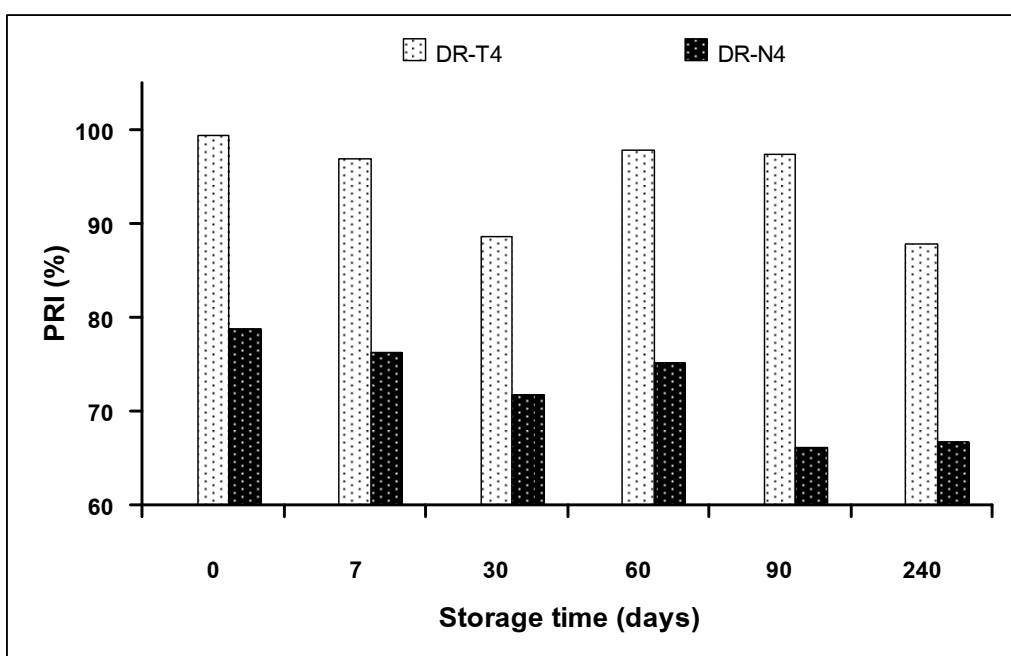
จากตารางที่ 4.28 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดมูนี่ ค่า P_0 และ PRI ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 หรือแอมโมเนียเป็นเวลา 0 วัน ซึ่งใช้น้ำยางสดจากจังหวัดตรัง กับระยะเวลาการเก็บยางแห้งเป็นเวลา 240 วัน ดังแสดงในรูปที่ 4.19-4.21



รูปที่ 4.19 ความหนืดมูนี่ (Mooney viscosity) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 0 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดตรัง



รูปที่ 4.20 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 0 วัน เมื่อนำยางสดจากจังหวัดตรัง



รูปที่ 4.21 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 0 วัน เมื่อนำยางสดจากจังหวัดตรัง

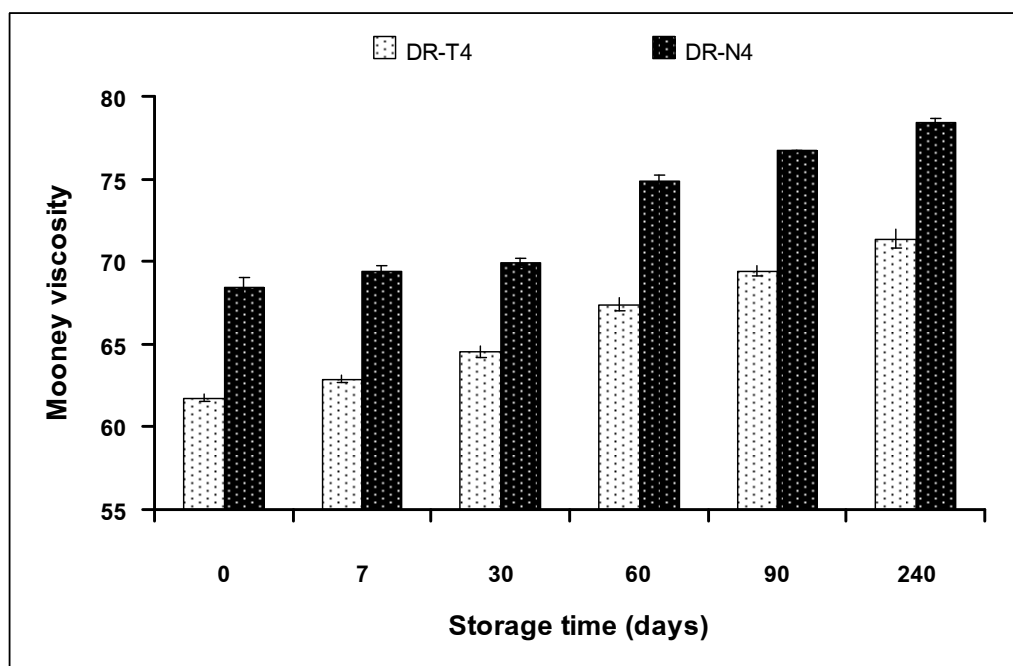
ตารางที่ 4.28 และรูปที่ 4.19-4.21 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความหนืดมูนี ค่า P_0 และ PRI ของยางแห้งจากน้ำยางที่จับตัวทันทีหลังเติมสารรักษาสภาพโดยใช้ น้ำยางสดจากจังหวัดตรัง และเก็บไว้ในรูปยางแห้งเป็นระยะเวลา 240 วัน พบว่าค่าความหนืดมูนี และค่า P_0 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกตัวอย่าง ยางแห้งจากน้ำยางที่เติมแอมโมเนียให้ค่าความหนืดมูนีที่สูงกว่าน้ำยางที่เติมสาร TAPP1 ค่า PRI ของยางแห้งจากน้ำยางที่เติมสาร TAPP1 มีค่าค่อนข้างคงที่และมีค่าสูง แต่ค่า PRI ของยางแห้งจากน้ำยางที่เติมแอมโมเนียมีแนวโน้มลดลง

ตารางที่ 4.29 ความหนืดมูนี ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดจังหวัดตรังที่รักษาสภาพไว้ 7 วัน เมื่อเก็บยางแห้งไว้เป็นระยะเวลา 240 วัน

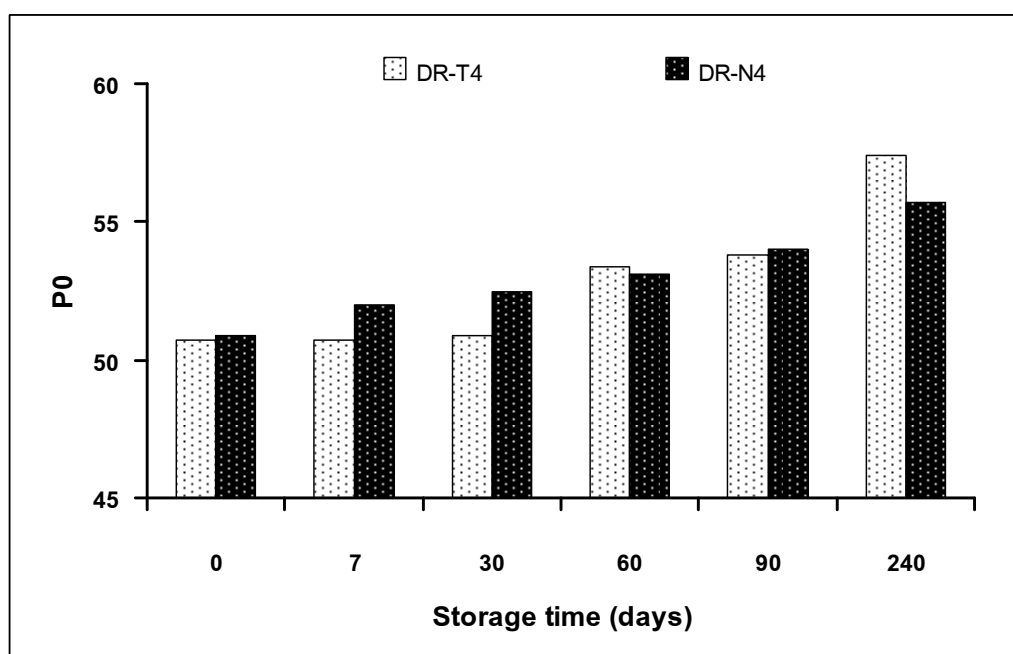
Properties / Storage time* (days)	Mooney viscosity		P_0		PRI	
	DR-T4	DR-N4	DR-T4	DR-N4	DR-T4	DR-N4
0	61.75 ± 0.21	68.41 ± 0.61	50.7	50.9	102.2	89.0
7	62.89 ± 0.23	69.39 ± 0.37	50.7	52.0	98.6	84.8
30	64.54 ± 0.34	96.92 ± 0.28	50.9	52.5	102.0	84.2
60	67.38 ± 0.41	74.91 ± 0.31	53.4	53.1	102.8	86.8
90	69.44 ± 0.32	76.70 ± 0.07	53.8	54.0	99.3	84.8
240	71.37 ± 0.56	78.45 ± 0.19	57.4	55.7	93.6	80.6

หมายเหตุ: * ระยะเวลาการเก็บยางแห้งเป็นเวลาต่างๆ

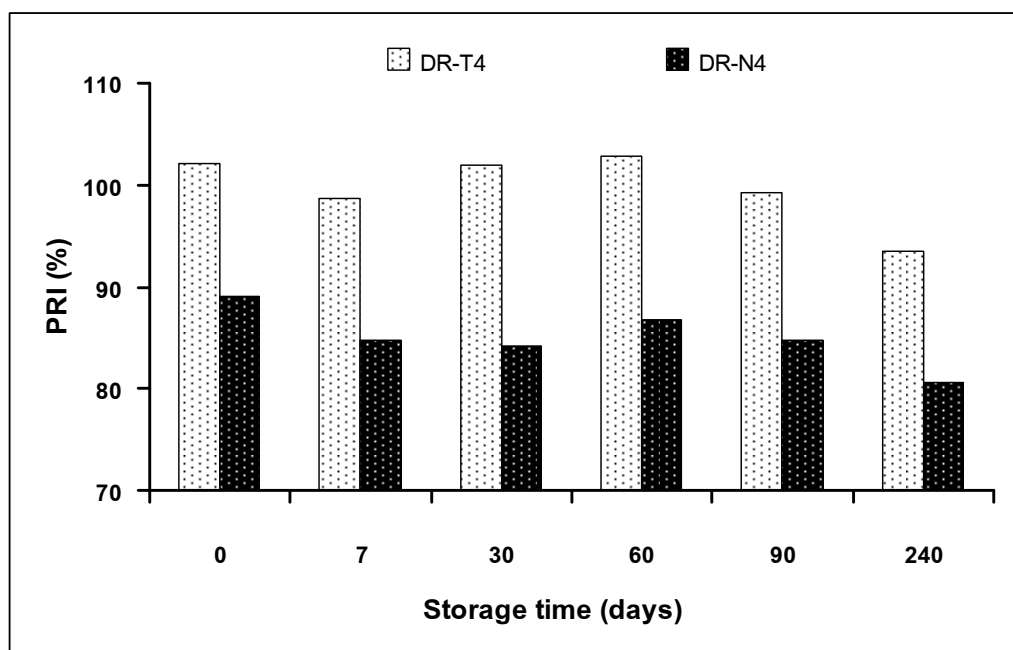
จากตารางที่ 4.29 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดมูนี ค่า P_0 และค่า PRI ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 หรือแอมโมเนียเป็นเวลา 7 วัน ซึ่งใช้น้ำยางสดจากจังหวัดตรัง กับระยะเวลาการเก็บยางแห้งเป็นเวลา 240 วัน ดังแสดงในรูปที่ 4.22-4.24



รูปที่ 4.22 ความหนืดมูนนี่ (Mooney viscosity) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 7 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดตรัง



รูปที่ 4.23 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 7 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดตรัง



รูปที่ 4.24 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 7 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดตรัง

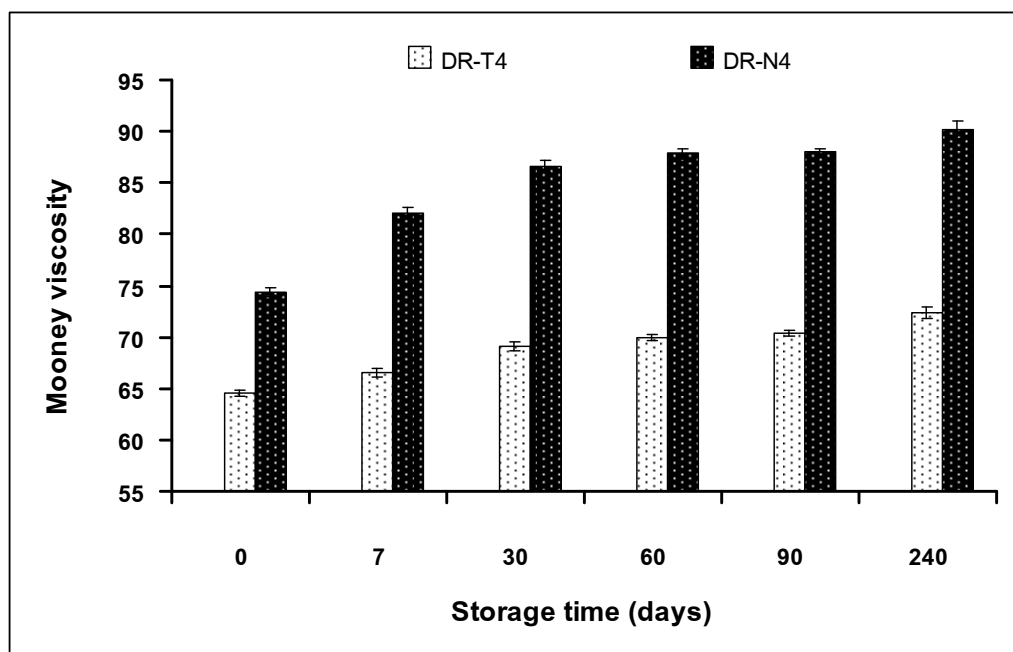
ตารางที่ 4.29 และรูปที่ 4.22-4.24 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความหนืด-มูนนี้ ค่า P_0 และค่า PRI ของยางแห้งจากน้ำยางที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียและสาร TAPP1 เป็นเวลา 7 วันในรูปน้ำยาง โดยใช้น้ำยางสดจากจังหวัดตรัง และเก็บไว้ในรูปยางแห้งเป็นระยะเวลา 240 วัน พบว่าค่าความหนืดมูนนี้และค่า P_0 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยค่าความหนืดมูนนี้ของยางแห้งจากน้ำยางรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 ปริมาณต่างๆ มีค่าที่ใกล้เคียงกัน ค่า PRI ของยางแห้งจากน้ำยางรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 มีค่าค่อนข้างคงที่ในช่วงแรกและอยู่ในระดับสูง แต่ค่า PRI ของยางแห้งจากน้ำยางที่เติมแอมโมเนียมีแนวโน้มลดลง

ตารางที่ 4.30 ความหนืดมูนนี่ ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดจังหวัดตรังที่รักษาสภาพไว้ 30 วัน เมื่อเก็บยางแห้งไว้เป็นระยะเวลา 240 วัน

