

การศึกษาผลกระทบของสารเคมีและระยะเวลาการเก็บของน้ำยางสด  
ต่อสมบัติน้ำยางธรรมชาติ และฟิล์มยาง

Effect of Chemicals and Storage Period of Field Natural Rubber Latex  
on the Properties of Natural Rubber Latex and Dipped Film

ศรินภา สันติพานุโสภณ  
Sirinapa Santipanusopon

วิทยานิพนธ์นี้สำหรับการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพอลิเมอร์  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

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

2552

๑ ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เลขหมู่	TS 1892 ค 646 2552 ค 2
Bib Key	310984
	1 0 711 ค 2552

(1)

ชื่อวิทยานิพนธ์ การศึกษาผลกระทบของสารเคมีและระยะเวลาการเก็บของน้ำยางสด  
ต่อสมบัติน้ำยางธรรมชาติ และฟิล์มยาง  
ผู้เขียน นางสาวศิรินภา สันติภาณุโสภณ  
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพอลิเมอร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

คณะกรรมการสอบ

.....  
(ดร.สอาด ริยะจันทร์)

.....ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราภรณ์ ไชยบัญญัติษฐ์)

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

.....กรรมการ  
(ดร.สอาด ริยะจันทร์)

.....กรรมการ  
(ดร.ธาริณี นามพิชญ์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้  
สำหรับการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และ  
เทคโนโลยีพอลิเมอร์

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

ชื่อวิทยานิพนธ์      การศึกษาผลกระทบของสารเคมีและระยะเวลาการเก็บของน้ำยางสดต่อ  
สมบัติน้ำยางธรรมชาติ และฟิล์มยาง  
ผู้เขียน                นางสาวศิริรภา สันติภาณุโสภณ  
สาขาวิชา              วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพอลิเมอร์  
ปีการศึกษา            2552

### บทคัดย่อ

จากอิทธิพลของปริมาณสารเคมีที่เติมในน้ำยางสดของชาวสวน และในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น รวมถึงพฤติกรรมการเก็บน้ำยางสดของเจ้าของสวนยางเป็นระยะเวลานานก่อนนำส่งโรงงานน้ำยางข้น เนื่องจากความแปรปรวนของราคาน้ำยางธรรมชาติ อาจก่อให้เกิดความแตกต่างของสมบัติน้ำยางข้นซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ของผลิตภัณฑ์แบบจุ่ม วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาอิทธิพลของสารเคมี ได้แก่ สารรักษาสภาพน้ำยาง แอมโมเนียร่วมกับ TMTD/ZnO (TZ) สารตกตะกอนแมกนีเซียม ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (DAP) และสารรักษาเสถียรภาพ แอมโมเนียมลอเรต ในการผลิตน้ำยางข้นเชิงการค้าด้วยกระบวนการเซนตริฟิวส์จากรยะเวลาก่อนเก็บน้ำยางสดนานจาก 0 ถึง 45 วัน ที่มีผลต่อสมบัติน้ำยางข้น การจับตัวของน้ำยางสกิม และสมบัติของฟิล์มยางทั้งก่อนและหลังบ่มแรง น้ำยางสดถูกรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียความเข้มข้น 0.35 ถึง 0.80%w/w ร่วมกับ TZ พบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณแอมโมเนียในน้ำยางสดที่ระยะเวลาการเก็บน้ำยางสดเป็นเวลานาน ส่งผลต่อปริมาณเจลในน้ำยางข้นและค่าทนต่อแรงดึงของฟิล์มยางที่สูงขึ้น ในขณะที่ความเสถียรเชิงกลของน้ำยางข้นลดลงเมื่อน้ำยางสดถูกเก็บเป็นระยะเวลานาน สังเกตได้จากปริมาณของเจลเพิ่มขึ้น การเติม DAP ในน้ำยางสดก่อนผลิตเป็นน้ำยางข้นในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยบ่งชี้จากปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางสดจากระดับ >200 ppm จนตรวจวัดไม่ได้ พบว่าปริมาณกรดไขมันระเหยได้ของน้ำยางข้นไม่ขึ้นกับปริมาณ DAP และสังเกตได้ว่าเมื่อปริมาณฟอสเฟตมากกว่า 400 ppm ในน้ำยางข้น ปริมาณเจล และความหนืดของน้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียสูงเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเกิดพันธะระหว่างหมู่ฟอสเฟตในน้ำยางธรรมชาติ ปริมาณของแอมโมเนียมลอเรตที่เพิ่มขึ้นในน้ำยางสดและน้ำยางข้น ส่งผลต่อปริมาณโปรตีนละลายน้ำที่ต่ำลง สมบัติการทนต่อแรงดึงของฟิล์มยางทั้งก่อนและหลังบ่มแรงดีขึ้น เนื่องจากดัชนีการบวมตัวของยางคอมพาวด์สูงขึ้น เมื่อปริมาณ TZ เพิ่มขึ้น ความหนืดของน้ำยางข้นที่ได้จากน้ำยางสดระยะเวลาเก็บนาน 15 วันเพิ่มขึ้น อิทธิพลของระยะเวลาเก็บน้ำยางสดเป็นปัจจัยหลักต่อความหนืด ปริมาณเจล ความเสถียรเชิงกล ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ของน้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียสูง และสำหรับการจับตัวของน้ำยางสกิมวิธีที่ได้ผลดีในการปรับปรุงการจับตัวของน้ำยางสกิมเชิงอุตสาหกรรม คือ การผสมกันระหว่างพอลิเมอร์ชนิดพอลิอะคริลาไมด์ และแคลเซียมคาร์บอเนตจับตัวน้ำยางสกิมร่วมกับกรดซัลฟิวริก

**Thesis Title**                    Effect of Chemicals and Storage Period of Field Natural Rubber Latex on the Properties of Natural Rubber Latex and Dipped Film

**Author**                            Miss Sirinapa Santipanusopon

**Major Program**                Polymer Science and Technology

**Academic Year**                 2009

### **ABSTRACT**

The influence of chemical addition in both latex obtained from the gardener and the latex concentrate production derived from the rubber garden owners's behavior about a store of the field latex for long period before sending them to the concentrated natural rubber (NR) latex factory due to the variation of latex price, leads to the different properties of concentrated NR latex as a raw material for dipped latex film product. The aim is to study the influence of chemical treatment including ammonia and TMTD/ZnO (TZ) as preservatives, diammonium phosphate (DAP) as magnesium ion sedimentation and ammonium laurate as stabilizer for the production of the commercial concentrate latex by centrifugation process as well as the storage times of field latex from 0-45 days on the properties of concentrated NR latex, the coagulation of theirs skim latex and dipped film both un-aged and aged. The field latex was preserved with ammonia concentrations at 0.35-0.80%w/w with the mixture of 1:1 TMTD: ZnO. These results showed that the increasing ammonia content in NR latex with long storage period time provided the high value in gel content and tensile strength of the dipped latex film, while the mechanical stability time of the resulting NR latex decreased after field latex stored for a long period due to the increasing in hydrogen bonding of ammonia and rubber molecules chains observing from gel content. The field NR latex were treated with different levels of DAP from >200 to roughly zero ppm of magnesium in field NR latex. It was found that VFA No. of concentrated NR were independent with DAP content in field latex. The addition of over 400 ppm phosphate content in latex concentrate, the gel content and viscosity of high ammonia latex concentrate grade (HA latex) increased with increasing storage times because of the crosslinking between phosphate groups in NR latex. Then, the increasing in ammonium laurate in field latex and latex concentrate addition showed the good properties of aqueous extractable protein, tensile of latex film



at both aged and un-aged because their swelling index increased with increasing ammonium laurate content in latex. The viscosity of HA latex for 15 days field latex storage could be increased with high TZ amount addition. Considering the influence of the increasing in field latex storage time on properties of latex, it is a main factor in viscosity, gel content, MST and VFA no. of HA latex as well as the skim latex un-coagulation problem. The optimum condition of skim rubber coagulation was the blends among chemical reagents including polyacrylamide polymer, calcium carbonate and concentrated sulfuric acid.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ต้องขอขอบพระคุณดร. สอาด ริยะจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูง ที่กรุณาชี้แนะแนวทางในการศึกษาการทำวิจัย และให้คำปรึกษาที่ดีมาโดยตลอด ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราภรณ์ ไชยบัญญัติษฐ์ กรุณาได้รับเป็นประธานกรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรสา ภัทรไพบูลย์ชัย และ ดร.ชาวิณี นามพิชญ์ ที่ร่วมเป็นกรรมการสอบและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณคุณวรินทร์ วงศาสุทธิกุล กรรมการผู้จัดการใหญ่ บริษัท ไทยรับเบอร์ลาเท็กซ์ คอร์ปอเรชั่น (ประเทศไทย) จำกัด สำหรับโอกาสที่ดียิ่งในการทำงานวิจัยร่วมกับบริษัท ขอขอบคุณฝ่ายวิจัยและพัฒนาสำหรับการอนุเคราะห์สถานที่ สารเคมีและอุปกรณ์ในการทำงานวิจัยอย่างยิ่ง ขอขอบคุณน้ำใจและความร่วมมืออันอบอุ่นของพนักงานฝ่ายวิจัยและพัฒนา น้องจันทร์จิรา ศิวกานต์ น้ำฝน และพัชรีญา และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และพนักงานหน่วยผลิตน้ำยางชั้นและหน่วยผลิตสีกิมสำหรับน้ำใจและความช่วยเหลือในการทำวิจัยระดับอุตสาหกรรม

ขอขอบพระคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ สำหรับสถานที่และอุปกรณ์ทำงานวิจัย และคณาจารย์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ทุกท่าน สำหรับคำปรึกษาและความรู้ตลอดการศึกษา

ขอขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยและส่งเสริมธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อมสำหรับโอกาส และทุนวิจัย

ขอขอบพระคุณคุณแม่ประพิน สันติภานุโสภณ และน้องสาวทุกคน สำหรับกำลังใจตลอดการศึกษา ขอขอบคุณเพื่อนพ้องและเพื่อนๆ ทุกคนสำหรับความน้ำใจช่วยเหลือและกำลังใจอันอบอุ่นตลอดมา รวมถึงเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ทุกท่าน

ศิริภานุ สันติภานุโสภณ

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	(3)
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(6)
รายการตาราง	(15)
รายการภาพประกอบ	(18)
สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ	(23)
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 บทนำตั้งเรื่อง	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 แผนงานวิจัย	4
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 น้ำยางธรรมชาติ (Natural rubber latex)	5
2.1.1 ส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ	6
2.1.2 ส่วนประกอบทางเคมี	8
2.1.3 การศึกษาผิวของอนุภาคยาง	10
2.2 ลักษณะน้ำยางธรรมชาติ	13
2.3 สารรักษาสภาพน้ำยาง	14
2.4 คุณภาพน้ำยางสด	16
2.5 กระบวนการผลิตน้ำยางข้น	17
2.6 คุณภาพน้ำยางข้น	21
2.7 น้ำยางสกิม	26
2.7.1 การตรวจสอบการจับตัวของน้ำยางสกิม	26
2.8 น้ำยางคอมปาวด์	27
2.8.1 สารเคมีสำหรับผสมน้ำยางคอมปาวด์	27
2.8.2 การตรวจสอบน้ำยางคอมปาวด์	29
	(7)



## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3.4 การทดสอบสมบัติน้ำยางสด	47
3.3.4.1 การทดสอบสมบัติพื้นฐาน	47
1) ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TSC)	47
2) ปริมาณเนื้อยางแห้ง (DRC)	48
3) ปริมาณความเป็นด่าง (Alkalinity)	48
4) ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (VFA No.)	48
5) ปริมาณแมกนีเซียม (Mg content)	48
3.3.5 การทดสอบสมบัติน้ำยางข้น	49
3.3.5.1 การทดสอบสมบัติพื้นฐาน	49
1) ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TSC)	49
2) ปริมาณเนื้อยางแห้ง (DRC)	49
3) ปริมาณความเป็นด่าง (Alkalinity)	49
4) ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (VFA No.)	49
5) ปริมาณแมกนีเซียม (Mg content)	50
6) ความหนืด (Viscosity)	51
7) ความเสถียรเชิงกล (MST)	51
3.3.5.2 การทดสอบสมบัติน้ำยางอื่นๆ	52
1) ปริมาณฟอสเฟต (Phosphate content)	52
2) ปริมาณเจล (Gel content)	53
3) ปริมาณโปรตีนละลายน้ำ (Aqueous extractable protein)	53
3.3.6 การทดสอบการจับตัวของน้ำยางสกิม	53
3.3.7 การศึกษาสาเหตุการไม่จับตัวของน้ำยางสกิม	55
3.3.8 แนวทางการแก้ไขปัญหาการไม่จับตัวของน้ำยางสกิม	56
3.3.9 การทดสอบดัชนีบวมตัวของน้ำยางผสมสารเคมี (Swelling index)	57
3.3.10 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของฟิล์มยางก่อนปมเร่ง	58
3.3.11 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของฟิล์มยางหลังปมเร่ง	59

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	60
4.1 ผลกระทบของปริมาณแอมโมเนีย (NH <sub>3</sub> ) และระยะเวลาเก็บน้ำยางสด	60
4.1.1 ผลกระทบต่อสมบัติน้ำยางสด	60
4.1.1.1 ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (VFA no.)	61
4.1.1.2 ปริมาณแมกนีเซียม (Mg content)	62
4.1.1.3 ปริมาณฟอสเฟต (Phosphate content)	63
4.1.2 ผลกระทบต่อสมบัติน้ำยางข้น	64
4.1.2.1 ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (VFA no.)	64
4.1.2.2 ความเสถียรเชิงกล (MST)	66
4.1.2.3 ปริมาณแมกนีเซียม (Mg content)	68
4.1.2.4 ปริมาณฟอสเฟต (Phosphate content)	69
4.1.2.5 ความหนืด (Viscosity)	70
4.1.2.6 ปริมาณเจล (Gel content)	72
4.1.3 ผลกระทบต่อการจับตัวของน้ำยางสกิม	73
4.1.3.1 ผลกระทบของ NH <sub>3</sub>	73
4.1.3.2 ลักษณะก้อนยางสกิมหลังจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริก	74
4.1.3.3 ผลกระทบของปริมาณกรดซัลฟิวริก	77
4.1.4 สรุปผลการทดลอง	79
4.2 ผลกระทบของปริมาณ DAP และระยะเวลาเก็บน้ำยางสด	80
4.2.1 ผลกระทบต่อสมบัติน้ำยางข้น	80
4.2.1.1 ปริมาณฟอสเฟต (Phosphate content)	80
4.2.1.2 ความเสถียรเชิงกล (MST)	81
4.2.1.3 ความหนืด (Viscosity)	82
4.2.1.4 ปริมาณเจล (Gel content)	84
4.2.1.5 ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (VFA no.)	85
4.2.2 ผลกระทบต่อการจับตัวของน้ำยางสกิม	86
4.2.2.1 ลักษณะก้อนยางสกิมหลังจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริก	86
4.2.3 สรุปผลการทดลอง	90