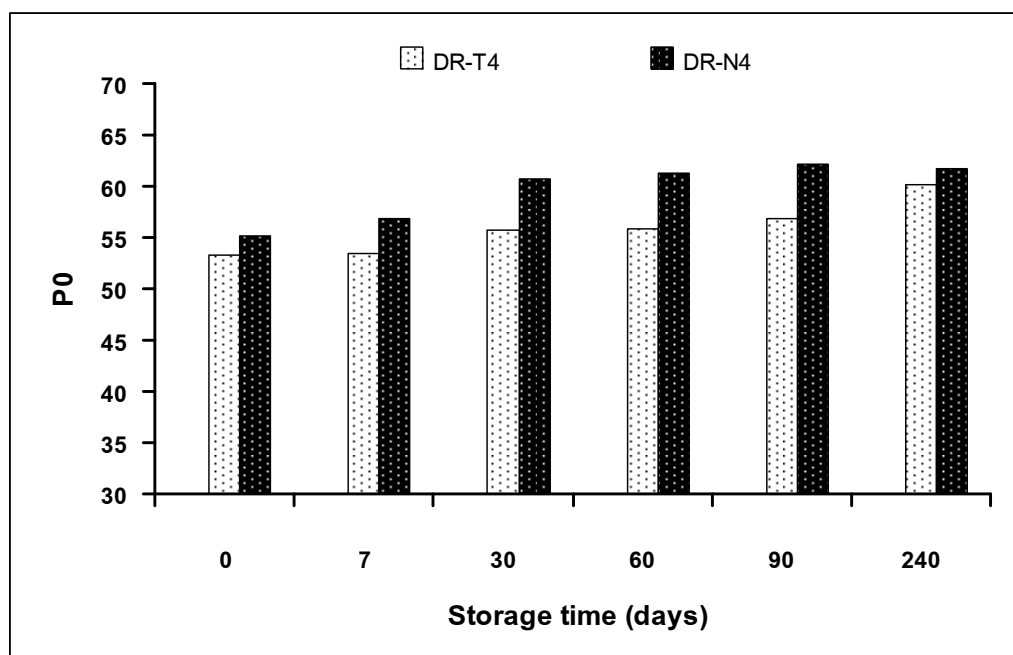
Properties / Storage time* (days)	Mooney viscosity		P_0		PRI	
	DR-T4	DR-N4	DR-T4	DR-N4	DR-T4	DR-N4
0	64.58 ± 0.31	74.34 ± 0.42	53.3	55.2	100.4	66.8
7	66.55 ± 0.47	82.10 ± 0.57	53.5	56.9	99.3	64.1
30	69.04 ± 0.43	86.62 ± 0.52	55.7	60.7	98.4	64.9
60	69.98 ± 0.32	87.84 ± 0.48	55.9	61.3	98.9	63.6
90	70.39 ± 0.23	88.05 ± 0.31	56.8	62.1	98.4	57.6
240	72.36 ± 0.59	90.14 ± 0.83	60.1	61.7	81.7	56.2

หมายเหตุ: * ระยะเวลาการเก็บยางแห้งเป็นเวลาต่างๆ

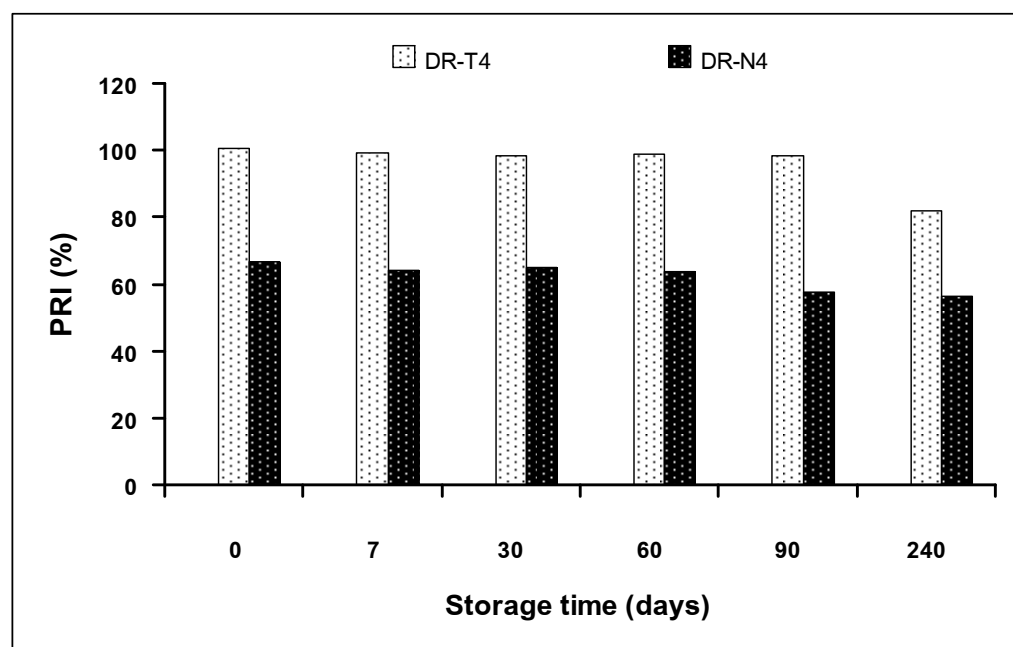
จากตารางที่ 4.30 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดมูนนี่ ค่า P_0 และค่า PRI ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 หรือแอมโมเนียเป็นเวลา 30 วัน ซึ่งใช้น้ำยางสดจากจังหวัดตรัง กับระยะเวลาการเก็บยางแห้งเป็นเวลา 240 วัน ดังแสดงในรูปที่ 4.25-4.27



รูปที่ 4.25 ความหนืดมูนนี่ (Mooney viscosity) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 30 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดตรัง



รูปที่ 4.26 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 30 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดตรัง



รูปที่ 4.27 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 30 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดตรัง

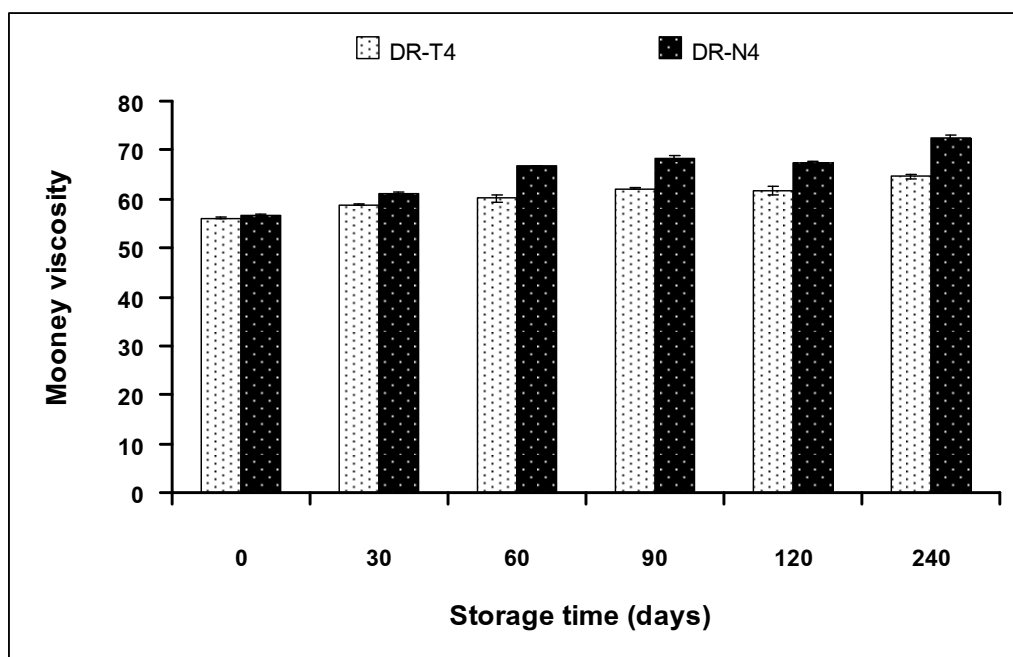
ตารางที่ 4.30 และรูปที่ 4.25-4.27 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความหนืดมูนี่ ค่า P_0 และค่า PRI ของยางแห้งจากน้ำยางที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นเวลา 30 วันในรูปน้ำยาง โดยใช้ น้ำยางสดจากจังหวัดตรัง และเก็บไว้ในรูปยางแห้งเป็นระยะเวลา 240 วัน พบว่า ค่าความหนืดมูนี่ของยางแห้งจากน้ำยางรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและให้ค่าต่ำกว่ายางแห้งจากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย ค่า P_0 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกตัวอย่าง ค่า PRI ของยางแห้งจากน้ำยางรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 มีค่าค่อนข้างคงที่ในช่วง 90 วันแรก จากนั้นมีค่าลดลงเมื่อเก็บไว้ประมาณ 240 วัน แต่ให้ค่าอยู่ในระดับสูงกว่ายางแห้งจากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย

ตารางที่ 4.31 ความหนืดมูนี่ ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดจังหวัดสงขลาที่รักษาสภาพไว้ 0 วัน เมื่อเก็บยางแห้งไว้เป็นระยะเวลา 240 วัน

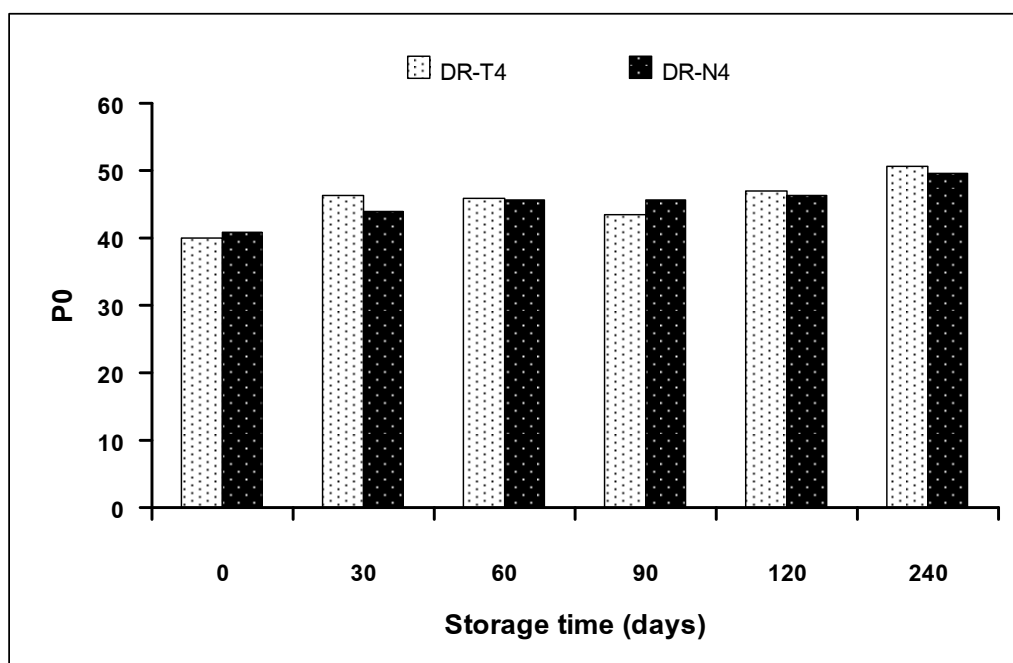
Properties / Storage time* (days)	Mooney viscosity		P_0		PRI	
	DR-T4	DR-N4	DR-T4	DR-N4	DR-T4	DR-N4
0	56.17 ± 0.17	56.71 ± 0.21	40.1	40.9	96.0	77.3
30	58.74 ± 0.14	61.07 ± 0.22	46.4	43.9	84.9	68.8
60	60.12 ± 0.78	66.79 ± 0.10	45.8	45.6	88.9	66.0
90	62.15 ± 0.18	68.31 ± 0.52	43.4	45.7	100.7	71.3
120	61.74 ± 0.77	67.40 ± 0.33	46.9	46.2	95.3	68.2
240	64.60 ± 0.52	72.41 ± 0.66	50.7	49.6	86.8	72.2

หมายเหตุ: * ระยะเวลาการเก็บยางแห้งเป็นเวลาต่างๆ

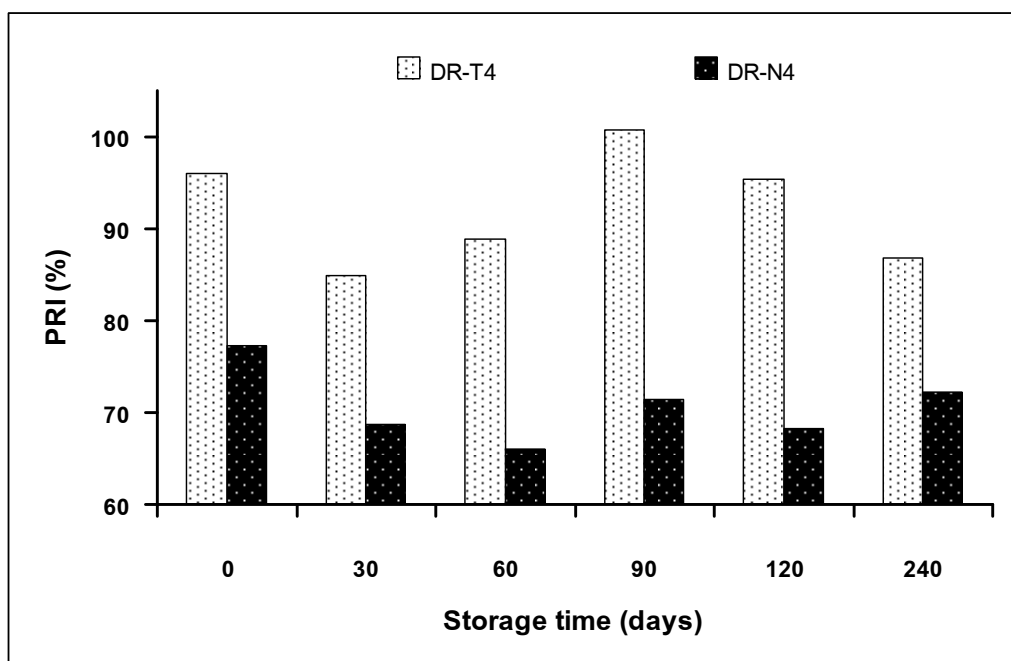
จากตารางที่ 4.31 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดมูนี่ ค่า P_0 และ PRI ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 หรือแอมโมเนียเป็นเวลา 0 วัน ซึ่งใช้น้ำยางสดจากจังหวัดสงขลา กับระยะเวลาการเก็บยางแห้งเป็นเวลา 240 วัน ดังแสดงในรูปที่ 4.28-4.30



รูปที่ 4.28 ความหนืดมูนนี่ (Mooney viscosity) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 0 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดสงขลา



รูปที่ 4.29 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 0 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดสงขลา



รูปที่ 4.30 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 0 วัน เมื่อนำยางสดจากจังหวัดสงขลา

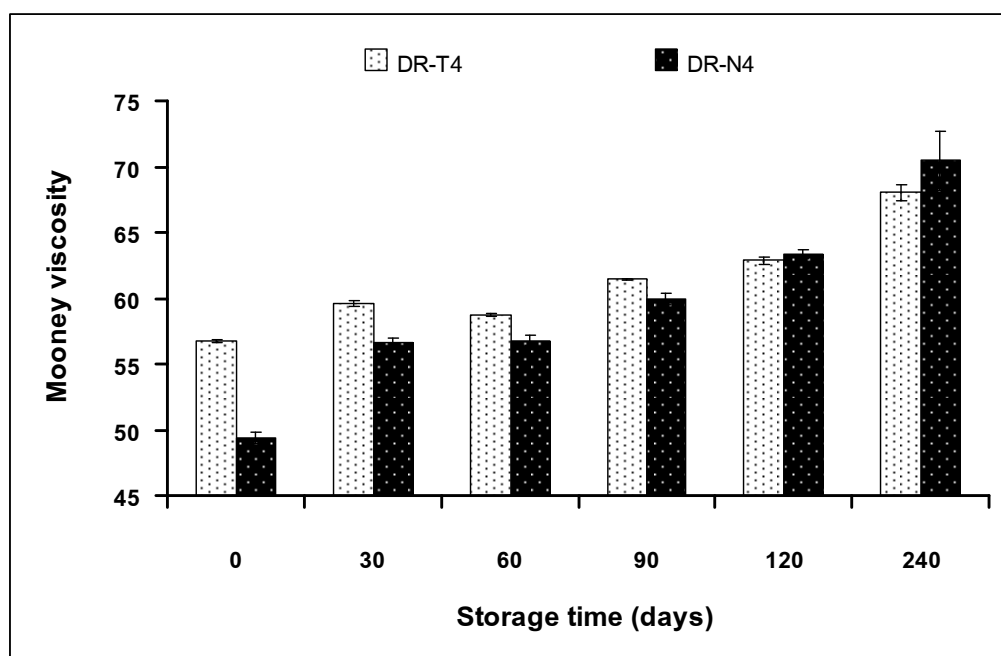
ตารางที่ 4.31 และรูปที่ 4.28-4.30 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความหนืดมูนี้ ค่า P_0 และค่า PRI ของยางแห้งจากน้ำยางที่จับตัวทันทีหลังเติมสารรักษาสภาพ โดยใช้ น้ำยาง-สดจากจังหวัดสงขลา และเก็บไว้ในรูปยางแห้งเป็นระยะเวลา 240 วัน พบว่าค่าความหนืดมูนี้ มีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งยางแห้งจากน้ำยางรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 ปริมาณ 0.40% โดย น้ำหนักน้ำยาง มีค่าความหนืดมูนี้ที่ใกล้เคียงกันและมีค่าน้อยกว่ายางแห้งจากน้ำยางรักษา สภาพด้วยแอมโมเนีย ค่า PRI มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกตัวอย่าง ค่า PRI ของยางแห้งจากน้ำยางที่ เติมสาร TAPP1 มีค่าสูงกว่ายางแห้งจากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย

ตารางที่ 4.32 ความหนืดมูนนี่ ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดจังหวัดสงขลาที่รักษาสภาพไว้ 8 วัน เมื่อเก็บยางแห้งไว้เป็นระยะเวลา 240 วัน

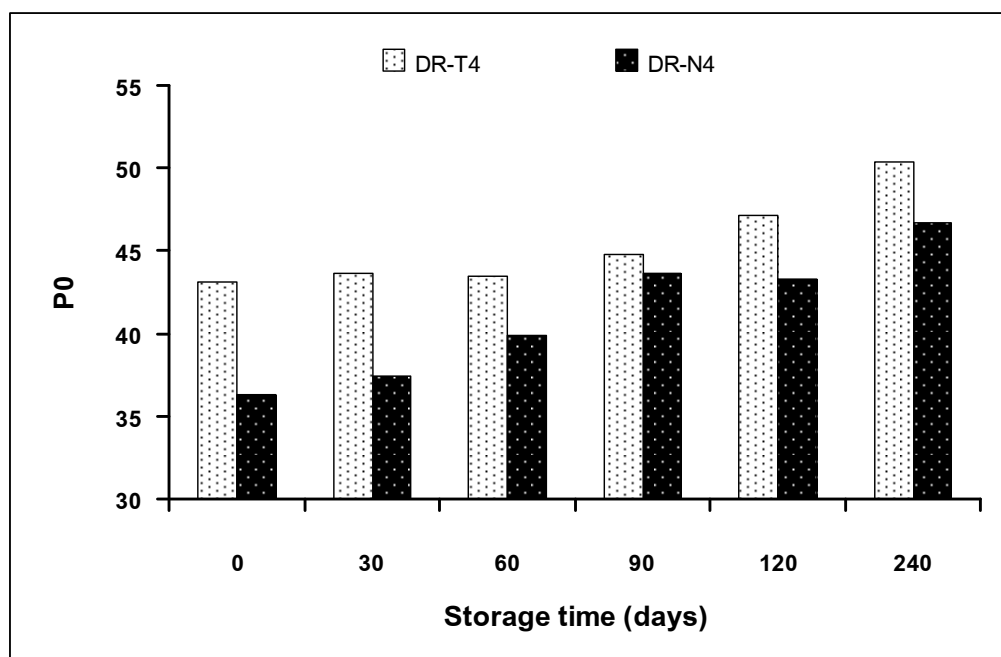
Properties / Storage time* (days)	Mooney viscosity		P_0		PRI	
	DR-T4	DR-N4	DR-T4	DR-N4	DR-T4	DR-N4
0	56.74 ± 0.14	49.42 ± 0.42	43.1	36.3	102.8	70.8
30	59.60 ± 0.21	56.61 ± 0.34	43.6	37.4	98.4	69.5
60	58.72 ± 0.12	56.80 ± 0.36	43.5	39.9	93.8	62.7
90	61.43 ± 0.04	59.95 ± 0.42	44.8	43.6	102.5	67.7
120	62.86 ± 0.24	63.38 ± 0.32	47.1	43.3	92.1	68.6
240	68.03 ± 0.60	70.44 ± 2.22	50.4	46.7	85.7	61.5

หมายเหตุ: * ระยะเวลาการเก็บยางแห้งเป็นเวลาต่างๆ

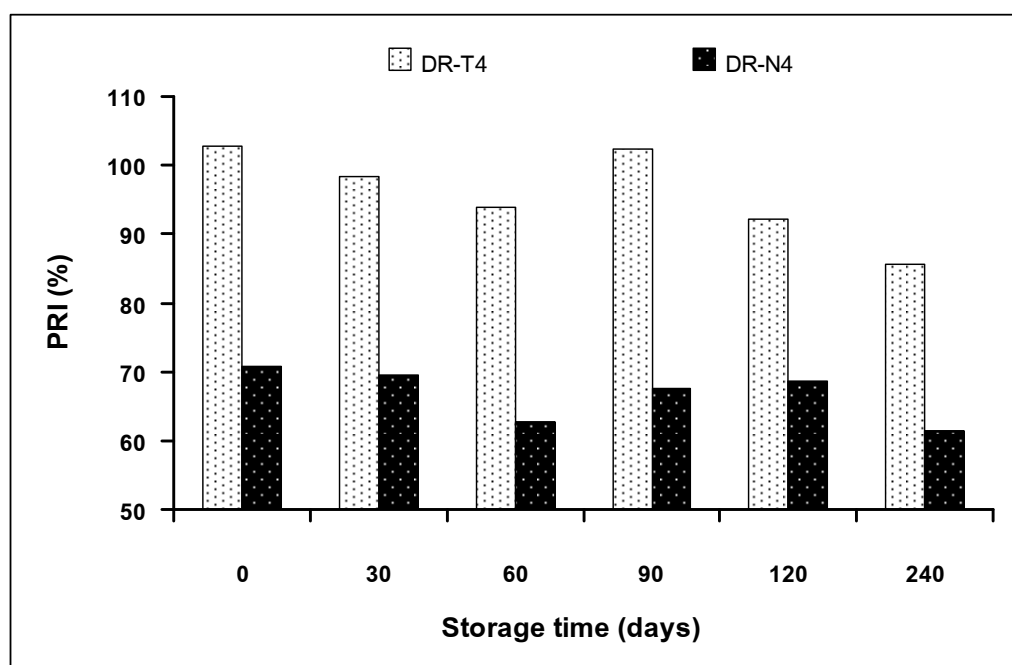
จากตารางที่ 4.32 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดมูนนี่ ค่า P_0 และ PRI ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 หรือแอมโมเนียเป็นเวลา 8 วัน ซึ่งใช้น้ำยางสดจากจังหวัดสงขลา กับระยะเวลาการเก็บยางแห้งเป็นเวลา 240 วัน ดังแสดงในรูปที่ 4.31-4.33



รูปที่ 4.31 ความหนืดมูนนี่ (Mooney viscosity) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 8 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดสงขลา



รูปที่ 4.32 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 8 วัน เมื่อนำยางสดจากจังหวัดสงขลา



รูปที่ 4.33 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 8 วัน เมื่อนำยางสดจากจังหวัดสงขลา

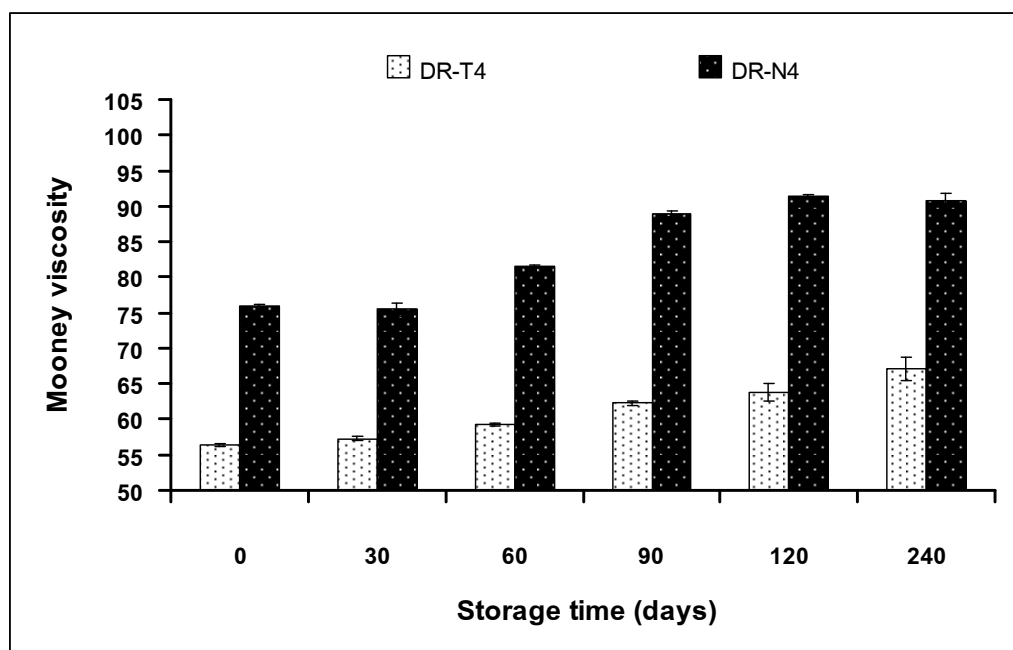
ตารางที่ 4.32 และรูปที่ 4.31-4.33 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความหนืดมูนี้ ค่า P_0 และค่า PRI ของยางแห้งจากน้ำยางที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นเวลา 8 วันในรูปน้ำยาง โดยใช้น้ำยางสดจากจังหวัดสงขลา และเก็บไว้ในรูปยางแห้งเป็นระยะเวลา 240 วัน พบว่าค่าความหนืดมูนี้ของยางแห้งจากน้ำยางรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยแต่ยางแห้งจากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นของค่าความหนืดมูนี้อย่างชัดเจนและค่า P_0 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ส่วนค่า PRI ของยางแห้งจากน้ำยางรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 ให้ค่าอยู่ในระดับสูงกว่ายางแห้งจากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียอย่างเห็นได้ชัด

ตารางที่ 4.33 ความหนืดมูนี้ ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดจังหวัดสงขลาที่รักษาสภาพไว้ 35 วัน เมื่อเก็บยางแห้งไว้เป็นระยะเวลา 240 วัน

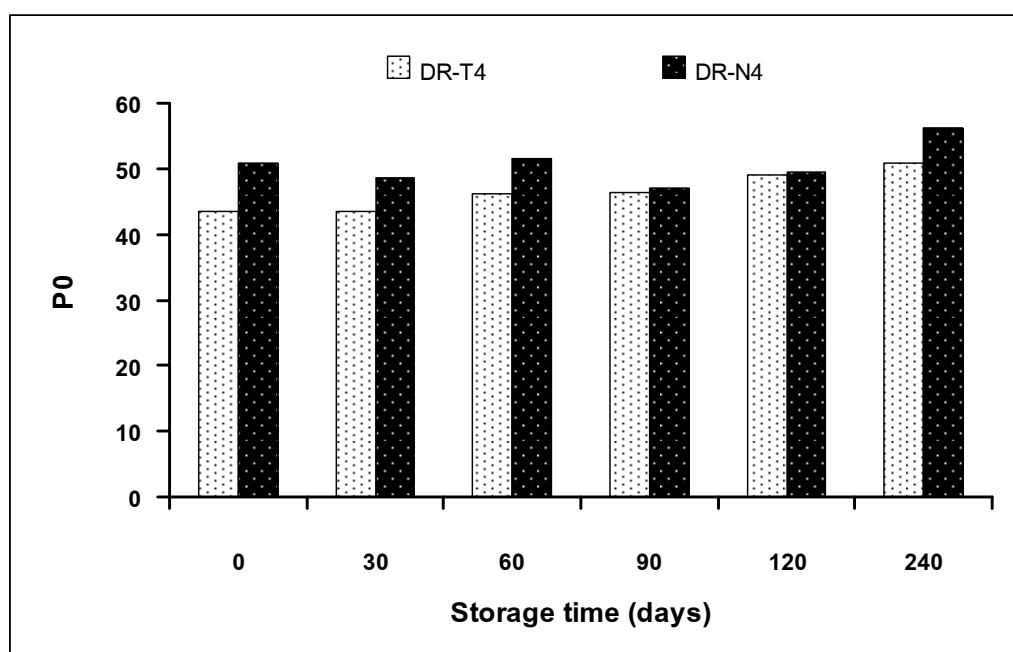
Properties / Storage time* (days)	Mooney viscosity		P_0		PRI	
	DR-T4	DR-N4	DR-T4	DR-N4	DR-T4	DR-N4
0	56.34 ± 0.24	75.87 ± 0.21	43.5	50.8	106.2	40.2
30	57.30 ± 0.37	75.45 ± 0.86	43.4	48.7	96.8	37.8
60	59.24 ± 0.20	81.54 ± 0.28	46.1	51.5	96.1	46.0
90	62.32 ± 0.33	89.00 ± 0.43	46.5	47.1	100.0	55.6
120	63.84 ± 1.18	91.43 ± 0.28	49.0	49.6	98.6	50.4
240	67.07 ± 1.62	90.69 ± 1.10	50.9	56.1	92.7	58.3

หมายเหตุ: * ระยะเวลาการเก็บยางแห้งเป็นเวลาต่างๆ

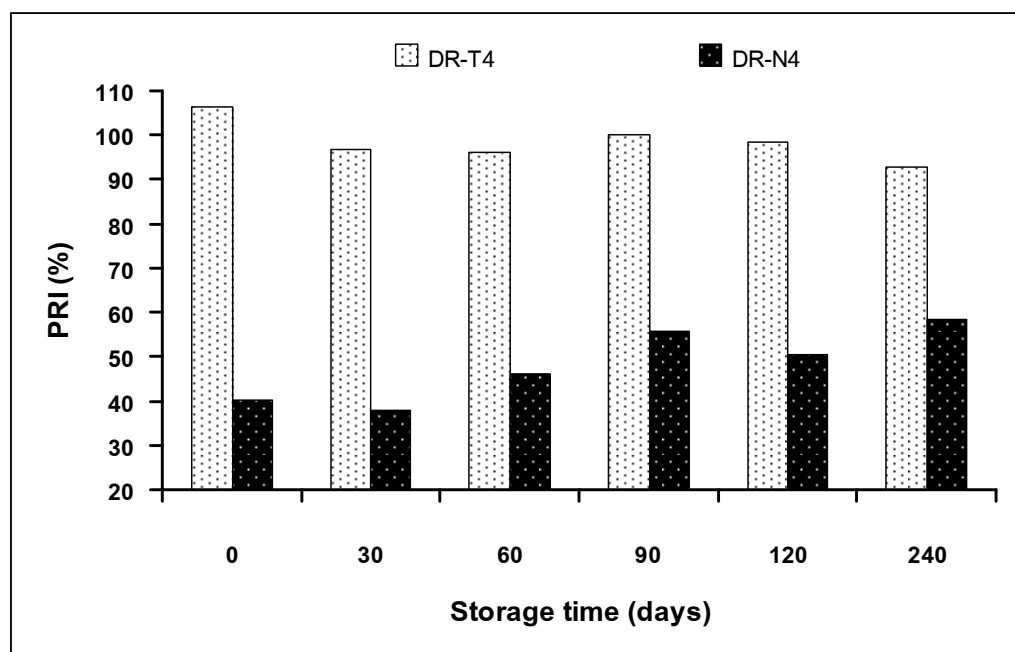
จากตารางที่ 4.33 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดมูนี้ ค่า P_0 และค่า PRI ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 หรือแอมโมเนียเป็นเวลา 35 วัน ซึ่งใช้น้ำยางสดจากจังหวัดสงขลา กับระยะเวลาการเก็บยางแห้งเป็นเวลา 240 วัน ดังแสดงในรูปที่ 4.34-4.36



รูปที่ 4.34 ความหนืดมูนนี่ (Mooney viscosity) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 35 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดสงขลา



รูปที่ 4.35 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 35 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดสงขลา



รูปที่ 4.36 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นระยะเวลา 35 วัน เมื่อใช้น้ำยางสดจากจังหวัดสงขลา