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 ผลกระทบของปริมาณแอมโมเนียมลอเรตและระยะเวลาเก็บน้ำยางสด	90
4.3.1 ผลกระทบต่อสมบัติน้ำยางชั้น	91
4.3.1.1 ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (VFA no.)	91
4.3.1.2 ความเสถียรเชิงกล (MST)	91
4.3.1.3 ปริมาณเจล (Gel content)	93
4.3.1.4 ปริมาณโปรตีนละลายน้ำ (Aqueous extractable protein)	94
4.3.2 ผลกระทบต่อการจับตัวของน้ำยางสกิม	95
4.3.2.1 ลักษณะก้อนยางสกิมหลังจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริก	95
4.3.3 สรุปผลการทดลอง	96
4.4 ผลกระทบของปริมาณ TZ และระยะเวลาเก็บน้ำยางสด	96
4.4.1 ผลกระทบต่อสมบัติน้ำยางสด	96
4.4.1.1 ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (VFA no.)	97
4.4.2 ผลกระทบต่อสมบัติน้ำยางชั้น	98
4.4.2.1 ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (VFA no.)	98
4.4.2.2 ความเสถียรเชิงกล (MST)	99
4.4.2.3 ความหนืด (Viscosity)	101
4.4.2.4 ปริมาณเจล (Gel content)	102
4.4.2.5 ปริมาณโปรตีนละลายน้ำ (Aqueous extractable protein)	103
4.4.3 ผลกระทบต่อการจับตัวของน้ำยางสกิม	105
4.4.3.1 ลักษณะก้อนยางสกิมและระยะเวลาแยกชั้นยาง	105
4.4.4 สรุปผลการทดลอง	107
4.5 สรุปผลกระทบของสารเคมีและระยะเวลาเก็บน้ำยางสด	108
4.5.1 ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (VFA no.)	108
4.5.2 ความเสถียรเชิงกล (MST)	109
4.5.3 ความหนืด (Viscosity)	110
4.5.4 ปริมาณเจล (Gel content)	111
4.5.5 ปริมาณแมกนีเซียม (Mg content)	112
4.5.6 ปริมาณฟอสเฟต (Phosphate content)	113
4.5.7 ปริมาณโปรตีนละลายน้ำ (Aqueous extractable protein)	113

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.5.8 การจับตัวของน้ำยางสกิม	113
4.6 แนวทางการแก้ไขปัญหาน้ำยางสกิมไม่จับตัว	115
4.6.1 ศึกษาปัจจัยด้านสารเคมีที่มีผลต่อการจับตัวของน้ำยางสกิม	115
4.6.1.1 ศึกษาผลกระทบของปริมาณแอมโมเนียและ ระยะเวลาเก็บน้ำยางสดต่อปริมาณไนโตรเจน และความเป็นประจุของน้ำยางสกิม	115
4.6.2 การแก้ไขปัญหาน้ำยางสกิมไม่จับตัว	118
4.6.2.1 ผลกระทบของสารจับตัวของน้ำยางสกิมชนิดต่างๆ	119
4.6.2.1.1 ชนิดของสารช่วยจับตัว	119
4.6.2.1.2 การระบุระดับลักษณะการจับตัวของสกิม	119
4.6.2.1.3 ผลกระทบของสารช่วยจับตัว	120
4.6.2.1.4 ผลกระทบของพอลิเมอร์	122
4.6.3 สรุปผลการทดลอง	128
4.7 ผลกระทบของปริมาณ $\text{NH}_3$ DAP TZ และแอมโมเนียมลอเรต ที่ระยะเวลาเก็บน้ำยางสดต่างๆ ต่อดัชนีการบวมตัวของน้ำยางคอมปาวด์	129
4.7.1 ผลกระทบของปริมาณ $\text{NH}_3$	129
4.7.2 ผลกระทบของปริมาณ DAP	129
4.7.3 ผลกระทบของปริมาณแอมโมเนียมลอเรต	129
4.7.4 ผลกระทบของปริมาณ TZ	130
4.8 ผลกระทบของปริมาณ $\text{NH}_3$ DAP TZ และแอมโมเนียมลอเรต ที่ระยะเวลาเก็บน้ำยางสดต่างๆ ต่อสมบัติทางกายภาพของฟิล์มยาง	131
4.8.1 ผลกระทบของปริมาณ $\text{NH}_3$	132
4.8.2 ผลกระทบของปริมาณ DAP	134
4.8.3 ผลกระทบของปริมาณแอมโมเนียมลอเรต	136
4.8.4 ผลกระทบของปริมาณ TZ	136
4.8.5 สรุปผลการทดลอง	137



## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอนี้	140
5.1 ผลกระทบของสารเคมีและระยะเวลาเก็บน้ำยางสดที่มีต่อสมบัติน้ำยางสด	140
5.1.1 ผลกระทบของปริมาณ $\text{NH}_3$	140
5.1.2 ผลกระทบของระยะเวลาเก็บน้ำยางสด	140
5.2 ผลกระทบของสารเคมีและระยะเวลาเก็บน้ำยางสดที่มีต่อสมบัติน้ำยางข้น	140
5.2.1 ผลกระทบของปริมาณ $\text{NH}_3$	140
5.2.2 ผลกระทบของปริมาณ DAP	141
5.2.3 ผลกระทบของปริมาณแอมโมเนียมลอรเรต	141
5.2.4 ผลกระทบของปริมาณ TZ	142
5.2.5 ผลกระทบของระยะเวลาเก็บน้ำยางสด	142
5.3 ผลกระทบของสารเคมีและระยะเวลาเก็บน้ำยางสดที่มีต่อการจับตัวของน้ำยางสกิม	143
5.3.1 ผลกระทบของปริมาณ $\text{NH}_3$	143
5.3.2 ผลกระทบของปริมาณ DAP	143
5.3.3 ผลกระทบของปริมาณแอมโมเนียมลอรเรต	144
5.3.4 ผลกระทบของปริมาณ TZ	144
5.3.5 ผลกระทบของระยะเวลาเก็บน้ำยางสด	145
5.4 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการจับตัวของน้ำยางสกิม	145
5.5 แนวทางการแก้ไขการไม่จับตัวของน้ำยางสกิม	145
5.6 ผลกระทบของสารเคมีและระยะเวลาเก็บน้ำยางสดที่มีต่อดัชนีการบวมตัวของน้ำยางคอมปาวด์	146
5.6.1 ผลกระทบของปริมาณ $\text{NH}_3$	146
5.6.2 ผลกระทบของปริมาณ DAP	146
5.6.3 ผลกระทบของปริมาณแอมโมเนียมลอรเรต	146
5.6.4 ผลกระทบของปริมาณ TZ	146
5.6.5 ผลกระทบของระยะเวลาเก็บน้ำยางสด	146

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.7 ผลกระทบของสารเคมีและระยะเวลาเก็บน้ำยางสดที่มีต่อสมบัติ ทางกายภาพของฟิล์มยาง	147
5.7.1 ผลกระทบของปริมาณ $\text{NH}_3$	147
5.7.2 ผลกระทบของปริมาณ DAP	147
5.7.3 ผลกระทบของปริมาณแอมโมเนียมลอเรต	147
5.7.4 ผลกระทบของปริมาณ TZ	147
5.7.5 ผลกระทบของระยะเวลาเก็บน้ำยางสด	148
5.8 ข้อเสนอแนะ	148
บรรณานุกรม	149
ภาคผนวก	158
ก เอกสารการตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน	159
ประวัติผู้เขียน	187

## รายการตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ส่วนประกอบโดยทั่วไปของน้ำยางสด <i>Hevea</i>	6
2.2 การแยกตัวขององค์ประกอบของน้ำยางสดเมื่อถูกเซนตริฟิวส์	19
2.3 ข้อกำหนดมาตรฐานน้ำยางชั้น ISO 2004	21
3.1 ระดับการเติมดีเอพี (DAP) ในน้ำยางสด	45
3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีการบวมตัวและระดับการวัลคาไนซ์ของน้ำยางผสมสารเคมี	57
4.1 ปริมาณแอมกนีเซียมในน้ำยางชั้นแอมโมเนียสูงที่ระยะเวลาการเก็บรักษา น้ำยางสด 0-30 วัน โดยรักษาสภาพด้วย $\text{NH}_3$ ความเข้มข้นต่างๆ	69
4.2 ระดับการจับตัวน้ำยางสกิมเมื่อเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น	74
4.3 ผลกระทบของ $\text{NH}_3$ ในน้ำยางสดต่อการจับตัวน้ำยางสกิมที่ระยะเวลาการเก็บรักษา น้ำยางสด 0 วัน	74
4.4 ผลกระทบของ $\text{NH}_3$ ในน้ำยางสดต่อการจับตัวน้ำยางสกิมที่ระยะเวลาการเก็บรักษา น้ำยางสด 15 วัน	75
4.5 ผลกระทบของ $\text{NH}_3$ ในน้ำยางสดต่อการจับตัวน้ำยางสกิมที่ระยะเวลาการเก็บรักษา น้ำยางสด 30 วัน	76
4.6 ผลกระทบของ $\text{NH}_3$ ในน้ำยางสดต่อการจับตัวน้ำยางสกิมที่ระยะเวลาการเก็บรักษา น้ำยางสด 45 วัน	76
4.7 ผลกระทบของ $\text{NH}_3$ ในน้ำยางสด น้ำยางชั้น และน้ำยางสกิมต่อการจับตัวน้ำยางสกิมที่ระยะเวลาการเก็บรักษา น้ำยางสด 0 วัน	77
4.8 ผลกระทบของปริมาณกรดซัลฟิวริกที่เพิ่มขึ้นต่อการจับตัวน้ำยางสกิมที่ระยะเวลาการเก็บรักษา น้ำยางสด 30 วัน	78
4.9 ผลกระทบของ $\text{NH}_3$ ต่อการจับตัวน้ำยางสกิมที่ระยะเวลาการเก็บรักษา น้ำยางสด 45 วัน	79
4.10 ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ของน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียสูงที่ได้จากการเติม DAP ที่ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด 0 วัน และ 15 วัน	86
4.11 ผลกระทบของ DAP ต่อการจับตัวน้ำยางสกิมที่ระยะเวลาการเก็บรักษา น้ำยางสด 0 วัน	86

## รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
4.12 ผลกระทบของ DAP ต่อการจับตัวน้ำยางสกิมที่ระยะเวลาการเก็บรักษา น้ำยางสด 15 วัน	87
4.13 ความสัมพันธ์ของปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียสูง และน้ำยางสกิม	88
4.14 ผลกระทบของปริมาณ DAP ในน้ำยางสกิมที่มีผลต่อการจับตัว ของน้ำยางสกิม (อายุน้ำยางสกิม 0 วัน)	89
4.15 ผลกระทบของปริมาณ DAP ในน้ำยางสกิมที่มีผลต่อการจับตัว ของน้ำยางสกิม (อายุน้ำยางสกิม 3 วัน)	89
4.16 ความสัมพันธ์ของปริมาณแอมโมเนียมลอเรต และVFA No. ของน้ำยางชั้น อายุ 60 วัน	91
4.17 ผลกระทบของแอมโมเนียมลอเรตต่อการจับตัวน้ำยางสกิม ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำยางสด 0 วัน	95
4.18 ผลกระทบของแอมโมเนียมลอเรตต่อการจับตัวน้ำยางสกิม ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำยางสด 15 วัน	96
4.19 ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ในน้ำยางสดที่ระยะเวลาการเก็บรักษา น้ำยางสด 0-30 วัน โดยรักษาสภาพด้วย TZ และ $\text{NH}_3$ 0.35%w/w	98
4.20 ปริมาณ Zn content ในน้ำยางสด น้ำยางชั้น และน้ำยางสกิม จากน้ำยางสดระยะเวลาเก็บนาน 0 วัน	105
4.21 ผลกระทบของปริมาณ TZ ในน้ำยางสดที่มีผลต่อการจับตัว ของน้ำยางสกิมจากน้ำยางสดเก็บนาน 0 วัน	106
4.22 ผลกระทบของ TZ ในน้ำยางสดต่อการจับตัวน้ำยางสกิม ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำยางสด 15 วัน	107
4.23 สมบัติน้ำยางสกิมและการจับตัวของน้ำยางสกิมอายุ 10 วัน จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียความเข้มข้น 0.35%-0.80%w/w ที่ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด 0-45 วัน	116
4.24 การเปรียบเทียบค่า Zeta potential ของน้ำยางสกิมอายุ 10 วัน และ 18 วัน ผสมจากน้ำยางสดเก็บนาน 0 วัน	117
4.25 ผลกระทบของระยะเวลาเก็บน้ำยางสกิมที่มีผลต่อการจับตัวของน้ำยางสกิม	118
	(16)

## รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
4.26 การกำหนดระดับลักษณะการจับตัวของสกิม	120
4.27 ความเป็นกรดต่างของเกลือและสารช่วยจับตัวชนิดต่างๆ	121
4.28 ลักษณะการจับตัวของน้ำยางสกิมเมื่อจับตัวด้วยเกลือหรือสารช่วยจับตัวร่วมกับกรดซัลฟิวริก	122
4.29 ลักษณะการจับตัวของน้ำยางสกิมเมื่อจับตัวด้วยพอลิเมอร์จับตัวร่วมกับกรดซัลฟิวริก	123
4.30 ลักษณะการจับตัวของน้ำยางสกิมเมื่อจับตัวด้วยพอลิเมอร์หรือสารช่วยจับตัวร่วมกับกรดซัลฟิวริก	124
4.31 ลักษณะการจับตัวของน้ำยางสกิมเมื่อจับตัวด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตและสารสัมร่วมกับกรดซัลฟิวริก	125
4.32 ลักษณะการจับตัวของน้ำยางสกิมเมื่อจับตัวด้วยเอนไซม์ savinase และ papain ร่วมกับกรดซัลฟิวริก (น้ำยางสกิมอายุ 1 วัน)	127
4.33 ดัชนีสารเคมีในการจับตัวน้ำยางสกิมที่ไม่จับตัว	128

## รายการภาพประกอบ

รูป	หน้า
1.1 ปริมาณการใช้น้ำยางธรรมชาติของประเทศไทยปี 2551	1
2.1 การไหลของน้ำยางสดที่จากกรีตต้นยางธรรมชาติ	5
2.2 โครงสร้างทางเคมีของยางธรรมชาติ ( <i>cis</i> -1,4-polyisoprene)	7
2.3 องค์ประกอบหลัก 4 ส่วนในน้ำยางสด หลังจากปั่นแยกน้ำยางที่ความเร็วสูง	8
2.4 สมบัติแอมโฟเทอริกของโปรตีนในยางธรรมชาติ	9
2.5 แผนผังแสดงโครงสร้างของอนุภาคยางธรรมชาติ	11
2.6 ผลกระทบของ pH ต่อประจุรวม โดยโปรตีนและ $\alpha$ -Lecithin	11
2.7 การไอออไนซ์ของโปรตีนในภาวะกรดและด่าง	12
2.8 พฤติกรรมของ $\alpha$ -Lecithin แสดงในภาวะกรดและด่าง	12
2.9 สันนิษฐานของโครงสร้างเจลในน้ำยางธรรมชาติ	13
2.10 ผลของปริมาณแอมโมเนียในน้ำยางต่อจำนวนบั๊กเตอรี	15
2.11 เครื่องเซนตริฟิวส์ปั่นแยกน้ำยางชั้น	20
2.12 ภาพหน้าตัดตามยาวของหัวปั่นน้ำยางชั้น	20
2.13 ผลของแอมโมเนียมลอเรตต่อความเสถียรเชิงกล (MST) ของน้ำยางชั้น HA	23
2.14 ขั้นตอนโดยทั่วไปของการผลิตถุงมือยางธรรมชาติ	30
3.1 ภาพชุดกล้อง VFA No. Markham still	50
3.2 ภาพเครื่องวัดความหนืด Brookfield Viscometer	51
3.3 ภาพเครื่องวัดความเสถียรเชิงกล MST	52
3.4 ภาพแสดงการแยกชั้นของยางสกีมเมื่อเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น	54
3.5 ภาพแสดงเซลล์ใส่ตัวอย่าง	55
3.6 ภาพแสดง Zetasizer Nanoseries model S4700	55
3.7 ภาพแสดง Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometer	56
3.8 ภาพแสดงวิธีการเตรียมฟิล์มน้ำยางผสมสารเคมี	57
3.9 ภาพแสดงการแช่ฟิล์มยางในโหลอื่นและวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง	58
3.10 ภาพแสดงขนาดของชิ้นตัวอย่างทดสอบรูปดัมเบลล์ Die C	58
3.11 เครื่อง universal testing machine	59

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดไขมันระเหยได้ของน้ำยางสด และระยะเวลาเก็บน้ำยางสด 0-45 วัน รักษาสภาพด้วย $\text{NH}_3$ ความเข้มข้นต่างๆ ร่วมกับ TZ	61
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแมกนีเซียมของน้ำยางสด และระยะเวลาเก็บน้ำยางสด ในช่วงเดือน (a) กรกฎาคม และ (b) ธันวาคม	63
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสเฟตของน้ำยางสด และระยะเวลาเก็บน้ำยางสดรักษาสภาพด้วย $\text{NH}_3$ ความเข้มข้นต่างๆ ร่วมกับ TZ	64
4.4 ความสัมพันธ์ของปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (VFA No.) ของน้ำยางสดและอายุน้ำยางชั้น ที่ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด : (a) 0 วัน (b) 15 วัน (c) 30 วัน และ (d) 45 วัน	65
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเสถียรเชิงกล (MST) ของน้ำยางชั้นและอายุน้ำยางชั้น ที่ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด : (a) 0 วัน (b) 15 วัน (c) 30 วัน และ (d) 45 วัน	67
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเสถียรเชิงกลของน้ำยางชั้น อายุ 30 วัน และปริมาณ $\text{NH}_3$ ในน้ำยางสดที่ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด 0-45 วัน	68
4.7 ปริมาณฟอสเฟตของน้ำยางชั้นและอายุน้ำยางชั้นที่ได้จาก น้ำยางสดเก็บนาน (a) 0 วัน และ (b) 15 วัน ตามลำดับ	70
4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของน้ำยางชั้น ที่อายุน้ำยางชั้น 30 วัน และปริมาณ $\text{NH}_3$ ในน้ำยางสด	71
4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของน้ำยางชั้นและปริมาณ แมกนีเซียมในน้ำยางชั้นที่อายุน้ำยางชั้น 30 วัน และระยะเวลาเก็บน้ำยางสด	72
4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเจลของน้ำยางชั้น อายุน้ำยางชั้น 30 วัน และปริมาณ $\text{NH}_3$ ในน้ำยางสด	73
4.11 เวลาการแยกชั้น (phase separation time) ของน้ำยางสกิม ที่ได้จากน้ำยางสดเก็บนาน 30 วัน และจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริก ที่สภาวะรักษาสภาพด้วย $\text{NH}_3$ (a) 0.35%w/w และ (b) 0.80%w/w	78

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสเฟตในน้ำยางชั้นอายุ 30 วัน และปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางชั้น ที่ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด 0 วัน และ 15 วัน	81
4.13 ความสัมพันธ์ของความเสถียรเชิงกล (MST) ของน้ำยางชั้น และอายุน้ำยางชั้นที่ได้จากที่ใดจากระยะเวลาเก็บน้ำยางสด (a) 0 วัน และ (b) 15 วัน ตามลำดับ	83
4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของน้ำยางชั้นอายุ 60 วัน และปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางชั้น (a) และปริมาณฟอสเฟตในน้ำยางชั้น (b) ที่ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด 0 วัน และ 15 วัน	84
4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเจลของน้ำยางชั้นอายุ 60 วัน และปริมาณฟอสเฟตในน้ำยางชั้นที่ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด 0 วัน และ 15 วัน	85
4.16 ความสัมพันธ์ระหว่าง MST ของน้ำยางชั้นและอายุน้ำยางชั้นของการเติมแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางที่ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด 0 วัน	92
4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างความเสถียรเชิงกลของน้ำยางชั้น (MST) ของน้ำยางชั้นอายุ 52 วัน และปริมาณแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยาง	93
4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเจลของน้ำยางชั้นอายุ 50 วัน และปริมาณแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยาง	93
4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโปรตีนละลายน้ำของน้ำยางชั้นอายุ 50 วัน และปริมาณแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยาง	95
4.20 ความสัมพันธ์ระหว่าง VFA No. ของน้ำยางชั้นและอายุน้ำยางชั้นที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วย $\text{NH}_3$ 0.35%w/w ร่วมกับ TZ ความเข้มข้นต่างๆ ที่ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด 0-30 วัน : (a) 0 วัน, (b) 15 วัน และ (c) 30 วัน	100
4.21 ความสัมพันธ์ระหว่าง MST ของน้ำยางชั้นและอายุน้ำยางชั้นที่ได้จาก น้ำยางสดรักษาสภาพด้วย $\text{NH}_3$ 0.35%w/w ร่วมกับ TZ ความเข้มข้นต่างๆ ที่ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด 0-30 วัน : (a) 0 วัน, (b) 15 วัน และ (c) 30 วัน	101



## รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของน้ำยางชั้นและอายุน้ำยางชั้น ที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วย $\text{NH}_3$ 0.35%w/w ร่วมกับ TZ ความเข้มข้นต่างๆ	102
4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเจลของน้ำยางชั้นและอายุน้ำยางชั้นจาก น้ำยางสดรักษาสภาพด้วย $\text{NH}_3$ 0.35%w/w ร่วมกับ TZ ความเข้มข้นต่างๆ	103
4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ของน้ำยางชั้น และปริมาณ TZ ในน้ำยางสด	104
4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนละลายน้ำได้และอายุน้ำยางชั้นที่ได้จากน้ำยางสด ระยะเวลาเก็บนาน 15 วัน รักษาสภาพด้วย $\text{NH}_3$ 0.35%w/w ร่วมกับ TZ ความเข้มข้นต่างๆ	104
4.26 ผลกระทบของปริมาณสารเคมีต่อค่า VFA No. ของน้ำยางชั้น HA อายุ 60 วัน จากระยะเวลาเก็บน้ำยางสดเก็บ 15 วัน	109
4.27 ผลกระทบของปริมาณสารเคมีต่อค่า MST ของน้ำยางชั้น HA อายุ 60 วัน จากระยะเวลาเก็บน้ำยางสดเก็บ 15 วัน	110
4.28 ผลกระทบของปริมาณสารเคมีต่อความหนืดของน้ำยางชั้น HA อายุ 60 วัน จากระยะเวลาเก็บน้ำยางสดเก็บ 15 วัน	111
4.29 ผลกระทบของปริมาณสารเคมีต่อปริมาณเจลของน้ำยางชั้น HA อายุ 60 วัน จากระยะเวลาเก็บน้ำยางสดเก็บ 15 วัน	112
4.30 ผลกระทบของปริมาณสารเคมีและระยะเวลาเก็บน้ำยางสดต่อการจับตัว ของน้ำยางสกิม	114
4.31 สันนิษฐานกลไกการจับตัวของยางสกิมโดยใช้พอลิเมอร์ร่วมกับแคลเซียม คาร์บอเนตหรือสารส้ม	125
4.32 ความสัมพันธ์ของดัชนีการบวมตัว (Swelling Index) ของน้ำยางคอมปาวด์ และปริมาณ $\text{NH}_3$ ที่ระยะเวลาเก็บน้ำยาง 0 วัน 15 วัน และ 45 วัน เวลาในการบ่ม 18 h	129
4.33 ความสัมพันธ์ของดัชนีการบวมตัว (Swelling Index) ของน้ำยางคอมปาวด์ และปริมาณ DAP ที่ระยะเวลาเก็บน้ำยาง 0 วัน และ 15 วัน เวลาในการบ่ม 18 h	130

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.34 ความสัมพันธ์ของดัชนีการบวมตัว (Swelling Index) ของน้ำยางคอมปาวด์และปริมาณแอมโมเนียมลอเรตที่ระยะเวลาเก็บน้ำยาง 0 วัน เวลาในการบ่ม 18 h	131
4.35 ความสัมพันธ์ของดัชนีการบวมตัว (Swelling Index) ของน้ำยางคอมปาวด์และปริมาณ TZ ในน้ำยางสดที่ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด 0 และ 15 วัน ที่เวลาการบ่ม 18 h	132
4.36 ความสัมพันธ์ของสมบัติทางกายภาพของฟิล์มยางและปริมาณ $\text{NH}_3$ ที่ระยะเวลาเก็บน้ำยาง 0 - 45 วัน ทั้งก่อนและหลังบ่มเร่ง (a) ความทนต่อแรงดึง (tensile strength) (b) โมดูลัส (modulus) 500%	133
4.37 ความสัมพันธ์ของสมบัติทางกายภาพของฟิล์มยางและปริมาณ DAP ที่ระยะเวลาเก็บน้ำยาง 0 วัน และ 15 วัน ทั้งก่อนและหลังบ่มเร่ง (a) ความทนต่อแรงดึง (tensile strength) (b) โมดูลัส (modulus) 500%	135
4.38 ความสัมพันธ์ของสมบัติทางกายภาพของฟิล์มยางและปริมาณแอมโมเนียมลอเรต ที่ระยะเวลาเก็บน้ำยาง 0 วัน ทั้งก่อนและหลังบ่มเร่ง (a) ความทนต่อแรงดึง (tensile strength) (b) โมดูลัส (modulus) 500%	137
4.39 ความสัมพันธ์ของสมบัติทางกายภาพของฟิล์มยางและปริมาณ TZ ทั้งก่อนและหลังบ่มเร่งที่ $100^\circ\text{C}$ นาน 22 h (a) ความทนต่อแรงดึง (tensile strength) (b) โมดูลัส (modulus) 500%	138

## สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

สัญลักษณ์	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชื่อภาษาไทย
cPs	Centipoises	เซนติพอยซ์
DAP	Diammonium phosphate	ดีเอพี
DRC	Dry rubber content	ปริมาณยางแห้ง
FL	Field latex	น้ำยางสด
HA	High ammonia latex concentrate	น้ำยางข้นแอมโมเนียสูง
h	Hour	ชั่วโมง
Mg <sup>2+</sup>	Magnesium ion	ไอออนโลหะแมกนีเซียม
Mg content	Magnesium content	ปริมาณแมกนีเซียม
MST	Mechanical stability time	ความเสถียรเชิงกล
min	Minute	นาที
nd	Non detectable	ตรวจวัดไม่ได้
NH <sub>3</sub>	Ammonia	แอมโมเนีย
ppm	Part per million	ส่วนในล้านส่วน
s	Second	วินาที
TMTD	Tetramethylthiuram disulfide	ทีเอ็มทีดี
TSC	Total solid content	ปริมาณของแข็งทั้งหมด
TZ	The mixture of tetramethylthiuram disulfide and zinc oxide	ทีแซด
VFA No.	Volatile fatty acid number	ปริมาณกรดไขมันระเหยได้
(w/w)	Weight by weight	โดยน้ำหนัก
Zn	Zinc	โลหะซิงค์

### สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

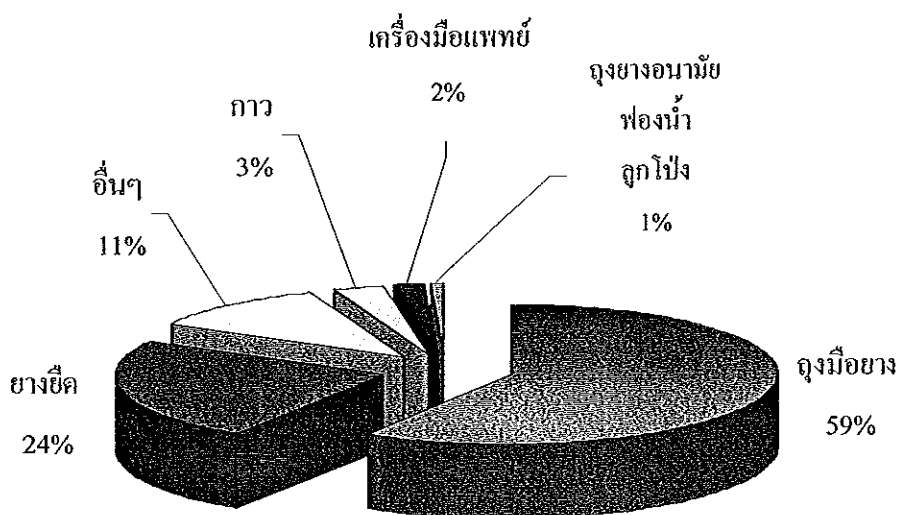
สัญลักษณ์	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชื่อภาษาไทย
Zn <sup>2+</sup>	Zinc ion	ไอออนของซิงค์
ZnO	Zinc oxide	ซิงค์ออกไซด์
ZDEC	Zinc diethyldithiocarbamate	แซดดีอีซี
µm	Micron	ไมโครเมตร

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 บทนำต้นเรื่อง

น้ำยางธรรมชาติ (Natural rubber latex) หรือน้ำยางสด (Fresh latex or Field latex) กรีดได้จากต้นยางพาราพันธุ์ *Hevea Brasiliensis* ในอุตสาหกรรมการแปรรูปยางพาราขั้นต้นสามารถนำน้ำยางสดมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ยางพาราได้อย่างหลากหลาย เช่น น้ำยางข้น ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง ยางแผ่นผึ่งแห้ง และยางเครป ซึ่งในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตน้ำยางข้น มีมูลค่าการส่งออกนับแสนล้านบาทต่อปี น้ำยางข้นสามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น ถุงมือยาง ยางยืด กาว เครื่องมือทางการแพทย์/วิทยาศาสตร์ ถุงยางอนามัย ยางฟองน้ำ ลูกโป่ง ตุ๊กตายาง จุกนมยาง เบาะนั่ง และของเล่นเด็ก ดังแสดงในรูปที่ 1.1 และผลิตภัณฑ์หลักจากน้ำยางข้น คือ ถุงมือยาง มีปริมาณการใช้ในประเทศและมีมูลค่าการส่งออกสูงถึง 28,000 ล้านบาท (ข้อมูลจาก [http://www.rubbercenter.org/stat\\_thai.php](http://www.rubbercenter.org/stat_thai.php), 2552) ประกอบกับมีอัตราการแข่งขันกับต่างประเทศมากขึ้น ดังนั้นการควบคุมและพัฒนาคุณภาพน้ำยางข้น จึงมีความสำคัญในปรับปรุงคุณภาพถุงมือยาง ซึ่งคุณภาพของน้ำยางข้นเป็นผลมาจากปริมาณส่วนที่ไม่ใช่ยางในน้ำยางสดโดยตรง เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไลปีด สารอินทรีย์ ไอออนของ



รูปที่ 1.1 ปริมาณการใช้น้ำยางธรรมชาติของประเทศไทยปี 2551

(ข้อมูลจาก [http://www.rubbercenter.org/stat\\_thai.php](http://www.rubbercenter.org/stat_thai.php), 2552)

โลหะ ซึ่งความแปรปรวนของส่วนที่ไม่ใช่บางประการ สามารถควบคุมได้โดยการใช้สารเคมี ได้แก่ แอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) และเตตระเมทิลโรยูแรมไดซัลไฟด์ร่วมกับซิงค์ออกไซด์ (TZ) ใช้เป็นสารเคมีในการรักษาสภาพน้ำยาง ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (DAP) เป็นสารช่วยลดไอออนของโลหะแมกนีเซียม และแอมโมเนียมลอเรต (ammonium laurate) เป็นสารเพิ่มเสถียรภาพของน้ำยาง โดยปริมาณการเติม  $\text{NH}_3$  และ TZ ชาวสวนยางเป็นผู้เติมก่อนส่งโรงงาน จึงอาจมีการเติมในปริมาณที่แตกต่างกันมาก ส่วน DAP และแอมโมเนียมลอเรต ปริมาณการเติมสารเคมีจะแตกต่างกันตามสมบัติน้ำยางเริ่มต้น เพื่อควบคุมคุณภาพน้ำยางชั้น ดังนั้นความแตกต่างของปริมาณสารเคมีตั้งแต่การเติมจากชาวสวนและในกระบวนการผลิตจึงส่งผลต่อคุณภาพน้ำยางสด และน้ำยางชั้น อีกปัจจัยหนึ่งซึ่งคาดว่าจะมีผลกระทบต่อสมบัติน้ำยางชั้น คือ ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด เนื่องจากความผันผวนของราคาไม้ยางสด เจ้าของสวนยางพาราจึงมีพฤติกรรมการเก็บน้ำยางสดในสวนยางก่อนส่งโรงงานเป็นระยะเวลานาน ซึ่งเมื่อคุณภาพน้ำยางชั้นได้รับอิทธิพลจากปัจจัยปริมาณสารเคมีและระยะเวลาเก็บน้ำยางสด อาจส่งผลกระทบต่อสมบัติของผลิตภัณฑ์หลักจากน้ำยางชั้น คือ ถุงมือยางด้วย และปัญหาที่พบมากขึ้นในอุตสาหกรรมน้ำยางชั้น คือ ปัญหาการไม่จับตัวของน้ำยางสกินซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำยางชั้น โดยน้ำยางสกินจับตัวยากหรือไม่จับตัวในกระบวนการรวบรวมเนื้อยางสกินด้วยกรดซัลฟิวริก ซึ่งทำให้สูญเสียเนื้อยางไปเป็นยางเกรดต่ำลง การแก้ไขปัญหาน้ำยางสกินไม่จับตัวในอุตสาหกรรมน้ำยางชั้นมีการศึกษาวิจัยอย่างต่อเนื่อง แต่ส่วนใหญ่ยังไม่สามารถใช้ได้จริงในระดับอุตสาหกรรมเนื่องจากปัจจัยต้นทุนสารเคมีสูงหรือกระบวนการที่ยุ่งยาก

งานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาวิจัยอย่างครบวงจรในการศึกษาผลกระทบของสารเคมีและระยะเวลาการเก็บของน้ำยางสดต่อสมบัติของน้ำยางสด น้ำยางชั้น และสมบัติของฟิล์มยางแบบจุ่ม เพื่อปรับปรุงคุณภาพของน้ำยางชั้น และเป็นแนวทางลดปัญหาของสมบัติฟิล์มยาง ตลอดจนศึกษาถึงปัญหาการไม่จับตัวของน้ำยางสกิน โดยแนวทางการแก้ไขปัญหาคือการไม่จับตัวของน้ำยางสกินคำนึงถึงการปฏิบัติได้จริงในอุตสาหกรรมเป็นสำคัญ ทั้งต้นทุนสารเคมีและขั้นตอนไม่ยุ่งยากในการปฏิบัติงาน

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลกระทบของปริมาณของสารเคมี ( $\text{NH}_3$ , TZ, DAP, แอมโมเนียมลอเรต) ที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำยางชั้น การไม่จับตัวของน้ำยางสกิม และสมบัติฟิล์มยาง
2. เพื่อศึกษาผลกระทบของระยะเวลาเก็บรักษาน้ำยางสดที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำยางชั้น การไม่จับตัวของน้ำยางสกิม และสมบัติฟิล์มยาง
3. เพื่อแก้ไขปัญหาน้ำยางสกิมไม่จับตัวของบริษัทไทยรับเบอร์ลาเทคส์คอร์ปอเรชั่น (ประเทศไทย) จำกัด มหาชน

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาผลกระทบของปริมาณ  $\text{NH}_3$ , TZ, DAP และแอมโมเนียมลอเรตที่มีต่อสมบัติ น้ำยางสด น้ำยางชั้น และการจับตัวของน้ำยางสกิม
2. ศึกษาผลกระทบของระยะเวลาการเก็บของน้ำยางสดช่วงเวลา 0-45 วันที่มีต่อสมบัติ น้ำยางชั้น และการจับตัวของน้ำยางสกิม
3. ศึกษาผลกระทบของสารเคมีและระยะเวลาการเก็บของน้ำยางสดที่มีต่อดัชนีการบวมตัว ของน้ำยางผสมสารเคมี ค่าความทนต่อแรงดึง และค่าโมดูลัสของฟิล์มยาง
4. ศึกษาแนวทางแก้ไขปัญหาน้ำยางสกิมไม่จับตัวของบริษัทไทยรับเบอร์ลาเทคส์คอร์ปอเรชั่น (ประเทศไทย) จำกัด มหาชน ที่สามารถใช้ได้ในระดับอุตสาหกรรม

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบสาเหตุของปัญหาคุณภาพน้ำยางและการไม่จับตัวของน้ำยางสกิม จากผลกระทบของสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำยางชั้น และระยะเวลาการเก็บน้ำยางสด
2. ปรับปรุงคุณภาพน้ำยางชั้น เพื่อแก้ไขปัญหาบางประการในการผลิตถุงมือยางที่อาจเกิดจากสารเคมีในการผลิตน้ำยางชั้น
3. เป็นแนวทางการแก้ไขปัญหาน้ำยางสกิมไม่จับตัวของบริษัทไทยรับเบอร์ลาเทคส์คอร์ปอเรชั่น (ประเทศไทย) จำกัด มหาชน
4. พัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ให้สามารถทำงานวิจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 1.5 แผนงานวิจัย

กิจกรรม / ขั้นตอน	เดือน																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
การดำเนินงาน																		
1. ศึกษาข้อมูลและเตรียมอุปกรณ์การทดลอง	←→																	
2. ศึกษาผลกระทบของแอมโมเนียต่อน้ำยางชั้น และน้ำยางสกิม		←→																
3. ศึกษาผลกระทบของ DAP ต่อน้ำยางชั้น และน้ำยางสกิม		←→																
4. ศึกษาผลกระทบของแอมโมเนียม-ลอะเรตต่อน้ำยางชั้น และน้ำยางสกิม		←→																
5. ศึกษาผลกระทบของ TMTD/ZnO ต่อน้ำยางชั้น และน้ำยางสกิม			←→															
6. ศึกษาผลกระทบของระยะเวลาการเก็บรักษา น้ำยางสดของสารเคมีชนิดต่างๆ ต่อสมบัติน้ำยางชั้น การจับตัวของน้ำยางสกิม	←→																	
6. ศึกษาตัวแปรที่มีผลกระทบต่อสมบัติฟิล์มยางแบบจุ่ม									←→									
7. สรุปสาเหตุและแนวทางการแก้ไขปัญหาการไม่จับตัวของน้ำยางสกิม							←→											
8. สรุปและวิเคราะห์ผล						←→												
9. เขียนรายงาน									←→									



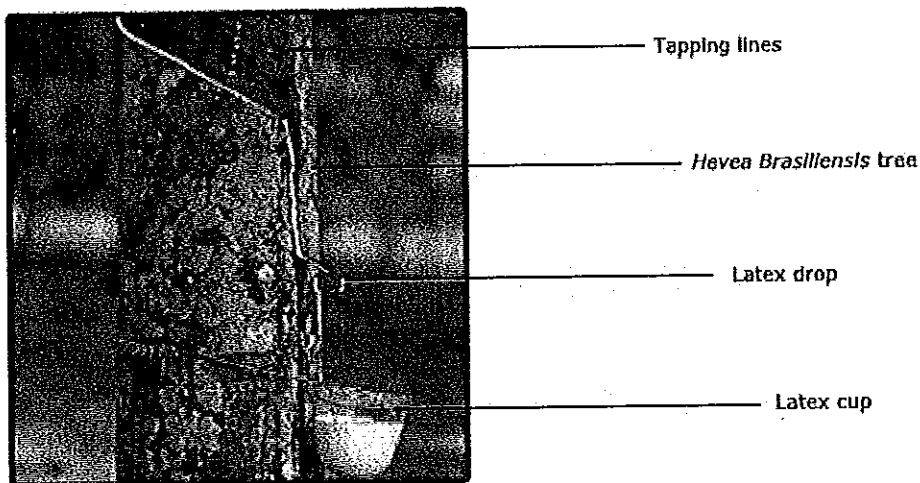
## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 น้ำยางธรรมชาติ (Natural rubber latex)

(เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี, 2541 and <http://th.wikipedia.org/wiki/ยางธรรมชาติ>, 2552)

น้ำยางธรรมชาติ (Natural rubber latex) ไหลจากท่อยางใต้เปลือกต้นยาง มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาว คล้ายน้ำนม มีกลิ่นหอม คุณสมบัติเป็นคอลลอยด์ ประกอบด้วยส่วนอนุภาคยาง และส่วนที่ไม่ใช่ยางแขวนลอยอยู่ในน้ำ เรียกว่าเซรัม อนุภาคยางมีการเคลื่อนที่แบบบราวน์เนียน ซึ่งอัตราการเคลื่อนที่ขึ้นอยู่กับแรงดึงดูดของโลก ดังนั้นการปั่นช่วยเพิ่มแรงดึงดูดและเร่งการเคลื่อนที่ของอนุภาคยาง ซึ่งช่วยแยกเนื้อยางกับเซรัม กระบวนการปั่นแยกน้ำยางสดที่ได้จากต้นยางพารา แยกน้ำยางเป็น 2 ส่วน คือ น้ำยางข้นและหางน้ำยางหรือที่เรียกว่าน้ำยางskim แหล่งผลิตยางธรรมชาติที่ใหญ่ที่สุดในโลกคือ แถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้คิดเป็นร้อยละ 90 ของแหล่งผลิตทั้งหมด ส่วนที่เหลือมาจากแอฟริกากลาง ซึ่งพันธุ์ยางที่ผลิตในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ คือ พันธุ์ *Hevea brasiliensis* น้ำยางที่กรีดได้จากต้นเรียกว่าน้ำยางสด (Fresh latex / Field latex; FL) รูปที่ 2.1 น้ำยางสดจากการกรีดต้นยางธรรมชาติ