ตารางที่ 4.33 และรูปที่ 4.34-4.36 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความหนืดมูนี้ ค่า P_0 และค่า PRI ของยางแห้งจากน้ำยางที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 เป็นเวลา 35 วันในรูปน้ำยาง โดยใช้ น้ำยางสดจากจังหวัดสงขลา และเก็บไว้ในรูปยางแห้งเป็นระยะเวลา 240 วัน พบว่าค่าความหนืดมูนี้ของยางแห้งจากน้ำยางรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนยางแห้งจากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียให้ค่าความหนืดมูนี้สูงกว่าและเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาเก็บ ค่า P_0 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกตัวอย่าง ค่า PRI ของยางแห้งจากน้ำยางรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 มีค่าค่อนข้างคงที่ในช่วง 120 วันแรก จากนั้นมีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อเก็บไว้ประมาณ 240 วัน แต่ให้ค่าอยู่ในระดับสูงกว่ายางแห้งจากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย

จากการศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลานาน ยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 มีอัตราการเพิ่มขึ้นของค่าความหนืดมูนี้และค่า P_0 ในระดับที่ต่ำกว่ายางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย และมีค่า PRI อยู่ในระดับที่สูงเมื่อเก็บยางไว้เป็นเวลานานทุกตัวอย่าง

4.5 ศึกษาสมบัติยางแท่งที่ผลิตในระดับอุตสาหกรรม

จากการศึกษาสมบัติยางแท่งที่ได้จากน้ำยางที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียหรือสาร TAPP1 ในระดับห้องปฏิบัติการ ดังนั้นในการทดลองนี้จึงขยายระดับการผลิตเป็นการผลิตยางแท่งในอุตสาหกรรมจริง โดยเปรียบเทียบแบบที่ไม่เติมและเติมสารรักษาสภาพชนิดต่างๆ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรก จับตัวเตรียมเป็นยางแท่งทันทีหลังเติมสารรักษาสภาพ และส่วนที่ 2 เก็บรักษาสภาพน้ำยางไว้เป็นระยะเวลาประมาณ 1 เดือน แล้วจึงนำมาจับตัว ตามวิธีการเตรียมยางในหัวข้อ 3.4.5 เพื่อศึกษาสมบัติยางแท่งที่ได้เมื่อผลิตในระดับอุตสาหกรรม ดังแสดงในตารางที่ 4.34-4.35

ตารางที่ 4.34 สมบัติยางแท่งที่เตรียมจากน้ำยางที่เติมสารรักษาสภาพชนิดต่างๆ

Properties / Samples	DR	DR-T4	DR-N7	DR-NB2
Dirt content, (%wt)	0.004	0.011	0.003	0.003
Ash content, (%wt)	0.33	0.37	0.42	0.15
Nitrogen content, (%wt)	0.54	0.49	0.52	0.38
Mooney viscosity, (ML1+4, 100°C)	58.31 ± 0.20	58.40 ± 0.44	65.54 ± 0.06	50.66 ± 0.53
P ₀ , (min)	43.9	42.2	47.9	30.0
PRI, (%)	96.3	115.6	93.1	60.0
Gel content (%)	21.01	23.85	27.49	17.86
ΔP	30.5	26.6	37.1	6.9

ตารางที่ 4.35 สมบัติยางแท่งที่เตรียมจากน้ำยางที่เติมสารรักษาสภาพชนิดต่างๆ ประมาณ 1 เดือนแล้วนำมาจับตัว

Properties / Samples	DR-T4	DR-N7	DR-NB2
Dirt content, (%wt)	0.010	0.005	0.007
Ash content, (%wt)	0.35	0.44	0.17
Nitrogen content, (%wt)	0.47	0.55	0.39
Mooney viscosity, (ML1+4, 100°C)	68.69 ± 0.47	86.20 ± 0.48	73.56 ± 0.55
P ₀ , (min)	53.7	60.2	50.6
PRI, (%)	98.7	42.5	34.2
Gel content (%)	28.35	36.93	21.99
ΔP	20.4	25.6	15.5

จากตารางที่ 4.34 และ 4.35 แสดงให้เห็นว่ายางแท่งที่ได้จากน้ำยางที่เติมสารรักษาสภาพต่างชนิดกัน ทำให้ได้ยางแท่งที่มีสมบัติแตกต่างกัน จากตารางที่ 4.34 พบว่าค่าความหนืดมูนี่ของยางแท่งจากน้ำยางที่เติมสาร TAPP1 มีค่าที่ใกล้เคียงกับยางแท่งที่ผลิตในปัจจุบัน คือ ไม่มีการเติมสารใดๆ ลงไป แต่น้ำยางที่เติมแอมโมเนียหรือแอมโมเนียร่วมกับสารต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย (B20) ให้ยางแท่งที่มีค่าความหนืดมูนี่ที่สูงและต่ำกว่ายางแท่งไม่เติมสารใดๆ และพบว่ายางแท่งที่เติมสาร TAPP1 มีค่า PRI อยู่ในระดับที่สูงมาก คือ 115.6% เช่นเดียวกับการเตรียมยางในห้องปฏิบัติการ และมีปริมาณสิ่งสกปรกมากกว่าการใช้สารรักษาสภาพชนิดอื่น

ตารางที่ 4.35 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเก็บน้ำยางไว้เป็นระยะเวลาเพิ่มขึ้น ค่าความหนืดมูนี่ของยางแท่งที่ได้มีค่าสูงขึ้นอย่างชัดเจนทุกตัวอย่าง ซึ่งยางแท่งจากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียร่วมกับสารต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย (B20) มีค่าความหนืดมูนี่เพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ 23 หน่วย รองลงมาคือยางแท่งจากน้ำยางรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียมีค่าความหนืดมูนี่เพิ่มขึ้น 21 หน่วย และยางแท่งจากน้ำยางที่รักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 มีการเพิ่มขึ้นของค่าความหนืดมูนี่น้อยที่สุด คือ ประมาณ 10 หน่วย ส่วนค่า P_0 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ค่า PRI มีแนวโน้มลดลงทุกตัวอย่างเมื่อเก็บน้ำยางไว้เวลานานขึ้น แต่ยางแท่งจากน้ำยางที่รักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 ลดลงน้อยกว่าตัวอย่างอื่นๆ ถึงแม้ค่า PRI ลดลงแต่ยังอยู่ในระดับสูง คือ 98%

พฤติกรรมของการเก็บยางแท่งที่ได้จากน้ำยางที่เติมสารรักษาสภาพชนิดต่าง ๆ

ตารางที่ 4.36 ความหนืดมูนี่ (Mooney viscosity) ตามระยะเวลาการเก็บยางแท่งที่ได้จากน้ำยางที่จับตัวทันทีหลังเติมรักษาสภาพชนิดต่าง ๆ

Properties / Storage time* (days)	Mooney viscosity			
	DR	DR-T4	DR-N7	DR-NB2
0	58.32 ± 0.54	58.41 ± 0.29	65.54 ± 0.47	50.66 ± 1.53
30	59.70 ± 0.42	59.33 ± 0.21	67.38 ± 0.84	51.98 ± 0.87
60	61.20 ± 0.54	60.91 ± 0.29	69.15 ± 0.47	61.40 ± 0.77
120	61.35 ± 0.42	61.37 ± 0.21	70.71 ± 0.84	63.70 ± 0.77
180	63.18 ± 1.02	60.87 ± 0.40	71.55 ± 0.16	63.02 ± 0.86

หมายเหตุ: * ระยะเวลาการเก็บยางแท่งเป็นเวลาต่างๆ

ตารางที่ 4.37 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางที่จับ
ตัวทันทีหลังเติมรักษาสภาพชนิดต่างๆ

Properties / Storage time* (days)	P_0			
	DR	DR-T4	DR-N7	DR-NB2
0	43.9	42.2	47.9	30.0
30	47.5	44.5	55.9	43.5
60	46.3	47.8	54.3	39.6
120	47.1	44.8	52.3	52.4
180	45.9	46.7	52.4	44.0

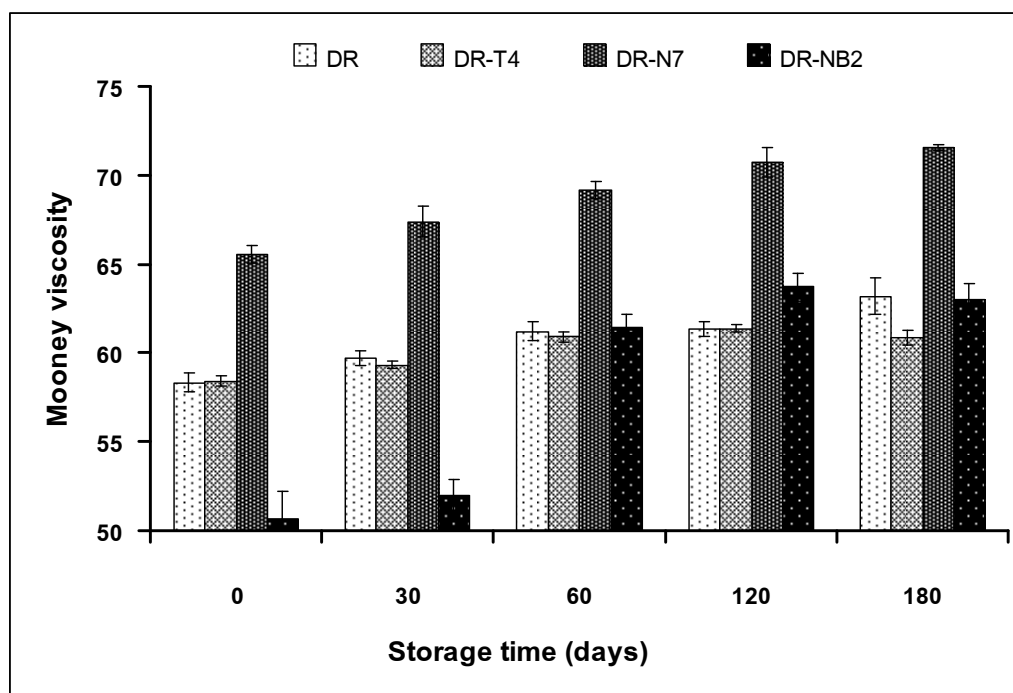
หมายเหตุ: * ระยะเวลาการเก็บยางแห้งเป็นเวลาต่างๆ

ตารางที่ 4.38 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางที่จับ
ตัวทันทีหลังเติมรักษาสภาพชนิดต่างๆ

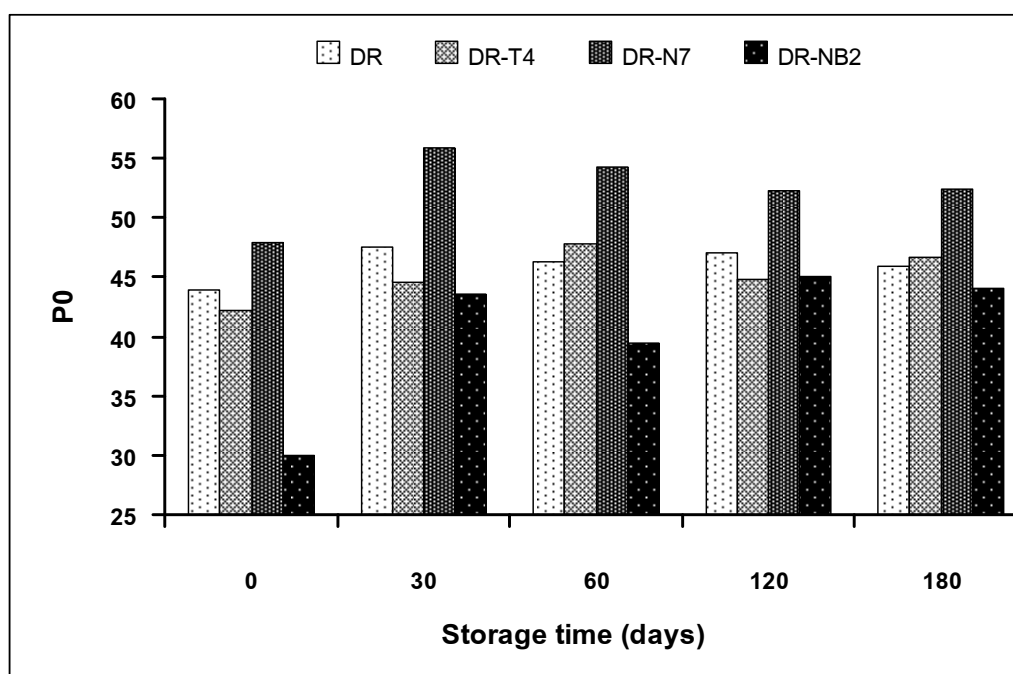
Properties / Storage time* (days)	PRI			
	DR	DR-T4	DR-N7	DR-NB2
0	96.4	115.6	93.1	60.0
30	87.6	106.7	73.9	47.8
60	89.6	102.5	79.6	47.3
120	81.7	102.7	75.1	47.0
180	80.0	97.0	76.1	53.4

หมายเหตุ: * ระยะเวลาการเก็บยางแห้งเป็นเวลาต่างๆ

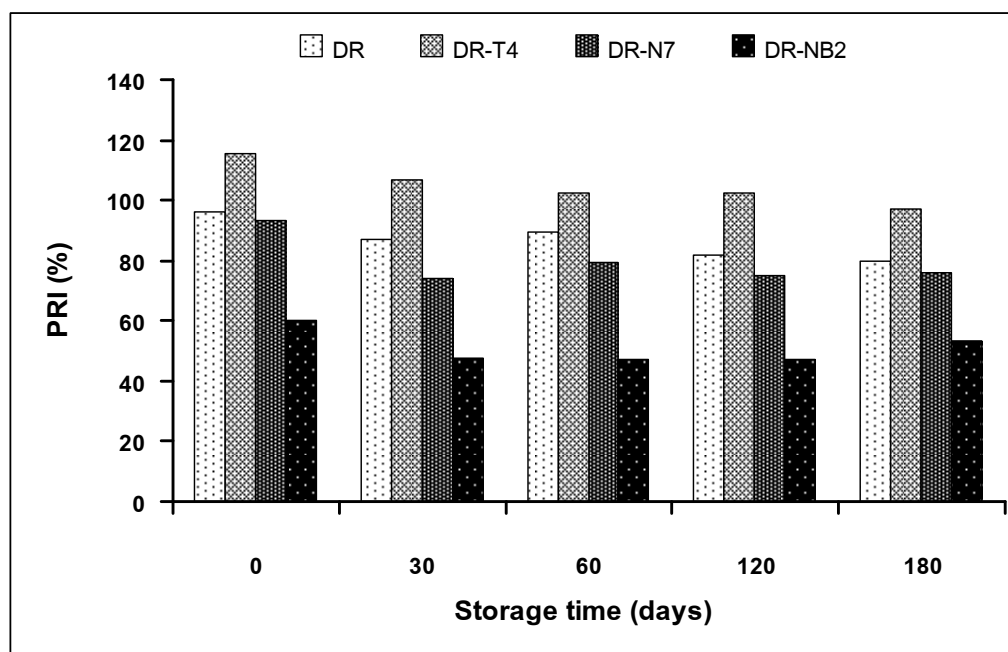
จากตารางที่ 4.36-4.38 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืด
มูนนี้ ค่า P_0 และค่า PRI ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสารรักษาสภาพต่างๆ
ที่จับตัวทันที กับระยะเวลาการเก็บยางแห้งเป็นเวลา 180 วัน ดังแสดงในรูปที่ 4.37-4.39



รูปที่ 4.37 ความหนืดมูนนี่ (Mooney viscosity) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางที่จับตัวทันทีหลังเติมรักษาสภาพชนิดต่างๆ



รูปที่ 4.38 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางที่จับตัวทันทีหลังเติมรักษาสภาพชนิดต่างๆ



รูปที่ 4.39 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางที่จับตัวทันที หลังเติมรักษาสภาพชนิดต่างๆ

ตารางที่ 4.36-4.38 และรูปที่ 4.37-4.39 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความหนืดมูนี ค่า P_0 และค่า PRI ของยางแห้งเตรียมจากน้ำยางที่ใช้รักษาสภาพชนิดต่างๆ และจับตัวทันทีหลังเติมสารรักษาสภาพ เมื่อเก็บในรูปของยางแห้ง พบว่าค่าความหนืดมูนีของยางแห้งจากน้ำยางที่ไม่เติมสารใดๆ และยางแห้งจากน้ำยางที่เติมสาร TAPP1 มีการเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเหมือนกันหลังจากเก็บยางแห้งไว้ 180 วัน ส่วนยางแห้งจากน้ำยางที่เติมแอมโมเนียมีการเพิ่มขึ้นของค่าความหนืดมูนีอย่างเห็นได้ชัด ค่า P_0 ให้ผลในทำนองเดียวกับค่าความหนืดมูนี แต่ค่า PRI ยางแห้งจากน้ำยางที่เติมสาร TAPP1 มีค่าสูงที่สุด

ตารางที่ 4.39 ความหนืดมูนี (Mooney viscosity) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางที่จับตัวหลังเติมรักษาสภาพชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 1 เดือน

Properties / Storage time* (days)	Mooney viscosity		
	DR-T4	DR-N7	DR-NB2
0	68.70 ± 1.12	86.21 ± 0.48	73.56 ± 0.48
30	71.23 ± 2.43	86.79 ± 0.28	74.12 ± 0.35
60	73.06 ± 1.90	89.01 ± 0.40	76.92 ± 0.79
120	73.93 ± 0.45	88.59 ± 1.43	78.12 ± 0.64
180	73.89 ± 0.90	92.55 ± 0.40	81.56 ± 0.54

ตารางที่ 4.40 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางที่
จับตัวหลังเติมรักษาสภาพชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 1 เดือน

Properties / Storage time* (days)	P_0		
	DR-T4	DR-N7	DR-NB2
0	53.7	60.2	50.6
30	53.5	63.7	48.6
60	52.8	60.2	46.6
120	53.9	60.8	53.9
180	56.3	64.2	60.6

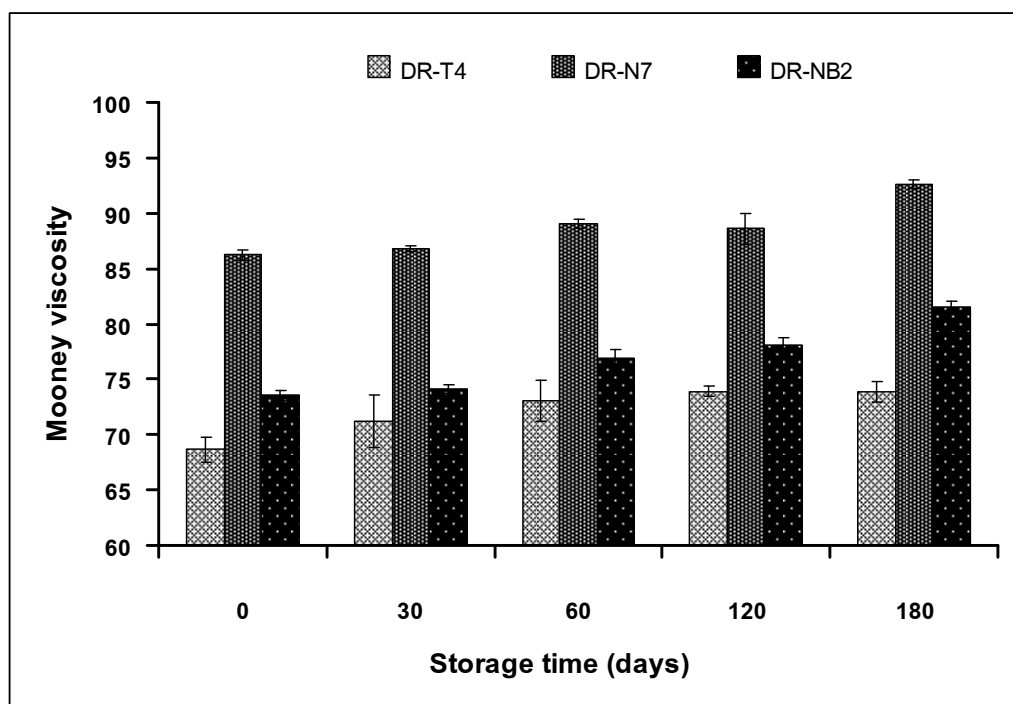
หมายเหตุ: * ระยะเวลาการเก็บยางแห้งเป็นเวลาต่างๆ

ตารางที่ 4.41 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางที่จับตัว
หลังเติมรักษาสภาพชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 1 เดือน

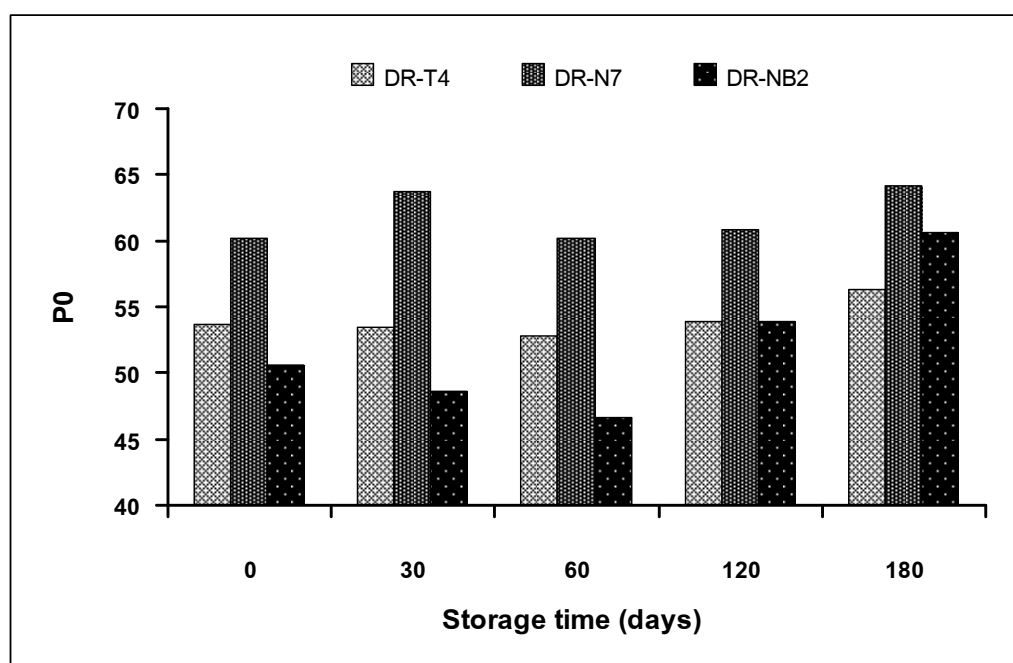
Properties / Storage time* (days)	PRI		
	DR-T4	DR-N7	DR-NB2
0	98.7	42.5	34.2
30	100.2	44.9	28.0
60	97.2	49.3	33.5
120	95.0	33.2	27.1
180	95.6	30.2	45.4

หมายเหตุ: * ระยะเวลาการเก็บยางแห้งเป็นเวลาต่างๆ

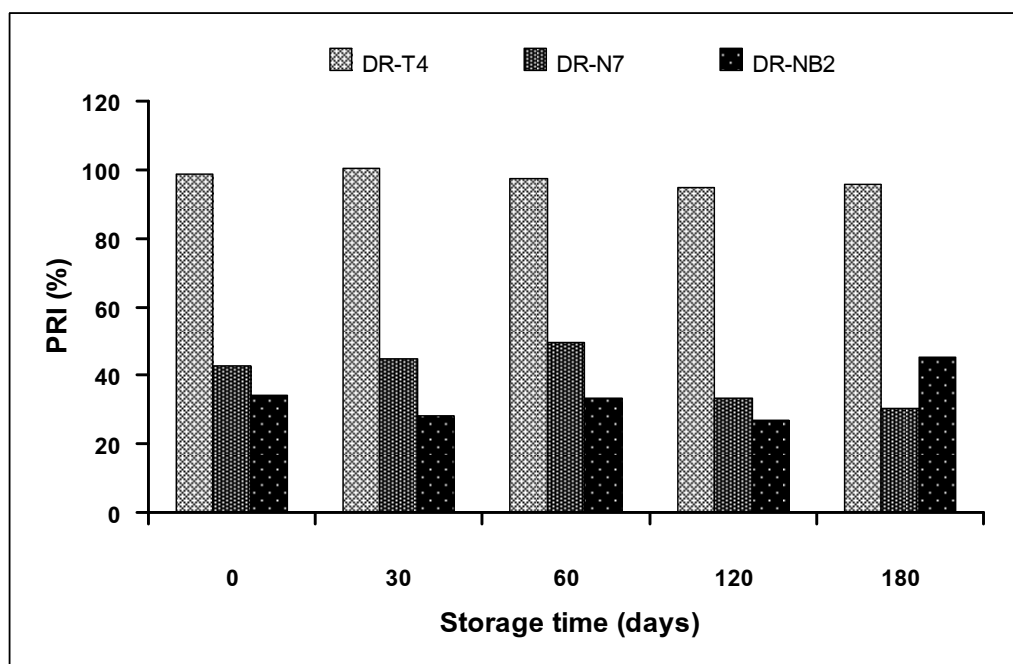
จากตารางที่ 4.39-4.41 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืด
มูนนี้ ค่า P_0 และค่า PRI ของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสารรักษาสภาพต่างๆ
ที่เก็บรักษาสภาพน้ำยางไว้เป็นระยะเวลาประมาณ 1 เดือน กับระยะเวลาการเก็บยางแห้งเป็น
เวลา 180 วัน ดังแสดงในรูปที่ 4.40-4.42



รูปที่ 4.40 ความหนืดมูนนี่ (Mooney viscosity) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางที่จับตัวหลังเติมรักษาสภาพชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 1 เดือน



รูปที่ 4.41 ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางที่จับตัวหลังเติมรักษาสภาพชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 1 เดือน



รูปที่ 4.42 ดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ตามระยะเวลาการเก็บยางแห้งที่ได้จากน้ำยางที่จับตัวหลัง เต็มรักษาสภาพชนิดต่างๆ เป็นระยะเวลา 1 เดือน

ตารางที่ 4.39-4.41 และรูปที่ 4.40-4.42 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความหนืดมูนี้ ค่า P_0 และค่า PRI ของยางแห้งเตรียมจากน้ำยางที่ใช้รักษาสภาพชนิดต่างๆ เก็บไว้ในรูปน้ำยางเป็นระยะเวลา 1 เดือนแล้วนำมาเตรียมยางแห้ง เมื่อเก็บในรูปของยางแห้ง พบว่าค่าความหนืดมูนี้ของยางแห้งจากน้ำยางรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 เพิ่มขึ้นน้อยมากเมื่อเก็บยางไว้เป็นเวลา 180 วัน และให้ค่าที่ต่ำกว่าการใช้สารรักษาสภาพชนิดอื่น ค่า P_0 ให้ผลทำนองเดียวกับค่าความหนืดมูนี้ ค่า PRI ของยางแห้งจากน้ำยางรักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 มีค่าค่อนข้างคงที่เมื่อระยะเวลาในการเก็บยางเพิ่มขึ้นและมีค่าอยู่ในระดับสูง ส่วนยางแห้งจากน้ำยางที่รักษาสภาพด้วยสารชนิดอื่นมีค่า PRI ที่ต่ำกว่า

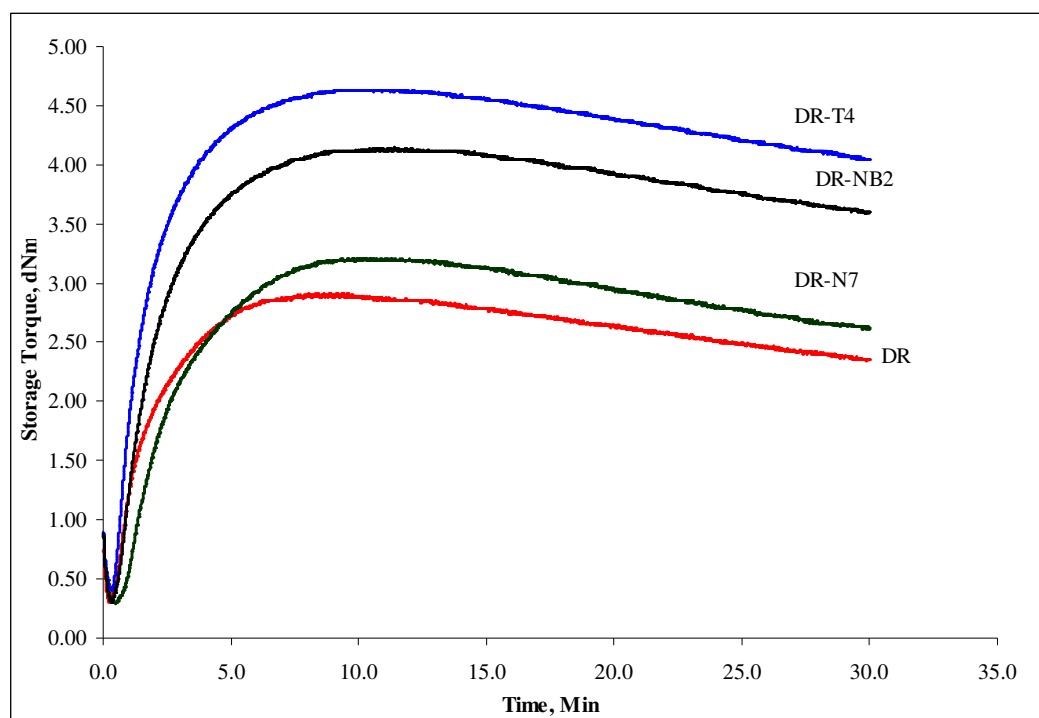
4.6 สมบัติการแปรรูปของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพด้วยสารชนิดต่าง ๆ

การทดสอบลักษณะการวัลคาไนซ์

ทดสอบลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางคอมเพานด์ที่ได้จากยางแห้งที่เติมสารรักษาสภาพแตกต่างกัน โดยใช้สูตรยาง (ตารางที่ 3.5)

ตารางที่ 4.42 สมบัติการวัลคาไนซ์ของยางคอมเพานด์ที่ได้จากยางแห้งที่ได้จากการจับตัวทันทีหลังเติมสารรักษาสภาพชนิดต่าง ๆ

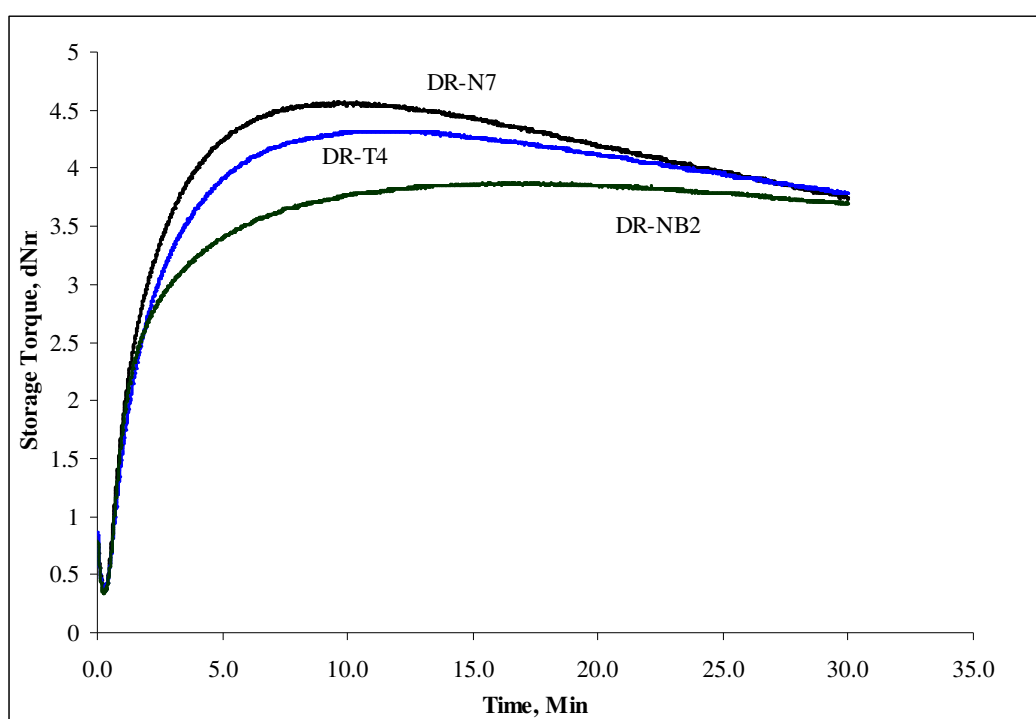
Samples	Scorch time (min)	Cure time (min)	M _L (lb-in)	M _H (lb-in)
DR	1.04	4.29	0.30	2.91
DR-T4	0.54	5.05	0.36	4.32
DR-N7	0.48	4.30	0.37	4.57
DR-NB2	0.49	5.55	0.34	3.87