รูปที่ 2.1 น้ำยางสดจากการกรีดต้นยางธรรมชาติ  
(<http://www.latexglove.info/manufacturing.php>, 2009)

### 2.1.1 ส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ

ส่วนประกอบทางเคมีของยางธรรมชาติชนิด *Hevea* มีความซับซ้อนเปรียบเทียบกับยางสังเคราะห์ เป็นที่ทราบกันมานานแล้วว่า น้ำยางสดประกอบด้วย ส่วนที่เป็นยางไฮโดรคาร์บอน และสารที่ไม่ใช่ยางหลายกลุ่ม (โปรตีน เรซิน คาร์โบไฮเดรต สารอินทรีย์ น้ำ และอื่น ๆ) ซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนน้อย ส่วนประกอบไม่ใช่ยางหลายชนิดละลายอยู่ในส่วนน้ำเซรัมของน้ำยาง และส่วนที่เหลือจะปกคลุมที่ผิวของอนุภาคยางและบางชนิดแขวนลอยในน้ำยาง

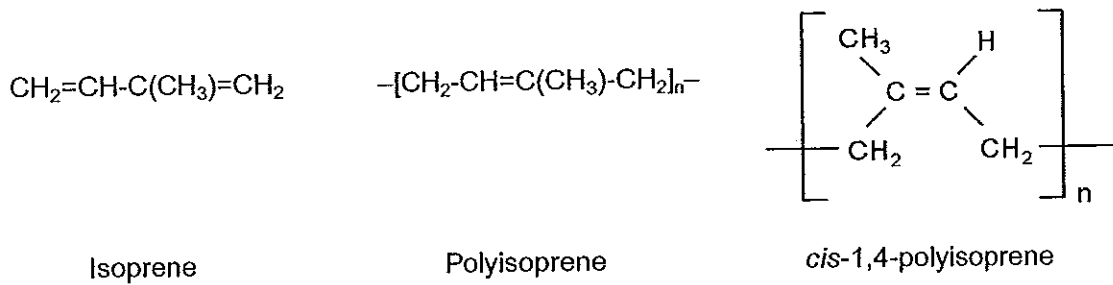
ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบโดยทั่วไปของน้ำยางสด *Hevea*  
(Training group of Rubber research Institute of Malaysia, 1982)

ส่วนประกอบ	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
ปริมาณของแข็ง	22-48
ปริมาณยางแห้ง	25-45
โปรตีน	1.5
เรซิน	2
คาร์โบไฮเดรต	1
สารอินทรีย์	0.5
น้ำ	รวมกันเป็น 100

#### 2.1.1.1 ส่วนประกอบหลักของยางธรรมชาติ

##### ก) อนุภาคยาง

ในน้ำยางสด ประกอบด้วยอนุภาคยาง 25-45% โดยปริมาตรของน้ำยาง โมเลกุลยางเป็นพอลิเมอร์ที่มีหน่วยไอโซพรีนซ้ำๆ กันต่อเป็นสายโซ่โมเลกุลยาว ซึ่งเป็นสารไฮโดรคาร์บอน ชีส 1,4-พอลิไอโซพรีน (*cis*-1,4-polyisoprene) อย่างน้อย 99% ในอนุภาคยางดังแสดงรูปที่ 2.2 ซึ่งเป็นสารที่ไม่ละลายน้ำและเกิดการรวมเป็นกลุ่มโมเลกุล โดยปกติอนุภาคยางเป็นทรงกลม เส้นผ่านศูนย์กลางช่วง 0.02-3  $\mu\text{m}$  แต่ในน้ำยางธรรมชาติของต้นยางที่โตเต็มที่แล้ว อนุภาคมีขนาดใหญ่ขึ้น อนุภาคยางถูกปกคลุมด้วยโปรตีนและไลปิด



รูปที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของยางธรรมชาติ (cis-1,4-polyisoprene) เป็นพอลิเมอร์ของหน่วยไอโซพรีนประมาณ 3,000-5,000 หน่วย

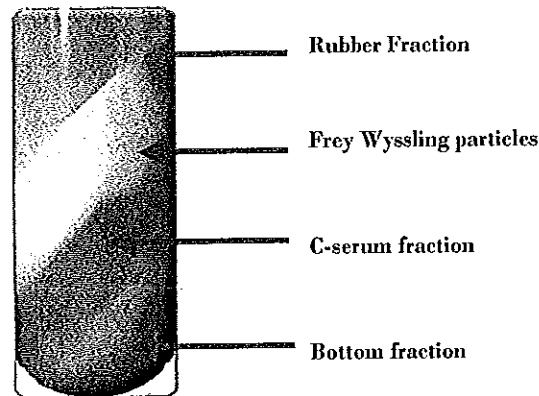
### ข) ลูทอยด์

ส่วนที่ไม่ใช่ยางทั้งหมด คือ ลูทอยด์ มีประมาณ 10-20% โดยปริมาตรของน้ำยาง และมีของแข็ง 12% ลูทอยด์มีรูปทรงกลม โดยทั่วไปมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2-5  $\mu\text{m}$  และล้อมรอบด้วย เมมเบรน ซึ่งมีฟอสโฟไลปิดเป็นองค์ประกอบ ส่วนที่เป็นน้ำภายในลูทอยด์ เรียกว่า บอททอมแฟล็กชัน (Bottom fraction) หรือ บี-เซรัม (B-serum) ซึ่งมีสารที่ละลายน้ำ เช่น กรดเกลือแร่ โปรตีน น้ำตาล และโพลีฟีนอลออกซิเดส ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ยางมีสีเหลืองหรือสีคล้ำเมื่อสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ ลูทอยด์ไวต่อแรงดันออสโมติก เมื่อมีน้ำเพิ่มขึ้นเป็นสาเหตุให้ลูทอยด์บวมแตก ทำให้ความหนืดน้ำยางสดเพิ่มจากปล่อยสารที่ทำให้ยางเสียเสถียรภาพจากภายใน เช่น ไอออนของโลหะแคลเซียม และแมกนีเซียม ทำให้เกิดการจับก้อนของน้ำยางระหว่างการไหล (Training group of Rubber Research Institute of Malaysia, 1982)

ซี-เซรัม (C-serum) (Training group of Rubber research Institute of Malaysia, 1982) ประกอบด้วยสารละลายน้ำเป็นอนินทรีย์ไอออนลบ คือ คาร์บอกซิลิกไอออน ฟอสเฟต ไอออน และ ไอออนบวก แมกนีเซียม แคลเซียม โพแทสเซียม ทองแดง โซเดียม และรูบีเดียม ไอออน รวมทั้งแมงกานีสไอออน ซึ่งถูกดูดติดกับเปลือกไม้ขณะไหลจากต้นยาง

### ค) อนุภาคเฟรย์วีสลิ่ง (Frey Wyssling particle)

อนุภาคเฟรย์วีสลิ่ง รูปร่างเป็นกลุ่มก้อนทรงกลม สีเหลืองอ่อน เนื่องจากมีสารแคโรทีนอยด์ ดัชนีหักเหสูง ขนาดอนุภาคและความหนาแน่นสูงกว่าอนุภาคขนาดเล็กน้อย พบอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม อนุภาคเฟรย์วีสลิ่งทำให้เกิดการอุดตันภายในลูทอยด์ในอนุภาคยาง ในการฟอกสียางให้มีสีขาว เช่น ยางเครปขาว หรือเป็นการกำจัดส่วนสีเหลืองในอนุภาคเฟรย์วีสลิ่งก่อนการจับตัว (Training group of Rubber research Institute of Malaysia, 1982) ดังแสดงรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 องค์ประกอบหลัก 4 ส่วนในน้ำยางสด หลังจากปั่นแยกน้ำยางที่ความเร็วสูง  
(Tangpakdee, 1998)

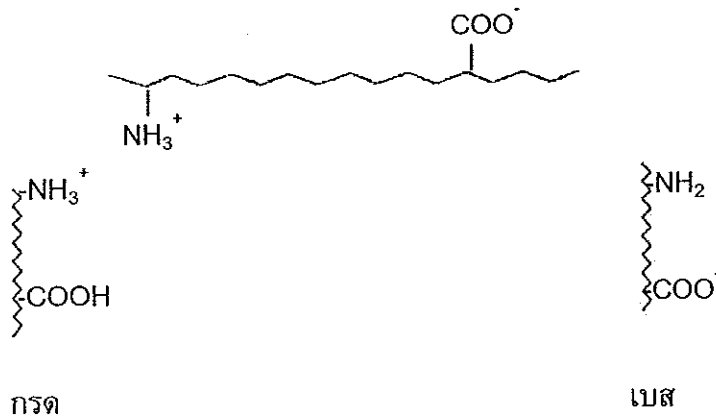
### 2.1.2 ส่วนประกอบทางเคมี

ส่วนประกอบของส่วนที่ไม่ใช่ยางในน้ำยางสด คือ โปรตีน ไลปิด คิวบราซิทอล และ เกลือ อนินทรีย์ แต่คาดว่าในไซโตรพลาสติกของน้ำยางสด มีสารอื่นๆ อีกหลายประเภทใน ปริมาณน้อย (Blackley, 1997)

#### ก) โปรตีน (Rubber Research Institute of Malaysia, 1979 and Blackley, 1997)

ปริมาณโปรตีนในน้ำยางสดมีประมาณ 1-1.5% โปรตีนที่ปกคลุมอนุภาคยาง 20% และอีกประมาณ 20% อยู่ในบอททอมแฟล็กชั้น โปรตีนส่วนที่เหลือละลายอยู่ในเซรัม ไลปิดและ โปรตีนที่อยู่บนอนุภาคยางยังคงเชื่อมโยงอยู่ที่อนุภาคยางแม้ว่าน้ำยางถูกจับตัวด้วยกรด

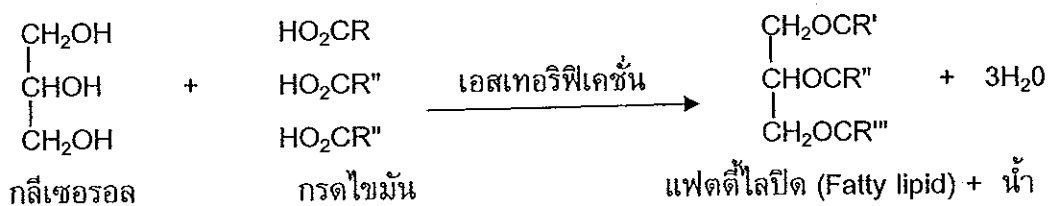
โปรตีน เป็นผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบควบแน่น ของกรด อะมิโน โดยมีการกำจัดน้ำออก โดยพันธะเพปไทด์ โมเลกุลโปรตีน มีกลุ่มอะมิโนและหมู่คาร์บอกซิลติดกับสายโซ่ ซึ่งทำให้มีสมบัติเป็นแอมโฟเทอริก (amphoteric) เนื่องจากมีทั้งประจุบวก และประจุลบขึ้นอยู่กับอิทธิพลของสภาพแวดล้อมแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 สมบัติแอมโฟเทอริกของโปรตีนในยางธรรมชาติ  
(Training group of Rubber research Institute of Malaysia, 1982)

### ข) ไลปิด

ไลปิดไม่ละลายน้ำ พบในชั้นยางปริมาณน้อยกว่าในบอททอมแฟล็กชั้นและในอนุภาคเฟรย์วีสลิ่ง ไลปิดอาจถูกแบ่งเป็นชนิดเป็นกลาง (neutral lipid) และมีขั้ว (polar lipid) ในน้ำยาง ไลปิดที่มีขั้ว คือ ฟอสโฟไลปิด ไลปิดที่เป็นกลางละลายได้ในอะซิโตน แต่ฟอสโฟไลปิดจะไม่ละลาย ปริมาณไลปิดทั้งหมดบนอนุภาคยางอยู่ในช่วง 1.4-3.2% ของยางแห้ง หรือ 0.62-1.7% ของน้ำยาง อย่างไรก็ตาม ปริมาณของฟอสโฟไลปิดจะคงที่ประมาณ 1.0% ของยางแห้ง (Tangpakdee, 1998) การแปรปรวนของไลปิด มาจากความแตกต่างของปริมาณไลปิดที่เป็นกลาง ไลปิดเกิดจากปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ของกลีเซอรอลและกรดไขมัน ดังปฏิกิริยาต่อไปนี้ (พงษ์ธร แซ่ฮุย, 2547)



ในยาง *Hevea* ไลปิดรวมตัวได้กับไอออน เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม ทองแดง แต่ฟอสฟอรัสมีปริมาณมากที่สุด เรียกว่า ฟอสโฟไลปิด ซึ่งเป็นฟอสโฟริติลคลอรีนหรือ แอลฟาเลซิธิน ( $\alpha$ -Lecithin) เป็นองค์ประกอบหลัก (Baimark, 1998)

ค) คาร์โบไฮเดรต (Blackley, 1997)

มีสมบัติละลายน้ำได้ มีประมาณ 1% สารที่พบมาก คือ แอล-เมทิลอินโนซิทอลหรือควิบราจิทอล ส่วนซูโครส กลูโคส กาแล็กโทส ฟรุ็กโทส และเพนโทสพบปริมาณเล็กน้อย ในภาวะที่การรักษาสภาพ น้ำยางไม่เพียงพอ คาร์โบไฮเดรต ยกเว้น อินโนซิทอล ถูกย่อยโดยแบคทีเรีย และเปลี่ยนเป็นกรดไขมันระเหยได้ (กรดฟอร์มิก กรดอะซิติก และกรดพรอพิโอนิก)