รูปที่ 4.43 ลักษณะการวัลคาไนซ์ด้วยเครื่อง MDR ของยางคอมเพานด์ที่ได้จากยางแห้งที่ได้จากการจับตัวทันทีหลังเติมสารรักษาสภาพชนิดต่าง ๆ

ตารางที่ 4.43 สมบัติการวัลคาไนซ์ของยางคอมเพานด์ที่ได้จากยางแห้งที่ได้จากการเก็บน้ำยางที่เติมสารรักษาสภาพชนิดต่างๆ ไว้ประมาณ 1 เดือนแล้วนำมาจับตัว

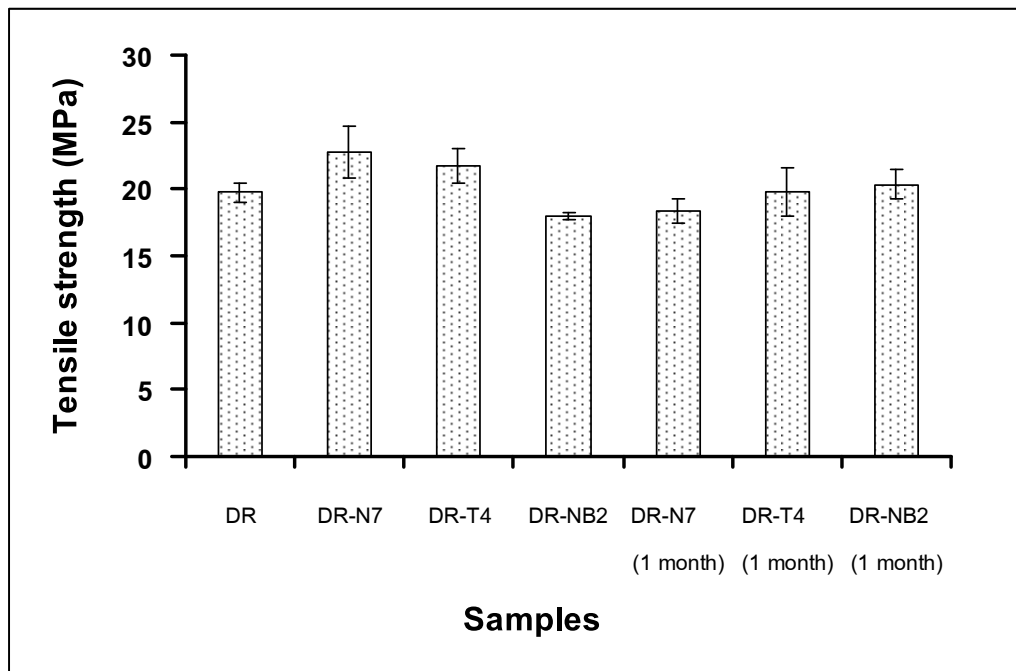
Samples	Scorch time (min)	Cure time (min)	M _L (lb-in)	M _H (lb-in)
DR-T4	1.39	5.54	0.29	3.21
DR-N7	0.49	4.29	0.41	4.63
DR-NB2	1.03	5.05	0.30	4.15



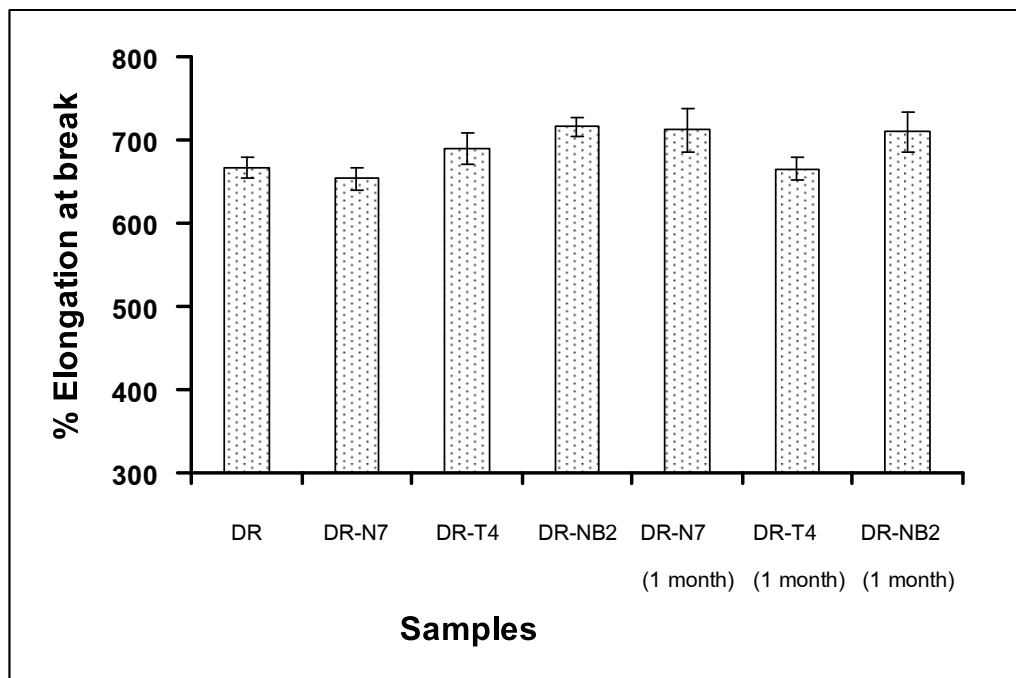
รูปที่ 4.44 ลักษณะการวัลคาไนซ์ด้วยเครื่อง MDR ของยางคอมเพานด์ที่ได้จากยางแห้งที่ได้จากการเก็บน้ำยางที่เติมสารรักษาสภาพชนิดต่างๆ ไว้ประมาณ 1 เดือนแล้วนำมาจับตัว

สมบัติความต้านทานต่อแรงดึง

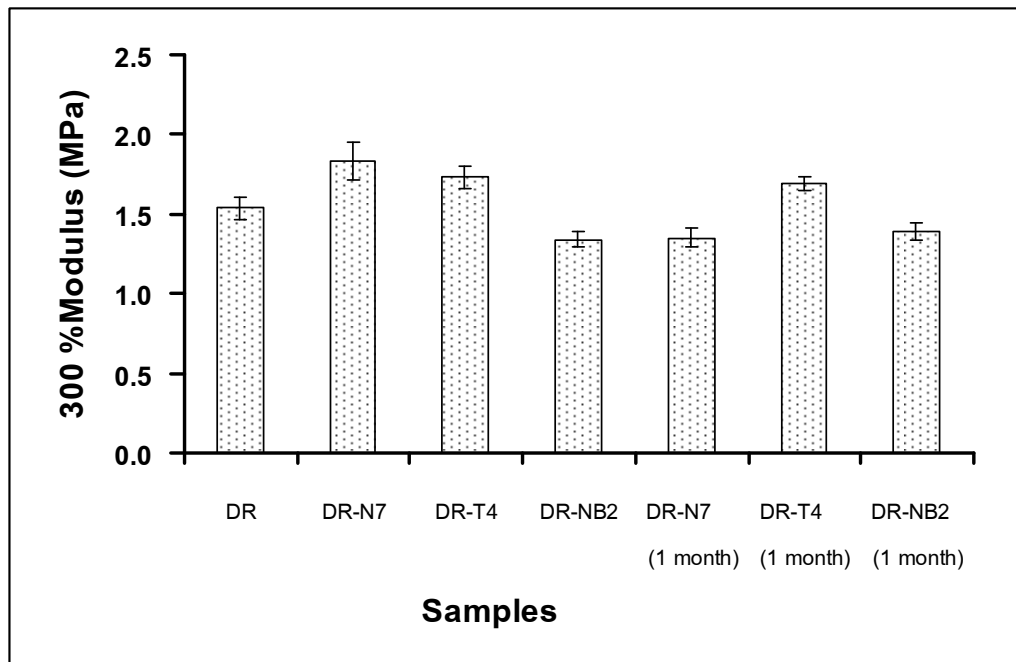
เป็นการทดสอบสมบัติความต้านทานต่อแรงดึงของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางที่รักษาสภาพด้วยสารชนิดต่างๆ คือ แอมโมเนียเพียงอย่างเดียว, แอมโมเนียร่วมกับสารต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย (B20) และสาร TAPP1 (ไม่มีแอมโมเนีย) โดยเปรียบเทียบแบบที่ไม่เติมและเติมสารรักษาสภาพชนิดต่างๆ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรก จับตัวเตรียมเป็นยางแห้งทันทีหลังเติมสารรักษาสภาพ และส่วนที่ 2 เก็บรักษาสภาพน้ำยางไว้เป็นระยะเวลาประมาณ 1 เดือนแล้วจึงนำมาจับตัวเตรียมเป็นยางแห้ง ได้ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.45-4.48



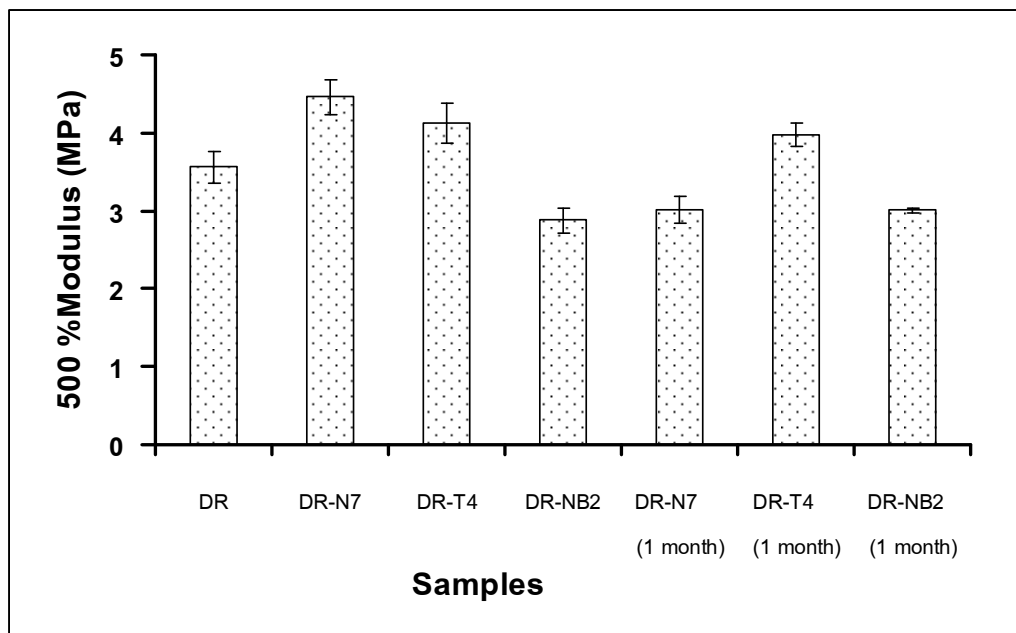
รูปที่ 4.45 Tensile Strength (MPa) ของยางคอมเพานด์ที่ได้จากยางแห้งจากการใช้สารรักษาสภาพน้ำยางสดชนิดต่างๆ



รูปที่ 4.46 %Elongation at break ของยางคอมเพานด์ที่ได้จากยางแห้งจากการใช้สารรักษาสภาพน้ำยางสดชนิดต่างๆ



รูปที่ 4.47 300% Modulus (MPa) ของยางคอมเพานด์ที่ได้จากยางแห้งจากการใช้สารรักษาสภาพน้ำยางสดชนิดต่างๆ



รูปที่ 4.48 500% Modulus (MPa) ของยางคอมเพานด์ที่ได้จากยางแห้งจากการใช้สารรักษาสภาพน้ำยางสดชนิดต่างๆ

จากรูปที่ 4.45-4.48 พบว่าค่า tensile strength, 300%Modulus และ 500%Modulus ของยางยางคอมเพานด์ที่ได้จากยางแห้งจากน้ำยางที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียที่จับตัวทันทีให้ค่าที่สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำยางที่รักษาสภาพด้วยวิธีการอื่น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากยางแห้งจากน้ำยางที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียมีความหนืดมู่นั้นสูงที่สุดในทางกลับกันยางคอมเพานด์ที่ได้จากยางแห้งจากน้ำยางที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียที่เก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 1 เดือน มีค่า tensile strength, 300%Modulus และ 500%Modulus ที่ต่ำกว่าน้ำยางที่จับตัวทันทีเนื่องจากยางดังกล่าวอาจเกิดการออกซิเดชันจึงส่งผลให้สมบัติด้อยลง ซึ่งแตกต่างจากยางคอมเพานด์ที่ได้จากยางแห้งจากน้ำยางที่รักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 พบว่าเมื่อเก็บน้ำยางไว้นานขึ้นสมบัติเชิงฟิสิกส์มีค่าที่ใกล้เคียงกัน

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

สรุปผลการทดลอง

1. น้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 ปริมาณต่างๆ ในช่วง 0.15-0.50% โดยน้ำหนัก จะมีแนวโน้มค่า pH เพิ่มขึ้นตามปริมาณของสาร TAPP1 โดยอยู่ในช่วง 8-9
2. น้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 ปริมาณ 0.20-0.25% โดยน้ำหนัก สามารถรักษาสภาพน้ำยางได้ประมาณ 5 วัน ส่วนน้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 ปริมาณ ในช่วง 0.30-0.50% โดยน้ำหนัก สามารถรักษาสภาพน้ำยางได้ประมาณ 0-14 วัน ซึ่งมีปริมาณ VFA ค่อนข้างคงที่
3. น้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 ปริมาณ 0.4 และ 0.7% โดยน้ำหนัก มีปริมาณ VFA ต่ำกว่าและมีค่า pH น้อยกว่าน้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียปริมาณเท่ากัน เมื่อเก็บน้ำยางสดไว้เป็นระยะเวลา 1 เดือน
4. น้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียร่วมกับ anionic surfactant ปริมาณ 0.3% โดย น้ำหนัก สามารถรักษาสภาพน้ำยางให้คงสภาพของการเป็นของเหลวอยู่ได้ตลอดช่วงระยะเวลา ในการเก็บ 0-14 วัน โดยไม่เกิดการจับตัวเป็นก้อนและเกิดการบูดเน่า
5. น้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียร่วมกับสารต่อต้านจุลชีพ สารต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย (B20) ปริมาณ 0.1% โดยน้ำหนัก มีความสามารถในการรักษาสภาพน้ำยางไว้ในช่วง 0-13 วัน และให้ปริมาณ VFA ใกล้เคียงกับน้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียร่วมกับสารต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย (B20) ปริมาณ 0.2% โดยน้ำหนัก
6. ความเข้มข้นของกรดฟอร์มิกที่ใช้ในการจับตัวไม่ค่อยมีผลต่อสมบัติยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 มากนัก
7. สมบัติของยางแห้งที่เตรียมได้จากน้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย เมื่อเก็บไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ มีค่าความหนืดมูนี้และค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บ แต่มีแนวโน้มค่าดัชนีความอ่อนตัวลดลงเมื่อเก็บน้ำยางไว้นานขึ้น
8. สมบัติของยางแห้งที่เตรียมได้จากน้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 เมื่อเก็บน้ำยางสดไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ มีค่าความหนืดมูนี้ ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น และดัชนีความอ่อนตัวที่ใกล้เคียงกัน และมีค่าดัชนีความอ่อนตัวอยู่ในระดับสูง

9. ยางแห้งที่เตรียมจากน้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 จากแหล่งต่าง ๆ คือ สงขลา ตรัง และสุราษฎร์ธานี มีสมบัติค่าความหนืดมูนนี้ ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น และดัชนีความอ่อนตัวที่ใกล้เคียงกัน
10. การเตรียมยางแห้งในอุตสาหกรรมมีสมบัติ เช่น ค่าความหนืดมูนนี้ ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น และดัชนีความอ่อนตัว ที่ใกล้เคียงกับยางแห้งที่เตรียมได้ในห้องปฏิบัติการ
11. ค่า Ash content, Dirt content และ Nitrogen content ของยางแห้งที่เตรียมจากน้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก และยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานยางแห้งไทย
12. ยางแห้งที่เตรียมได้จากน้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 เมื่อเก็บยางแห้งไว้เป็นระยะเวลา 240 วัน พบว่า ค่าความหนืดมูนนี้ ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น และดัชนีความอ่อนตัวมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย
13. ลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางแห้งที่เตรียมได้ เมื่อใช้ MBT เป็นสารตัวเร่งจะให้ค่า Scorch time และ Cure time ที่ใกล้เคียงกัน
14. สมบัติเชิงกล ได้แก่ ค่า tensile strength, %Elongation at break และ 300%modulus ของยางคอมพอนด์จากยางที่รักษาสภาพด้วยสาร TAPP1 มีค่าไม่แตกต่างจากยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดที่ไม่ผ่านการรักษาสภาพ