ง) สารอนินทรีย์

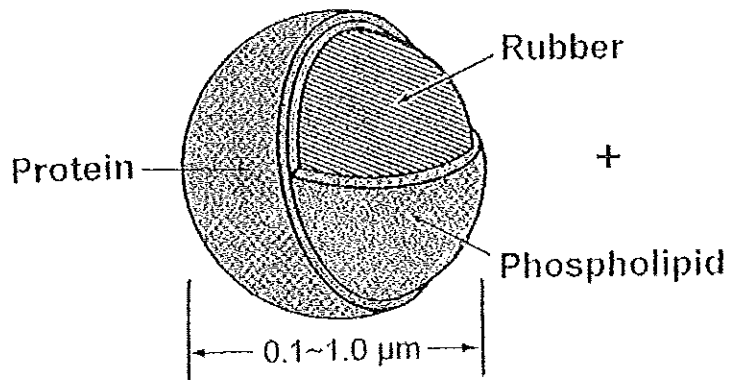
ความเข้มข้นทั้งหมดของไอออนสารอนินทรีย์ในน้ำยางสด มีประมาณ 0.5% โดยปกติสารอนินทรีย์ส่วนใหญ่ประกอบด้วยโพแทสเซียมไอออน (0.12-0.25%) และฟอสเฟตไอออน (0.25%) ไอออนของแมกนีเซียม ทองแดง เหล็ก โซเดียม และแคลเซียมในปริมาณเล็กน้อย สัดส่วนของไอออนเหล่านี้แสดงถึงสายพันธุ์ การแปรปรวนทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีอิทธิพลต่อเสถียรภาพคอลลอยด์ของน้ำยาง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง หากสัดส่วนของแมกนีเซียมไอออนต่อฟอสเฟตไอออนสูง พบว่าทำให้น้ำยางมีเสถียรภาพต่ำ

### 2.1.3 ศึกษาของผิวของอนุภาคยาง

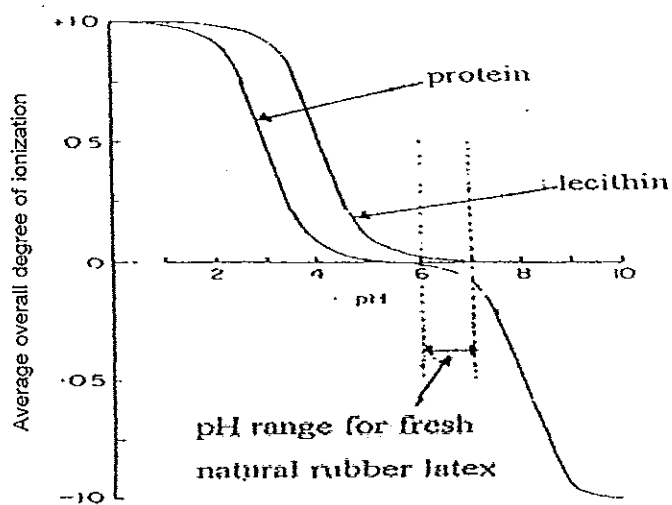
#### 2.1.3.1 ศึกษาส่วนประกอบทางเคมี

อนุภาคยางถูกปกคลุมโดยฟิล์มที่มีความซับซ้อนของโปรตีนและไลปิด (Blackley, 1997 and Bateman, 1963) โปรตีนเป็นชั้นที่ล้อมรอบผิวภายนอกของอนุภาค ส่วนประกอบหลักของโปรตีนที่ปกคลุม คือ  $\alpha$ -Globulin (Blackley, 1997) ซึ่งตรวจสอบประจุบนอนุภาคยางจากลักษณะทางอิเล็กโตรโฟรีติก ฟอสโฟไลปิดชนิดหลักของอนุภาคยาง คือ  $\alpha$ -Lecithin ปกคลุมแนบบนผิวของอนุภาคยาง และเป็นตัวกลางระหว่างชั้นโปรตีนบนอนุภาคยาง แสดงในรูป 2.5 (Blackley, 1997)

ชั้นไลปิดแสดงสมบัติเป็นประจุบวกเล็กน้อย โปรตีนส่วนที่เป็นต่างแสดงประจุเป็นลบ ดังนั้นแรงดึงดูดระหว่างประจุเกิดขึ้นได้ ทำให้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในรูปที่ 2.6 แต่ในตัวกลางที่เป็นกรด ทั้งโปรตีนและ  $\alpha$ -Lecithin มีประจุบวก เมื่อค่า pH เพิ่มขึ้น ประจุรวมทั้งหมดของโมเลกุลต่ำลง โดยที่ประจุของโปรตีนลดลงรวดเร็วกว่าประจุของ  $\alpha$ -Lecithin การไอออนไนซ์ของโปรตีนและ  $\alpha$ -Lecithin ในภาวะกรดและต่างแสดงในรูปที่ 2.7 และ รูปที่ 2.8 ตามลำดับ



รูปที่ 2.5 องค์ประกอบของอนุภาคยางธรรมชาติในน้ำยางสด (Blackley, 1997)



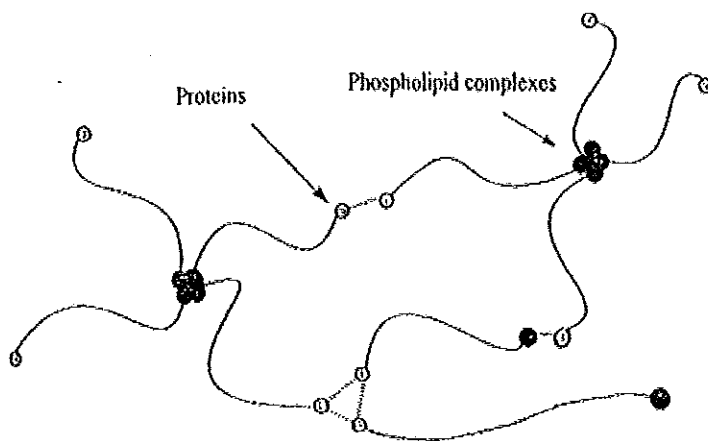
รูปที่ 2.6 ผลกระทบของ pH ต่อประจุรวม ของโปรตีนและ  $\alpha$ -Lecithin (Blackley, 1997)





### 2.1.3.2 การศึกษาของโครงสร้างของโมเลกุลยางธรรมชาติ

Tanaka และ Tangpakdee ศึกษาโครงสร้างของโมเลกุลยางธรรมชาติ (Tanaka et al., 1995) โดยใช้ข้อมูลจากเทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรสโกปี (NMR spectroscopic) ของยางโปรตีนต่ำ และยางทรานเอสเทอร์ไฟต์ (transesterified NR) โครงสร้างโมเลกุลของยางธรรมชาติ ประกอบด้วยกลุ่มปลายสายโซ่โมเลกุลยางประกอบด้วยโปรตีนเชื่อมหมู่ไดเมทิลอัลลิล (dimethylallyl) ลำดับ ทราน ทราน ซิส (trans, trans, cis) ปลายอีกข้างหนึ่งเป็น เอสเทอร์ของกรดฟอสฟอริกเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของฟอสโฟไลปิด ประกอบด้วยสายโซ่ยาวของกรดไขมัน ข้อเสนอโครงสร้างของโมเลกุลยางธรรมชาติ อาจอธิบายการเกิดเจล (gel) ระหว่างการเก็บน้ำยางธรรมชาติ การเกิดเจลในน้ำยางธรรมชาติเมื่อระยะเวลาการเก็บนาน เกิดจากพันธะอย่างน้อย 2 แบบ ได้แก่ เจลแบบอ่อน (Soft-gel) เกิดจากพันธะไฮโดรเจนผ่านโปรตีน และฟอส-โฟไลปิดกับปลายสายโซ่โมเลกุลยาง ซึ่งสามารถสลายพันธะได้ด้วยเอทานอล และเกิดจากเจลแบบแข็ง (Hard-gel) ซึ่งเกิดพันธะทางเคมีที่ปลายสายโซ่โมเลกุลของยาง (Tarachiwin, 2004) สันนิษฐานการเกิดเจลระหว่างการเก็บน้ำยางธรรมชาติแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 สันนิษฐานของโครงสร้างเจลในน้ำยางธรรมชาติ (Tangpakdee, 1998)

## 2.2 ลักษณะน้ำยางธรรมชาติ

น้ำยางสดที่กรีตได้จากต้นยางพารามีลักษณะเป็นสีขาวขุ่นและมีเนื้อยางแห้งประมาณ 30% โดยน้ำหนัก แขนงลอยอยู่ในน้ำ ปริมาณของเนื้อยางแห้งขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์ยาง อายุต้นยาง และฤดูกาล น้ำยางสดที่กรีตได้จากต้นยางมีปริมาณน้ำมากเกินไป ไม่เหมาะที่จะนำไป

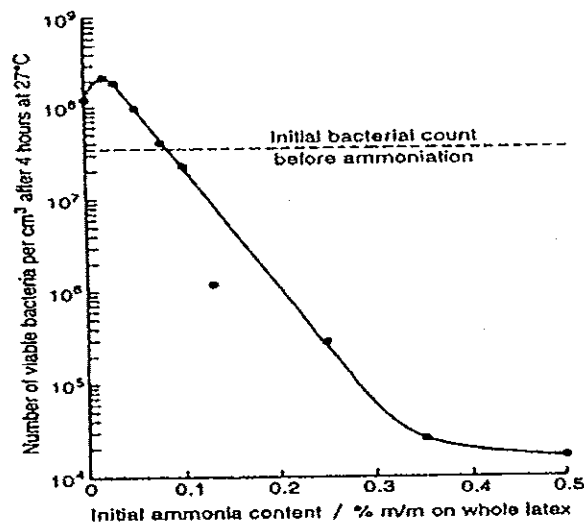
ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์และยังทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องนำน้ำยางสดผ่านกระบวนการเพิ่มความเข้มข้นให้เป็นน้ำยางข้น (Latex concentrate) ซึ่งคือน้ำยางสดที่ผ่านกระบวนการเพิ่มความเข้มข้นให้มีปริมาณเนื้อยางเพิ่มขึ้นเป็นประมาณร้อยละ 55-65 ทำให้สามารถขนส่งได้ง่ายขึ้นมาก ในปัจจุบันการเซนตริฟิวส์เป็นกระบวนการผลิตน้ำยางข้นที่ใช้มากที่สุด และเนื่องจากในน้ำยางมีสารอินทรีย์ต่าง ๆ ผสมอยู่ในปริมาณเล็กน้อย ซึ่งสารอินทรีย์เหล่านี้สามารถถูกย่อยสลายด้วยเชื้อจุลินทรีย์หรือเชื้อแบคทีเรียได้เป็นก๊าซชนิดต่างๆ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน หรือสารประกอบที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ดังนั้น น้ำยางจึงสามารถบูดเน่า และส่งกลิ่นเหม็นได้ จึงต้องมีการเติมสารแอมโมเนียลงไปหรืออาจใช้แอมโมเนียร่วมกับสารเคมีอื่นๆ เพื่อช่วยรักษาสภาพน้ำยางข้นให้เก็บไว้ได้นาน (พงษ์ธร แซ่ฮุย, 2547) ปัจจุบันน้ำยางข้นจึงแบ่งเป็น 3 ชนิด คือ ชนิดแอมโมเนียสูง (High Ammonia latex; HA) เป็นน้ำยางข้นรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียเพียงอย่างเดียวจึงต้องใช้แอมโมเนียที่มีความเข้มข้นสูงถึง 0.7% ชนิดแอมโมเนียปานกลาง (Medium Ammonia; MA) และ ชนิดแอมโมเนียต่ำ (Low Ammonia; LA) ซึ่งน้ำยางข้นชนิด MA และ LA ใช้สารอื่นรักษาสภาพน้ำยางร่วมกับแอมโมเนีย เช่น เตตระเมทิลไธยูเรมไดซัลไฟด์ (Tetramethyl Thiuram Disulfide; TMTD) และ ซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide; ZnO) เป็นสารเติมร่วมกับแอมโมเนีย 0.02% หรือกรดบอริก 0.2% เป็นต้น ในปัจจุบันในประเทศไทยนิยมใช้สารรักษาสภาพน้ำยางสดในการผลิตน้ำยางข้น คือ ใช้สาร TMTD/ZnO ในสัดส่วน 1:1 เป็นสารเติมร่วมกับแอมโมเนีย

น้ำยางskim (Skim latex) หรือหางน้ำยาง เป็นผลพลอยได้จากผลิตน้ำยางข้น หลังจากแยกเนื้อยางส่วนใหญ่ออกไปเป็นน้ำยางข้น ส่วนที่เหลือมีปริมาณเนื้อยางอยู่ร้อยละ 3-6 เป็นยางขนาดอนุภาคเล็กๆ การรวบรวมเนื้อยางskimต้องจับตัวน้ำยางskimด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น หลังจากนั้นน้ำยางล้างน้ำ ย่อย อบแห้ง และอัดเป็นก้อน เรียกว่า skim block) ในปัจจุบัน skim blockเป็นที่ต้องการของตลาดมากขึ้น เนื่องจากสามารถใช้ลดต้นทุนการผลิตได้

### 2.3 สารรักษาสภาพน้ำยาง (วารสารณ์ ขจรไชยกูล, 2549)

สารชนิดแรกที่พบว่ามีประสิทธิภาพในการรักษาสภาพน้ำยางได้ คือ แอมโมเนีย ซึ่งมีบันทึกการจดสิทธิบัตรโดย Johnson และโดย Norris ในปี 2396 ระบบการรักษาสภาพน้ำยางด้วยแอมโมเนีย ยังใช้จนถึงทุกวันนี้ นอกจากแอมโมเนียยังมีสารอื่นๆ ที่ใช้รักษาสภาพ น้ำยาง ได้แก่ ฟอรัมาลดีไฮด์ และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณแอมโมเนีย 0.2% ในน้ำยางโดยน้ำหนัก พอเพียงสำหรับการรักษาสภาพน้ำยางช่วงเวลาสั้นๆ ถ้าต้องการรักษาสภาพน้ำยางในช่วงเวลายาวนานควรใช้ปริมาณ 0.7% โดยน้ำหนัก โดยไม่ต้องมีสารอื่นช่วย และระบบที่สามารถลดปริมาณการใช้แอมโมเนียลงและใช้สารอื่นทำหน้าที่เสริมประสิทธิภาพการทำลาย

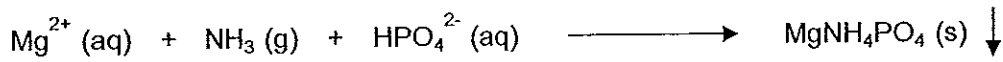
บัคเตรี (secondary preservative) เช่น เพนตะคลอโรฟีเนท ซิงค์ไดอัลคิลไดไฮโอคาร์บาเมต ไทยูแรมไดซัลไฟด์ อะมิโนฟีนอล และกรดบอริก โดยทั่วไปนิยมใช้กันมานานในการเก็บรักษา สภาพน้ำยางสดจากสวนยางก่อนส่งโรงงานผลิต คือ เต็มแอมโมเนียปริมาณเล็กน้อยประมาณ 0.01% โดยน้ำหนัก ทั้งนี้ที่กรีดยาง เพื่อป้องกันน้ำยางเริ่มจับตัว อย่างไรก็ตาม วิธีดังกล่าวอาจ ได้ผลตรงกันข้าม เพราะอาจเป็น การเร่งการขยายหรือเจริญของจุลินทรีย์บางชนิดมากกว่าที่ไม่ มีการเติมแอมโมเนียเลยก็ได้ หากไม่ได้เติมสารรักษาสภาพน้ำยาง บัคเตรีชนิดต่างๆ ไป จะเพิ่ม เป็นสองเท่าได้ภายใน 20 min ถ้าเติมแอมโมเนียในปริมาณ 0.1-0.2% โดยน้ำหนักในน้ำยางจะ รักษาสภาพได้ 12-24 h ในปริมาณแอมโมเนียต่ำสุดที่ป้องกันบัคเตรีอย่างมีประสิทธิภาพ ถ้า เติมในปริมาณ 0.35% ในน้ำยางโดยน้ำหนัก แสดงในรูป 2.10 อย่างไรก็ตามผลการทดลองได้ บ่งชี้ว่าประสิทธิภาพในการรักษาสภาพน้ำยางขึ้นอยู่กับเวลาที่เติมแอมโมเนียลงในน้ำยาง รวดเร็วมากน้อยหลังจากที่น้ำยางถูกกรีดและไหลจากต้นยาง และพบว่าปริมาณแอมโมเนีย เล็กน้อย ประมาณ 0.05% กระตุ้นการขยายตัวของบัคเตรี ซึ่งคาดว่าอาจเนื่องมาจาก pH ของ น้ำยางเพิ่มจาก 6.5 ตามที่อยู่ในต้นยางสูงขึ้นเป็นประมาณ 8.0 โดยที่ pH ระดับนี้เหมาะสมกับ การเพิ่มจำนวนบัคเตรีชนิดต่างๆ ไป



รูปที่ 2.10 ผลของปริมาณแอมโมเนียในน้ำยางต่อจำนวนบัคเตรี (Blackley, 1997)

แอมโมเนียสามารถลดความสามารถในการทำปฏิกิริยาไอออนโลหะหนักโดยการเกิด แอมมีนไอออน หรือโดยการตกตะกอนเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้เล็กน้อย หรือเป็นสาร ไฮดรอกไซด์ ความสำคัญสำหรับความเสถียรของน้ำยางที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย คือ ปฏิกิริยาระหว่างไอออนแมกนีเซียมกับแอมโมเนียและไอออนของออร์โทฟอสเฟต

(orthophosphate) ที่อาจมีอยู่ในส่วนของฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ (aqueous phosphate) ของน้ำยาง ซึ่งทำให้การตกตะกอนของสารแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟต (magnesium ammonium phosphate) ที่ละลายน้ำได้เล็กน้อย ตามปฏิกิริยาดังนี้



ในการฟอร์มตะกอนแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟต ต้องมีปริมาณแอนไอออนของ orthophosphate เพียงพออยู่ในส่วนของน้ำ ซึ่งไอออนเหล่านี้มาจากการไฮโดรไลซิสของฟอสโฟไลปิดที่มีอยู่ในน้ำยางสด ซึ่งน้ำยางบางพันธุ์มีปริมาณฟอสเฟตไม่เพียงพอที่ทำให้แมกนีเซียมตกตะกอนได้ สัดส่วนของแมกนีเซียมต่อฟอสเฟตแปรไปตามพันธุ์ยาง น้ำยางพันธุ์ที่มีสัดส่วนไอออนทั้ง 2 สูง เมื่อทำเป็นน้ำยางชั้นที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย ความเสถียรมีแนวโน้มต่ำและแปรปรวน เนื่องจากปริมาณแมกนีเซียมไอออนสูง ความเสถียรเชิงกลของน้ำยางต่ำ ความหนืดสูง และมี pH ของการเกิดเจลสูง

#### 2.4 คุณภาพน้ำยางสด (วรภกรณ์ ขจรไชยกูล, 2549)

คุณภาพน้ำยางสดเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำยางชั้นที่จะผลิต ดังนั้นจึงมีสมบัติบางประการของน้ำยางสดที่ต้องคำนึงถึง ซึ่งจะต้องตรวจสอบและควบคุมโดยเฉพาะในการผลิตน้ำยางชั้น

##### 1) ปริมาณความเป็นด่าง (Alkalinity; %NH<sub>3</sub>)

เป็นการทดสอบหาปริมาณแอมโมเนียในน้ำยาง เพื่อทราบสภาวะรักษาสภาพน้ำยางว่าพอเพียงหรือไม่ในน้ำยางสดก่อนการเซนตริฟิวส์

##### 2) จำนวนกรดไขมันระเหยได้ (Volatile fatty acid number; VFA No.)

เป็นสมบัติที่บ่งชี้การบูดเน่าของน้ำยางสดและน้ำยางชั้น จึงบ่งบอกคุณภาพน้ำยางได้ โดยน้ำยางที่มีการรักษาสภาพไม่ดีเพียงพอ จะเกิดกรดไขมันระเหยได้ในปริมาณสูง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกรดอะซิติก ฟอร์มิก และโพรพิโอนิก และมีกรดอื่นๆ บ้างเล็กน้อย กรดเหล่านี้เกิดขึ้นเพราะแบคทีเรียใช้สารคาร์โบไฮเดรต และกรดอะมิโนในน้ำยางสดเป็นอาหาร ปกติน้ำยางสด และไม่มีแบคทีเรียปะปน ไม่มีค่าจำนวนกรดไขมันระเหยได้ แต่ในขั้นตอนการเก็บรักษาน้ำยางสดก่อนนำไปปั่นเป็น น้ำยางชั้น มีโอกาสที่กรดไขมันระเหยได้สูงขึ้นได้จากปัจจัยต่างๆ เช่น ความสะอาด เริ่มตั้งแต่ถ้วยเก็บน้ำยางสด ภาชนะเก็บน้ำยาง เป็นต้น และอุณหภูมิ เนื่องจากเป็นการกระตุ้นการทำงานของแบคทีเรีย จำนวนกรดไขมันระเหยได้ ระบุเป็นค่า VFA No. เมื่อ

ค่า VFA No. ต่ำ หมายถึง น้ำยางสดนั้นได้ถูกเก็บรักษาสภาพไว้ดี มีความเหมาะสมที่ผลิตเป็น น้ำยางชั้นคุณภาพดีต่อไป VFA No. มีผลต่อสมบัติความเสถียรเชิงกล (Mechanical Stability Time; MST) ของน้ำยาง กล่าวคือ ถ้าค่า VFA No. สูง เป็นสาเหตุให้ค่า MST ต่ำ ทำให้น้ำยาง เสื่อมสภาพ จับตัวได้ง่าย ซึ่งสารเคมีรักษาสภาพน้ำยางมีผลช่วยยับยั้งการทำงานของแบคทีเรีย จึงยับยั้ง VFA No. ที่สูงขึ้นโดยธรรมชาติได้

## 2) ปริมาณแมกนีเซียม (Magnesium content)

ปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางสดเป็นสมบัติที่สำคัญในการนำมาพิจารณาในการผลิต น้ำยางชั้น โดยปกติปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางสดจะแปรปรวน ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ พันธุ์ยาง การใส่ปุ๋ย สภาพของพื้นที่การปลูก และฤดูกาล เป็นต้น เมื่อรวบรวมน้ำยางสดได้แล้ว จะต้องตรวจสอบและทำให้ปริมาณแมกนีเซียมลดลงให้ต่ำด้วยการเติมสาร DAP

ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (Diammonium Phosphate; DAP) สารนี้จะทำปฏิกิริยากับ แอมโมเนียที่มีอยู่ในน้ำยางเกิดแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟต (Magnesium ammonium phosphate) ที่จะถูกแยกออกในลักษณะตะกอนหรือสลัดจ์ (sludge) หรือนิยมเรียกว่าชีเบียง ซึ่งจะ ตกตะกอนแยกจากน้ำยางสดก่อนการเซนตริฟิวส์ หากน้ำยางสดแมกนีเซียมสูง นำไปปั่นทำ น้ำยางชั้น ทำให้น้ำยางสูญเสียความเสถียรเชิงกล อันเนื่องมาจากการฟอร์ม magnesium higher fatty acid soap ที่ไม่ละลายน้ำ และทำให้ต้องเพิ่มปริมาณสบู่ของกรดลอริก (Lauric soap) เพื่อเร่งการเพิ่มค่า MST ในปริมาณที่สูงกว่าน้ำยางชั้นที่มีปริมาณแมกนีเซียมต่ำ การเติม สารละลาย DAP มากเกินความจำเป็นจะเกิดผลเสียกับคุณภาพน้ำยาง คือ เกิดอนุมูลของ ฟอสเฟตตกค้าง และเกิดปฏิกิริยากับสารบางตัวที่ใช้ในกระบวนการทำผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิด ปัญหาในกระบวนการนำน้ำยางชั้นไปเตรียมน้ำยางคอมปาวด์ เพื่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้

## 2.5 กระบวนการผลิตน้ำยางชั้น

แม้ว่าน้ำยางสดซึ่งมี DRC 35% ก็สามารถเก็บไว้ใช้ประโยชน์ได้ เพียงแต่เติม แอมโมเนียเพื่อป้องกันไม่ให้อนุภาคยางจับตัวกันก็สามารถใช้ได้ (ในบางผลิตภัณฑ์) แต่การทำ เช่นนี้ไม่คุ้มค่าทางเศรษฐกิจ เพราะน้ำยางมีน้ำมากเกินไป ดังนั้นจึงมีการทำให้ส่วนที่เป็นน้ำ ออกเสียก่อน แล้วค่อยเติมสารรักษาสภาพน้ำยาง (Preservative) เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำยางจับตัว ภายหลัง น้ำยางที่ได้นี้จึงเรียกกันว่า "น้ำยางชั้น" (Latex Concentrate) แนวทางการทำน้ำยาง สดให้เป็นน้ำยางชั้นอย่างง่าย ๆ ได้ 3 วิธี

- 1) การให้ความร้อนเพื่อให้ส่วนที่เป็นน้ำระเหยออกไปเรียกว่า (Evaporation Method) น้ำยางข้นที่ได้เรียก Evaporation Latex
- 2) การเติมสาร Creaming Agents เพื่อทำให้อนุภาคยางโตขึ้นและหยุดการเคลื่อนที่ เรียกว่า Creaming Method และน้ำยางที่ได้เรียก Creamed Latex
- 3) การแยกเอาส่วนที่ไม่ใช่ยางซึ่งมีทั้งส่วนที่เป็นน้ำและส่วนที่เป็นของแข็ง (Non-Rubber solid) ออกจากส่วนที่เป็นยางโดยใช้แรงเหวี่ยง (Centrifuging Force) น้ำยางที่ได้เรียก Centrifuged Latex วิธีนี้นิยมกันมาก เพราะทำได้รวดเร็วและน้ำยางข้นที่ได้มีความบริสุทธิ์สูงขึ้นด้วย ปัจจุบันประเทศไทยผลิตน้ำยางข้นโดยใช้วิธี เซนตริฟิวส์

### 2.5.1 การแยกตัวของน้ำยางเมื่อถูกปั่น

เมื่อน้ำยางสดมาถึงโรงงานผลิตน้ำยางข้น ตัวอย่างน้ำยางถูกนำมาทดสอบ ปริมาณแอมโมเนีย ปริมาณแมกนีเซียม ค่า VFA No. และทดสอบปริมาณเนื้อยางแห้ง น้ำยางสดถูกกรองผ่านกรองลงสู่ถังรวม เพื่อปรับสภาพน้ำยางสดโดยการเติมปริมาณแอมโมเนีย 0.4% ของน้ำยาง เติมน้ำ และ DAP เพื่อตกตะกอนแมกนีเซียมโดยทิ้งไว้ข้ามคืน ก่อนนำไปเข้าเครื่อง เซนตริฟิวส์ ซึ่งน้ำยางธรรมชาติเป็นสารคอลลอยด์ ประกอบด้วยส่วนของอนุภาคยางแขวนลอย กระจัดกระจายอยู่ในตัวกลาง คือ เซรัม อนุภาคยางเหล่านี้มีการเคลื่อนที่แบบบราวน์เนียน และเบากว่าเซรัม ดังนั้นอนุภาคยางจึงมีแนวโน้มที่ลอยตัวสูงสู่วิถีหน้าของน้ำยาง อัตราการเคลื่อนที่ขึ้นอยู่กับแรงดึงดูดของโลก หากเพิ่มแรงดึงดูดของโลกได้ ช่วยเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่ของอนุภาคยางด้วยการเซนตริฟิวส์ สามารถเพิ่มแรงดึงดูดของโลกได้เป็น 2,000-3,000 เท่าของแรงดึงดูดของโลก จึงเร่งการเคลื่อนที่ของอนุภาคยาง เพื่อแยกส่วนที่เป็นเนื้อยางออกจากส่วนที่เป็นเซรัมนั่นเอง องค์ประกอบต่างๆ แยกตัวออกเป็นน้ำยางข้น และหางน้ำยาง ดังตารางที่ 2.2