บรรณานุกรม

- กนกวรรณ จุ่มที. 2543. การแยกและการทำให้บริสุทธิ์ของยางอนุภาคเล็กจากสกีมลาเท็กซ์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กฤษณา คงศิลป์. 2530. การศึกษาปริมาณกรดไขมันระเหยในน้ำยางสด. รายงานผลการค้นคว้าทดลองและวิจัย. ศูนย์วิจัยยางสงขลา กรมวิชาการเกษตร.
- กฤษณา คงศิลป์. 2541. ปัจจัยที่มีผลต่อดัชนีความอ่อนตัวของพันธุ์ PR255, GT1, RRIM600 และยางคละพันธุ์. รายงานผลการวิจัย ประจำปี 2541. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.
- กฤษณา คงศิลป์. 2542. การใช้เอนไซม์ในการลดโปรตีนในน้ำยางเพื่อผลิตยางแท่ง. รายงานผลการวิจัยเรื่องเต็ม ประจำปี 2542. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.
- จักรี เลื่อนราม. 2541. สมบัติของยางที่จับตัวเร็วโดยใช้กรดฟอร์มิก. รายงานผลการวิจัยเรื่องเต็ม ประจำปี 2541. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.
- ฉัตรสุดา แซ่หลี่. 2549. ผลของการใช้สารต่อต้านจุลชีพในการรักษาสภาพน้ำยางธรรมชาติ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.
- ณัฐการณ์ ชูใหม่. 2545. การลดน้ำหนักโมเลกุลของยางธรรมชาติเพื่อผลิตยางแท่ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.
- บุญธรรม นิธิอุทัย. 2532. ปฏิบัติการเทคโนโลยีน้ำยาง. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.
- พงษ์ธร แซ่อู่. 2548. ยาง : ชนิด สมบัติ และการใช้งาน. พิมพ์ครั้งที่ 2. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ.: กรุงเทพฯ.

- พรรษา ช่วยปล้อง. 2523. การเก็บรักษาน้ำยางสดด้วยแอมโมเนียและ sodium pentachlorophenate. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.
- พรรษา อุดุลยธรรม. 2438. ยางแท่งความหนืดคงที่. วารสารยางพารา. 15(3):163-174.
- พรรษา อุดุลยธรรม. 2543. การผลิตวัตถุดิบสำหรับการผลิตยางแท่ง. รายงานผลการวิจัยเรื่องเต็ม ประจำปี 2543. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.
- วรารภรณ์ ขจรไชยกูล. 2531. การผลิตยางธรรมชาติ. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.
- วรารภรณ์ ขจรไชยกูล. 2549. ยางธรรมชาติ : การผลิตและการใช้งาน. พิมพ์ครั้งที่ 1. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ซีโน ดีไซน์:กรุงเทพฯ.
- สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. 2551. ข้อมูลวิชาการยางพารา. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: www.rubberthai.com (วันที่สืบค้น 5 พฤษภาคม 2551).
- เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังสี. 2523. การเก็บรักษาน้ำยางสดด้วยแอมโมเนียและกรดบอริก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.
- เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังสี. 2546. การผลิตยางธรรมชาติ. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักวิทยบริการ. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.
- เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังสี. การเก็บรักษาน้ำยางสดด้วยแอมโมเนียร่วมกับซิงค์ไดเอทิลไดโซโอคาร์บาเมตและสบู่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.
- สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง. 2545. การปลูกยางพารา. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.rubber.co.th/knowledge_1h2.html. (วันที่สืบค้น 14 มกราคม 2551).

เอกสิทธิ์ อนันต์เจริญวงศ์. 2546. อิทธิพลของการแช่ยางดิบในสารละลายต่างต่อสมบัติของยาง
แท่ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

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.

- Alexander, S.C. 1929. The natural coagulation of Hevea latex. Rubber Research Institute of Malaya.
- Blackley, D.C. 1997. Polymer Latices Science and Technology. Vol.2 : Types of lattices. 2nd ed. London : Chapman & Hall. 24-117.
- Chaikumpollert, O., Thanawan, S. and Apichartpattanasiri, S. 2007. New Coagulants for Natural Rubber Latex Coagulation. 33rd Congress on Science and Technology of Thailand.
- Chaikumpollert, O., Loykulnant, S., Kongkaew, C. and Suchiva, K. 2007. Development of Preservative for Natural Rubber Latex.
- John, C.K. 1971. Coagulation of Hevea Latex with Surfactant and Salt: I. Development of the Process and its Effect on Raw Rubber Properties. Rubber Research Institute of Malaya. 147-156.
- John, C.K., Lau, C.M., Ng, C.S., Rao, P.S.R. and Nadarajah, M. 1978. Preservation of Natural Rubber Latex. UK. Pat GB1,517,025.
- Lau, C.M. 1980. Basic Factor Affecting SMR Technical Properties. RRIM Training Manual on Natural Rubber Processing. 26-35.
- Ong, C.O. 1974. High Quality Rubber from Skim Latex. Proceeding RRIM Planters Conference. 243.
- Ong, C.O. 1998. Preservation and enhanced stabilization of latex. GB partent no. 2,283747 (1995) US partent no. 5,840,790.
- Sambhi, M.S. 1989. An analysis of the plasticity retention index of the standard Malaysian rubber scheme. J.nat.Rubb.Res. 133.

Tarachiwin, L., Sakdapipanich, J. and Tanaka, Y. 2003. Gel Formation in Natural Rubber-Effect of Additives and Mg^{2+} . Rubber Chemistry and Technology. Vol.76. 1185-1193.

Tanaka, Y. 2007. Structural Characteristics of Long-Chain Branching and Gel in Natural rubber. 1st Thai-Japan Rubber Symposium. 16-19.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

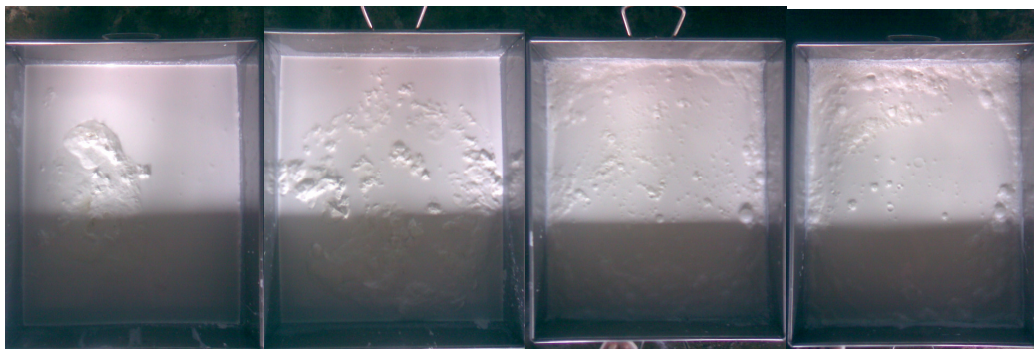
ลักษณะการจับตัวของน้ำยางสดที่เติมสาร TAPP1 และแอมโมเนีย ปริมาณ 0.4 และ 0.7 %w/w

ลักษณะยางจับตัวน้ำยางหลังเติมสารรักษาสภาพ



NH ₃ 0.4%w/w	NH ₃ 0.7%w/w	TAPP1 0.4 %w/w	TAPP1 0.7 %w/w
----------------------------	----------------------------	-------------------	-------------------

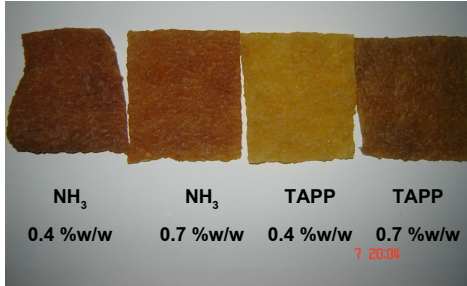
ลักษณะยางจับตัวน้ำยางที่เก็บไว้เป็นระยะเวลาประมาณ 1 เดือน



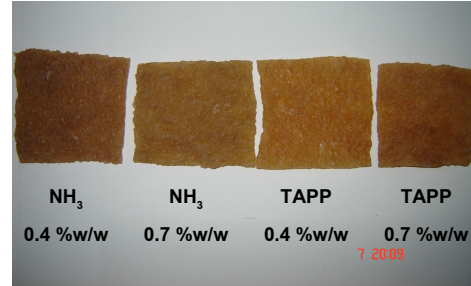
NH ₃ 0.4 %w/w	NH ₃ 0.7%w/w	TAPP 0.4 %w/w	TAPP 0.7 %w/w
--------------------------	-------------------------	---------------	---------------

ลักษณะยางแห้งที่ได้

ยางแห้งที่ได้จากน้ำยางจับตัวทันที



ยางแห้งจากน้ำยางที่เก็บไว้ 1 เดือน



รูปยางแห้งที่ได้จากการเตรียมในระดับอุตสาหกรรม

STR 5L



ยางแห้งที่ได้จากการจับตัวน้ำยางสดทันทีหลังเติมสารรักษาสภาพ



(a) แอมโมเนีย



(b) สาร TAPP1

ยางแห้งที่ได้จากการจับตัวน้ำยางสดหลังเติมสารรักษาสภาพไว้ 1 เดือน



(a) แอมโมเนีย



(b) สาร TAPP1

ผลสมบัติยางแห้งที่ได้จากน้ำยางสดแหล่งต่าง ๆ

ตารางที่ ก.1 ความหนืดมูนิ ความอ่อนตัวเริ่มต้น และดัชนีความอ่อนตัวของยางแห้ง
ที่เตรียมได้จากการจับตัวน้ำยางทันทีหลังเติมสารรักษาสภาพ เมื่อใช้น้ำยางสดจาก
แหล่งต่าง ๆ

สารรักษาสภาพ / แหล่งน้ำยางสด	ความหนืดมูนิ (ML1+4, 100°C)			ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P ₀)			ดัชนีความอ่อนตัวของยาง (PRI)		
	แหล่งน้ำยางสด								
	สงขลา	สุราษฎร์ ธานี	ตรัง	สงขลา	สุราษฎร์ ธานี	ตรัง	สงขลา	สุราษฎร์ ธานี	ตรัง
TAPP1 0.2 %wt	-	54.37	59.73	-	42.7	45.7	-	70.5	98.5
TAPP1 0.3 %wt	-	55.35	60.72	-	43.0	46.8	-	94.2	99.6
TAPP1 0.4 %wt	56.17	60.42	60.92	40.1	46.7	47.9	96.0	76.0	99.4
NH ₃ 0.4 %wt	56.71	44.87	65.53	40.9	33.7	48.4	77.3	82.8	78.7
TAPP1 0.7 %wt	55.76	-	-	37.5	-	-	97.1	-	-
NH ₃ 0.7 %wt	60.07	-	-	42.2	-	-	70.4	-	-

a. ไม่ได้ทำการทดลอง

ตารางที่ ก.2 ความหนืดมูนิ ความอ่อนตัวเริ่มต้น และดัชนีความอ่อนตัวของยางแห้ง
ที่เตรียมจากน้ำยางสดที่ทำการรักษาสภาพไว้เป็นระยะเวลา 7 วัน เมื่อใช้น้ำยางสด
แหล่งต่าง ๆ

สารรักษาสภาพ / แหล่งน้ำยางสด	ความหนืดมูนิ (ML1+4, 100°C)			ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P ₀)			ดัชนีความอ่อนตัวของยาง (PRI)		
	แหล่งน้ำยางสด								
	สงขลา	สุราษฎร์ ธานี	ตรัง	สงขลา	สุราษฎร์ ธานี	ตรัง	สงขลา	สุราษฎร์ ธานี	ตรัง
TAPP1 0.2 %wt	-	*	58.98	-	*	45.9	-	*	94.8
TAPP1 0.3 %wt	-	54.16	59.76	-	42.2	47.6	-	84.4	104.6
TAPP1 0.4 %wt	56.74	62.43	61.75	43.1	50.6	50.7	102.8	82.6	102.2
NH ₃ 0.4 %wt	49.42	67.81	68.41	36.3	47.5	50.9	70.8	78.7	89.0
TAPP1 0.7 %wt	57.22	-	-	43.1	-	-	112.3	-	-
NH ₃ 0.7 %wt	57.20	-	-	38.6	-	-	56.5	-	-

* น้ำยางเสียสภาพจับตัวเป็นก้อน

- ไม่ได้ทำการทดลอง

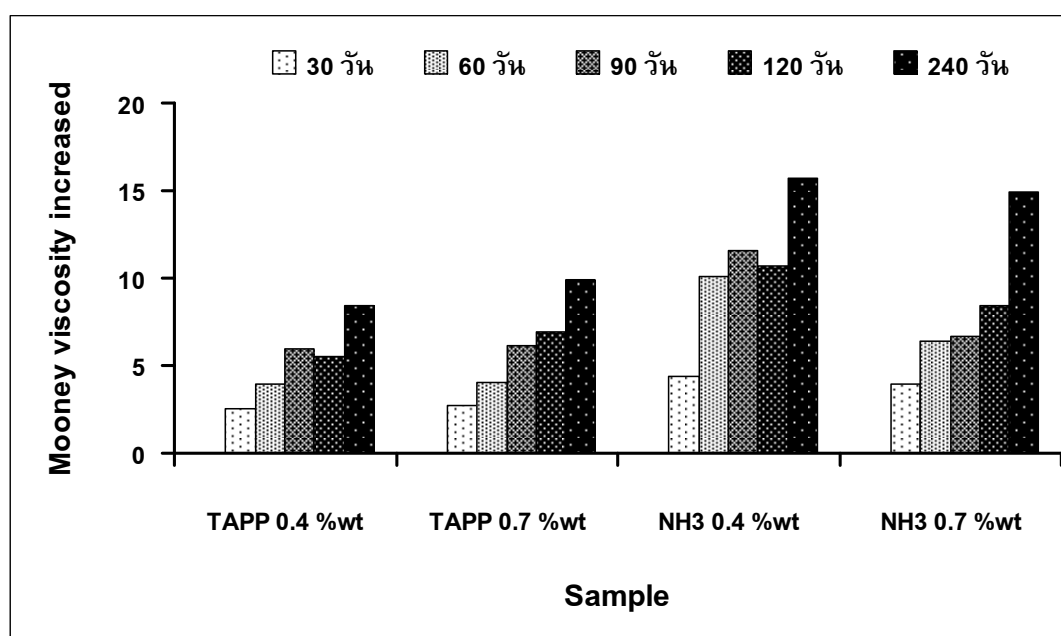
ตารางที่ ก.3 ความหนืดมูนี่ ความอ่อนตัวเริ่มต้น และดัชนีความอ่อนตัวของยางแห้ง
ที่เตรียมได้จากน้ำยางสดที่ทำการรักษาสภาพไว้เป็นระยะเวลาประมาณ 1 เดือน
เมื่อใช้น้ำยางสดจากแหล่งต่างๆ

สารรักษาสภาพ / แหล่งน้ำยางสด	ความหนืดมูนี่ (ML1+4, 100°C)			ความอ่อนตัวเริ่มต้น (P ₀)			ดัชนีความอ่อนตัวของยาง (PRI)		
	แหล่งน้ำยางสด								
	สงขลา	สุราษฎร์ธานี	ตรัง	สงขลา	สุราษฎร์ธานี	ตรัง	สงขลา	สุราษฎร์ธานี	ตรัง
TAPP1 0.2 %wt	-	*	*	-	*	*	-	*	*
TAPP1 0.3 %wt	-	*	62.37	-	*	50.1	-	*	101.1
TAPP1 0.4 %wt	56.34	*	64.57	43.5	*	53.3	106.2	*	100.4
NH ₃ 0.4 %wt	75.87	*	68.23	50.8	*	55.2	40.2	*	66.8
TAPP1 0.7 %wt	58.56	-	-	44.9	-	-	106.2	-	-
NH ₃ 0.7 %wt	86.33	-	-	56.0	-	-	32.0	-	-

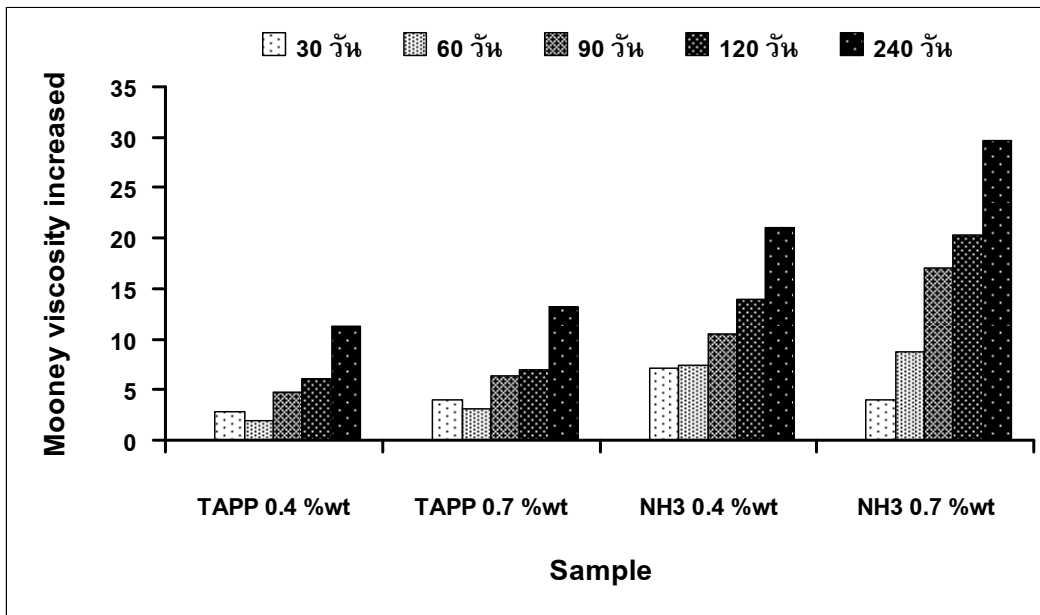
* น้ำยางเสียสภาพจับตัวเป็นก้อน

- ไม่ได้ทำการทดลอง

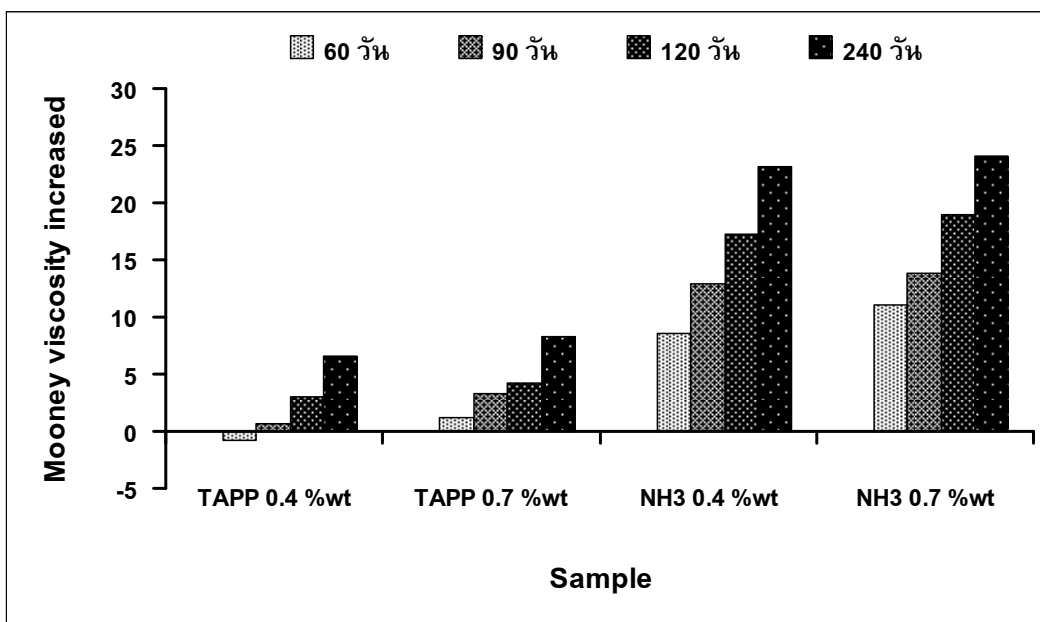
ผลค่าความหนืดมูนี่ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บยางแห้งไว้เป็นระยะเวลา 240 วัน



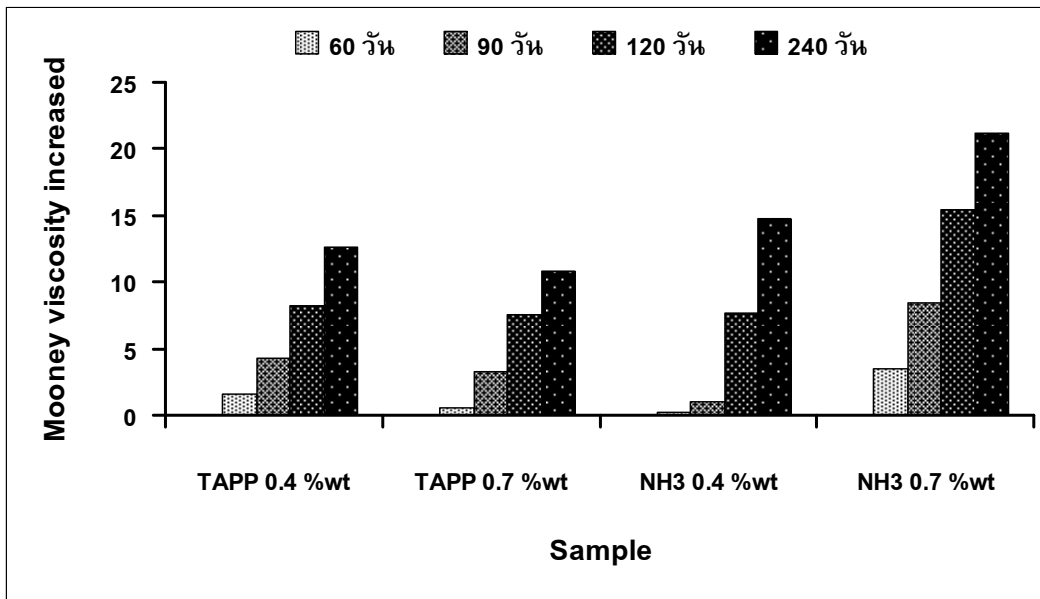
รูปที่ ก1 ความหนืดมูนี่ที่เพิ่มขึ้นของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพเป็นเวลา 0 วัน
เมื่อเก็บยางไว้เป็นเวลา 240 วัน



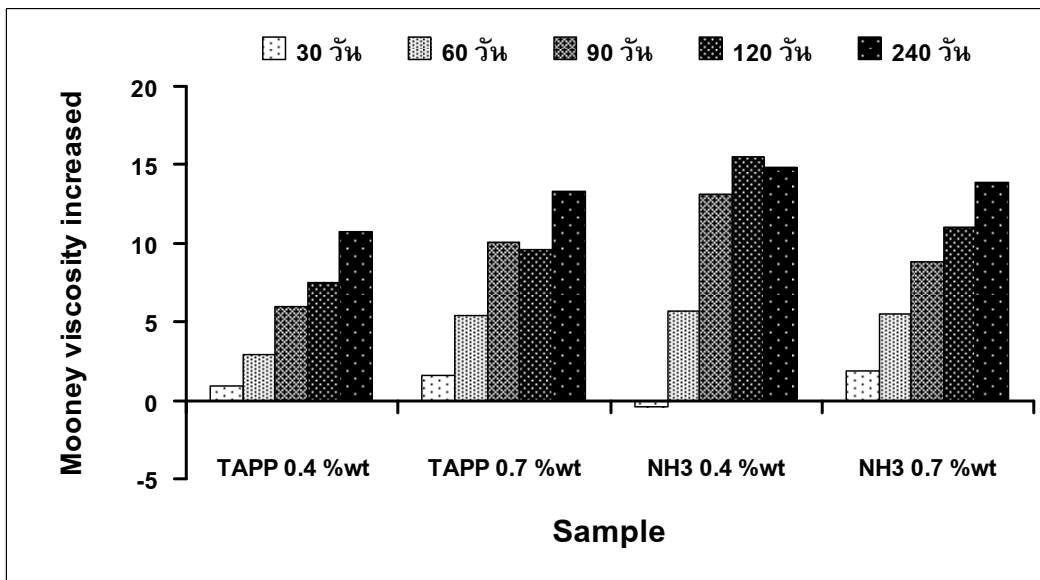
รูปที่ ก2 ความหนืดมูนนี่ที่เพิ่มขึ้นของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพเป็นเวลา 8 วัน เมื่อเก็บยางไว้เป็นเวลา 240 วัน



รูปที่ ก3 ความหนืดมูนนี่ที่เพิ่มขึ้นของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพเป็นเวลา 14 วัน เมื่อเก็บยางไว้เป็นเวลา 240 วัน



รูปที่ ก4 ความหนืดมูนนี่ที่เพิ่มขึ้นของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพเป็นเวลา 21 วัน เมื่อเก็บยางไว้เป็นเวลา 240 วัน



รูปที่ ก5 ความหนืดมูนนี่ที่เพิ่มขึ้นของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางรักษาสภาพเป็นเวลา 35 วัน เมื่อเก็บยางไว้เป็นเวลา 240 วัน

ภาคผนวก ข
เอกสารการเผยแพร่ผลงาน

STUDY OF SODIUM DODECYL SULPHATE/AMMONIA AS PROLONGED PRESERVATIVE FOR FIELD NATURAL RUBBER LATEX

Sopita Jitboon¹, Wirach Taweepreda^{*1}, Surapich Loykulnant², Oraphin Chaikumpollert², and Krisda Suchiva^{2,3}

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

²National Metal and Materials Technology Center, Pathumthani, Thailand

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

* Corresponding Author E-Mail Address: wirach.t@psu.ac.th

Abstract: Natural rubber latex (NRL) is usually coagulated with organic acid. Coagulation is also achieved by adding an anionic surfactant such as sodium dodecyl sulphate (SDS) which destabilises fresh latex. However, addition of SDS and ammonia together has been found to prolong the preservation time of fresh latex. The rubber particle size of fresh latex is constant after adding the mixture of SDS with ammonia for a longer time than adding the ammonia solution alone. It was also found that the volatile fatty acid (VFA) number of the latex reduced. In this study, we investigated the coagulation and rancidity process of NRL by observing the variation of latex properties after adding difference preservatives.

Introduction

Natural Rubber latex (NRL) from *Hevea brasiliensis* contains a large number of non-rubber constituents and has a complex biological system. It is therefore not surprising that obvious chemical and physical changes occur shortly after the NRL leaves the tree which is known as spontaneous coagulation and putrefaction. It is supposed that the development of acidity and short chain fatty acid through the interaction of microorganisms with the various non-rubber constituents and the hydrolysis of various lipid substances present in the latex, respectively [1]. It is necessary to prevent the both spontaneous coagulation and putrefaction occurring by preservation. The latex preservation will enhance the latex particles remain in a liquid condition during the period of shipment to, and storage within the factory before being processed into the concentrated NRL and the various forms of dry rubber. The preferred preservative is aqueous ammonia solution, 0.2% by wt. of ammonia on the whole latex is sufficient for short-term preservation. Secondary preservative for natural rubber can be added to prolong the field NRL such as TMTD/ZnO dispersion and boric acid. They are an excellent bactericide. A typical combination comprises 0.2% by wt. ammonia together with 0.2% by wt. boric acid.

In this work, an anionic surfactant: Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) was used as secondary preservative. The molecular structure of SDS is shown in figure 1.

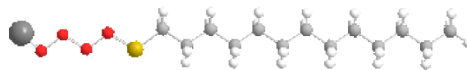


Figure 1 Molecular Structure of SDS.

Materials and Methods

Fresh NR latex was collected from the field, then preserved by adding ammonia and the mixtures of ammonia with secondary preservative such as SDS and boric acid.

The effect of storage period on the VFA number was investigated for the NR latex according to the procedure in ISO standard 506-1992 [3]. The latex particle size and particle size distribution were also investigated using the Malvern Masterizer 2000.

Results and Discussion

Fresh NRL, 33.7% DRC (dry rubber content) contains about 2.7% non-rubber component, the VFA number is dramatically increased from 0.016 to 0.066 after storage for 3 hours. The rubber particle size is also increased and gave board particle size distribution as shown in figure 2.

The pH of fresh NRL is increased from 8.4 to 9.3 after adding 0.2% by wt. of ammonia solution and further increased with SDS solution (10.04 for 0.3% and 10.17 for 0.4% by wt. SDS). The VFA number of preserved NRL was investigated as a function of storage time. The results are shown in Table 1.

Table 1 VFA number of preserved NRL.

Preservatives	VFA No./ storage time (days)					
	0	1	2	3	5	6
NH ₃ 0.2% by wt.	0.017	0.021	0.175	0.404	0.583	0.734
NH ₃ 0.2% + Boric acid 0.2 % by wt.	0.018	0.018	0.023	0.022	0.026	0.031
NH ₃ 0.2% + SDS 0.3 % by wt.	0.018	0.018	0.027	0.027	0.031	0.027
NH ₃ 0.2% + SDS 0.4 % by wt.	0.018	0.023	0.023	0.023	0.027	0.027

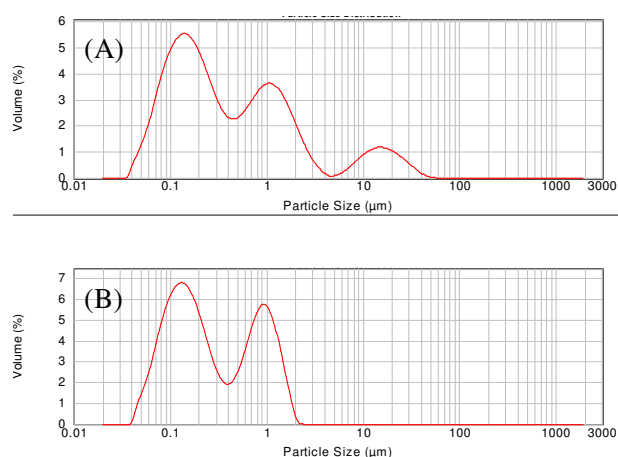


Figure 2 Particle size distribution of fresh field NR latex: (A) non-preserved latex (B) preserved latex.

Conclusions

The combination of 0.2% by wt. ammonia solution with 0.3% by wt. SDS on the whole latex was found the latex can be kept as long as the latex preserved by using boric acid as secondary preservative.

Acknowledgement

This study was supported by the National Metal and Materials Technology Center (MTEC), NSTDA, Ministry of Science and Technology, Thailand. The authors wish to thank Department of Chemical Engineering, and Polymer Science Program for reserach facilities. SJ would like to thank Faculty of Science and Graduate School, Prince of Songkla University for the M.Sc. studentship.

References

1. BLACKLEY, D.C., *Polymer Latices Vol. 2*, 2nd ed. (Chapman & Hall, New York, 1997) p. 1-132
2. JOHN, C.K., *J.Rubb.Res.Inst. Malaya*, **23(2)**, p.147-156 (1971)
3. ISO Standard 506-1992 : *Rubber latex, natural, concentrate – Determination of volatile fatty acid number.*

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล	นางสาวโสภิตา จิตบุญ	
รหัสประจำตัวนักศึกษา	4910220129	
วุฒิการศึกษา		
วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2549

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการการศึกษา)

ผู้ช่วยนักวิจัย (Research Assistant, RA) จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
วิทยาเขตหาดใหญ่

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

Sopita Jitboon., Wirach Taweepreda., Surapich Loykulnant., Oraphin Chaikumpollert.,
and Krisda Suchiva.,2007. "Study of Sodium Dodecyl Sulphate/Ammonia as
Prolonged Preservative for Field Natural Rubber Latex." 1st Thai-Japan Rubber
Symposium, August 20-22, 2007, Chonburi, Thailand.