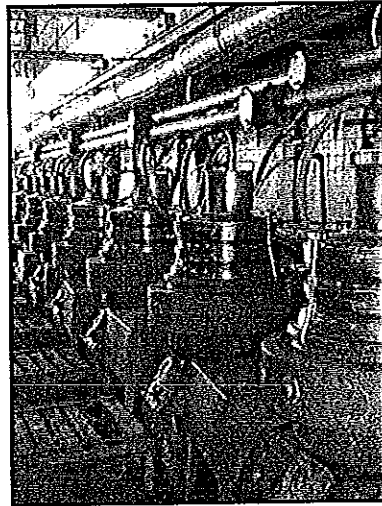
ซึ่งจะเห็นได้ว่า น้ำยางสด 100 g ซึ่งมีเนื้อยางแห้ง (Dry rubber content) 32.5 g เมื่อนำไปเซนตริฟิวส์จะได้น้ำยางข้น 60%DRC ออกมา 50 g และได้หางน้ำยางซึ่งมีเนื้อยางปนอยู่ 5.0% ออกมา 50 g เช่นเดียวกัน

ตารางที่ 2.2 การแยกตัวขององค์ประกอบของน้ำยางสดเมื่อถูกเซนตริฟิวส์  
(John E. Morris, 2530 : ข้อมูลจาก samor.com., 2552)

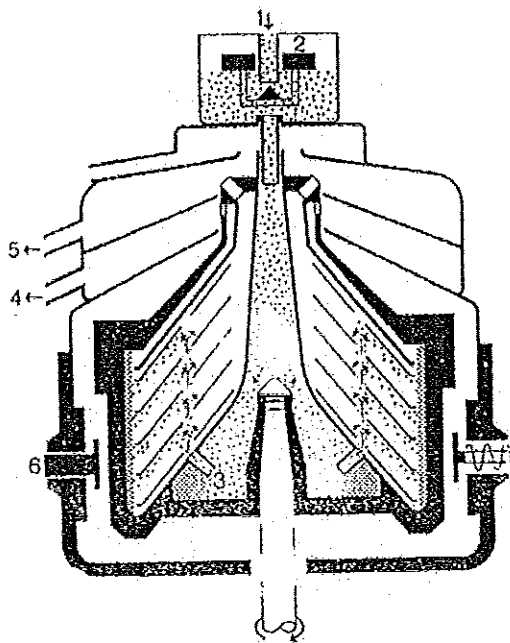
องค์ประกอบ	น้ำยางสด (Field Latex)	น้ำยางข้น (Latex Concentrate)	หางน้ำยาง (Skim Latex)
	100 g	50 g	50 g
เนื้อยางแห้ง (Dry rubber content)	32.5 g	30 g คิดเป็น 60%	2.5 g คิดเป็น 5.0%
ของแข็งทั้งหมด (Total solid content)	36.0 g	30.75 g คิดเป็น 61.50%	5.25 g คิดเป็น 10.50%
ส่วนที่ไม่ใช่ยาง	3.5 g	0.75 g คิดเป็น 1.5%	2.75 g คิดเป็น 5.50%
VFA No	0.10	0.060	0.040
Mg ion	200 ppm on Latex	120 ppm	80 ppm
Serum	64 g	19.25 g คิดเป็น 38.50%	44.75 g คิดเป็น 89.50%
รวม	100 g	50 g คิดเป็น 100%	50 g คิดเป็น 100 %

(วารสารณ์ ขจรไชยกูล, 2549) เครื่องปั่นน้ำยางข้น ผลิตจำหน่ายโดยหลายบริษัท เช่น บริษัท Alfa-Laval ประเทศสวีเดน บริษัท Westfalia Co., Ltd. ประเทศเยอรมัน และบริษัท Guangzhong Centrifuge Manufacturing Co., Ltd. ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน เป็นต้น รูปที่ 2.11 แสดงภาพเครื่องเซนตริฟิวส์ และรูปที่ 2.12 แสดงลักษณะหน้าตัดภายในของหัวปั่นน้ำยางไหลเข้าทาง (1) ซึ่งอยู่ส่วนบนสุดของตัวเครื่อง ระดับของน้ำยางปรับให้คงที่โดย (2) น้ำยางไหลโดยแรง โน้มถ่วง ไปที่จุดกลางของหัวปั่น และแรงปั่นของเครื่องปั่นให้น้ำยางไหลไปตามรูของชุดของจานแยก (3) น้ำยางจะถูกแยกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนชั้นของน้ำยาง (concentrate or cream) ซึ่งเป็นส่วนที่มีเนื้อยางจะไหลเข้าสู่กลางหัวปั่นไปยังด้านบนเครื่องเข้าสู่ที่เก็บ (5) และหางน้ำยาง (skim latex) ไหลออกสู่อบนอกของหัวปั่น และไปตามทางด้านบนของเครื่องผ่านสกรู สู่ที่เก็บแยกหางน้ำยาง (4) ปกติปรับเครื่องปั่นให้ผลิตน้ำยางมีความเข้มข้นประมาณ 60% เนื้อยางแห้ง และเครื่องปั่นสามารถเดินติดต่อกันได้ไม่นานเกิน 3 h จำเป็นต้องหยุดล้างเครื่องเพื่อทำความสะอาดล้างสลัดจ์ (Sludge) ที่ติดอยู่ในหัวปั่น

นอกจากสารที่ใช้รักษาสภาพน้ำยางข้น คือ แอมโมเนีย และแอมโมเนียร่วมกับสารช่วยบางชนิด เช่น ZnO, ZDEC, TMTD มีการเติมสารละลายแอมโมเนียมลอเรต 0.01-0.05% ของน้ำหนักน้ำยาง เพื่อเพิ่ม MST และปรับคุณภาพน้ำยางข้นให้เป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐาน หรือข้อตกลงในการทำผลิตภัณฑ์



รูปที่ 2.11 เครื่องเซนตริฟิวส์ปั่นแยกน้ำยางข้น



รูปที่ 2.12 ภาพหน้าตัดตามยาวของหัวปั่นน้ำยางข้น (Blackley, 1997)

- |                               |                          |
|-------------------------------|--------------------------|
| 1. Feed                       | 2. Feed cup with float   |
| 3. Distribution tubes         | 4. Outlet for skim latex |
| 5. Outlet for the concentrate | 6. Mechanical brake      |



## 2.6 คุณภาพน้ำยางชั้น (วราภรณ์ ขจรไชยกูล, 2549)

ในปัจจุบันข้อกำหนดมาตรฐานนานาชาติที่ยอมรับในอุตสาหกรรมน้ำยางชั้น คือ มาตรฐานนานาชาติ ISO 2004 แสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ข้อกำหนดมาตรฐานน้ำยางชั้น ISO 2004,1997 (ISO 2004:1997(E))

Characteristic	Limits			Method of test
	Type HA	Type LA	Type XA	
Total solids content, <sup>1)</sup> % <i>(m/m)</i> , min.	61.5	61.5	61.5	ISO 124
Dry rubber content, <sup>1)</sup> % <i>(m/m)</i> , min.	60.0	60.0	60.0	ISO 126
Non-rubber solids, <sup>2)</sup> % <i>(m/m)</i> , max.	2.0	2.0	2.0	-
Alkalinity (as NH <sub>3</sub> ), % <i>(m/m)</i> , calculate with respect to the latex concentrate	0.60 min	0.29 min	0.30 min	ISO 125
Mechanical stability, seconds, min.	650	650	650	ISO 35
Coagulum content, % <i>(m/m)</i> , max.	0.05	0.05	0.05	ISO 706
Copper content, mg/kg of total solids, max.	8	8	8	ISO 8053
Manganese content, mg/kg of total solids, max.	8	8	8	ISO 7780
Sludge content, % <i>(m/m)</i> , max.	8	8	8	ISO 2005
Volatile fatty acid (VFA number), max.	0.10	0.10	0.10	ISO 506
KOH number, max.	0.20	0.20	0.20	ISO 127
<sup>1)</sup> The requirement is for either total solids content or dry rubber content.				
<sup>2)</sup> The difference between the total solids content and dry rubber content.				

คุณสมบัติต่างๆ ของน้ำยางชั้นใน อธิบายได้ ดังนี้

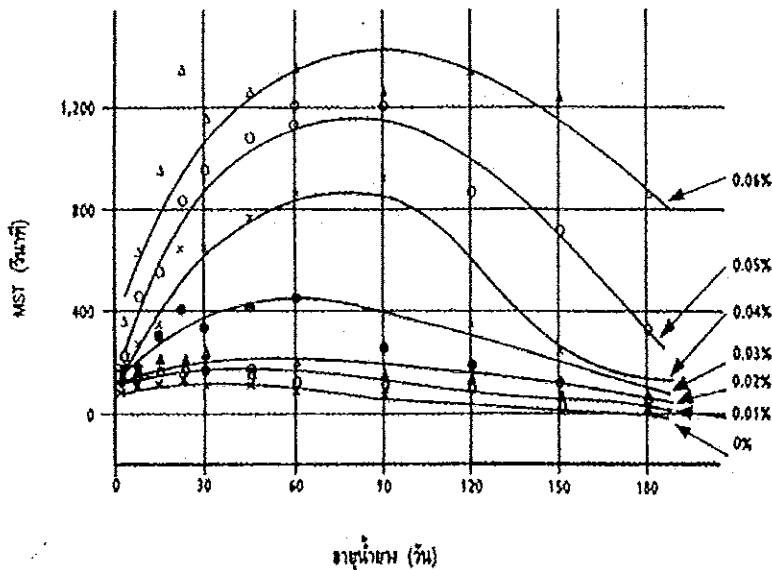
1) ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยาง (Total Solid Content; TSC) หมายถึง ปริมาณบางส่วนที่เป็นเนื้อยางทั้งหมดในน้ำยาง รวมกับสารอื่นๆ ที่เป็นของแข็ง และไม่ใช่น้ำยาง ซึ่งมาตรฐานกำหนด %TSC ของน้ำยางชั้น ไม่น้อยกว่า 61.5% ตามมาตรฐานวิธีทดสอบ ISO 124: Latex, rubber - Determination of total solids content.

2) ปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content; DRC) หมายถึง ปริมาณของ ส่วนที่เป็นเนื้อยางในน้ำยาง ซึ่งมาตรฐานกำหนด %DRC ของน้ำยางชั้น ไม่น้อยกว่า 60.0% ตามมาตรฐานวิธีทดสอบ ISO 126: Latex, rubber, natural concentrate - Determination of dry rubber content.

3) ปริมาณส่วนที่ไม่ใช่เนื้อยาง (Non Rubber content; NRC) จากการทดสอบ ได้ค่า TSC หักลบด้วยค่า DRC ได้ค่าส่วนที่ไม่ใช่เนื้อยาง หากค่า NRC มาก มีผลต่อคุณภาพ น้ำยาง ซึ่งมาตรฐานกำหนด %NRC ของน้ำยางชั้น ไม่เกิน 2.0%

4) ปริมาณความเป็นด่าง (Alkalinity) หมายถึง ปริมาณด่างอิสระทั้งหมดใน น้ำยางแสดงเป็นปริมาณแอมโมเนีย เพื่อทราบสภาวะการรักษาสภาพน้ำยางว่าพอเพียงหรือไม่ หรือผลิตเป็นน้ำยางชั้นชนิดใด เช่น น้ำยางชั้น HA ต้องมีปริมาณแอมโมเนียไม่ต่ำกว่า 0.60% ตามมาตรฐานวิธีทดสอบ ISO 125: Natural rubber latex concentrate – Determination of alkalinity

5) ความเสถียรเชิงกล (Mechanical Stability Time; MST) หมายถึง ระยะเวลา เป็นวินาทีที่น้ำยางมีความเสถียรต่ออิทธิพลทางกล MST เป็นสมบัติที่บ่งบอกถึงความเสถียร ของน้ำยางต่อการเคลื่อนย้าย การกวน การบีบ หรือการกระทำทางกลโดยวิธีอื่นๆ ค่า MST สูง ป่งชี้ว่าน้ำยางมีความเสถียรต่ออิทธิพลทางกลได้สูง โดยปกติแล้ว น้ำยางชั้นที่เตรียมใหม่มีค่า MST ต่ำ ประมาณ 100 s หรือต่ำกว่า และมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วระหว่าง 2-3 สัปดาห์แรก หลังจากการผลิต การเพิ่ม MST นี้สืบเนื่องมาจากการเพิ่มสปูของกรดไขมันธรรมชาติที่เกิดจาก การไฮโดรไลซ์ของสารไลปิด ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มฟอสโฟไลปิด และไกลโคไลปิดในขณะเก็บ น้ำยางชั้น แสดงในรูปที่ 2.13 จำนวนสปูของกรดไขมันธรรมชาติเพิ่มขึ้นเมื่ออายุน้ำยางมากขึ้น และถูกดูดซับที่ผิวของอนุภาคยาง และคงที่ภายในเวลาประมาณ 3-8 สัปดาห์ ประจุลรอบ อนุภาคยางเพิ่มขึ้น เป็นผลให้ เพิ่มแรงผลักระหว่างอนุภาคยาง และก่อให้เกิดการเพิ่มความ เสถียรของน้ำยางต่อเครื่องกล การผลิตน้ำยางชั้นโดยทั่วไป มีการเติมกรดลอริกในรูปสารละลาย แอมโมเนียมลอเรต ประมาณ 0.01-0.05% ของน้ำหนักน้ำยาง เพื่อเพิ่มความเสถียรเชิงกล (Mechanical Stability Time; MST) ถ้าเติมแอมโมเนียมลอเรตในมากเกินไป อาจเกิดปัญหา MST ของน้ำยางชั้นสูงมากเกินไป ก่อให้เกิดปัญหาน้ำยางไม่ยอมจับตัวในขั้นตอนการขึ้นรูป เป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งมาตรฐานกำหนด MST ของน้ำยางชั้น ไม่น้อยกว่า 650 s ตามมาตรฐานวิธี ทดสอบ ISO 35-1995: Latex rubber, natural, concentrate – Determination of Mechanical stability



รูปที่ 2.13 ผลของแอมโมเนียมลอรเรตต่อความเสถียรเชิงกล (MST) ของน้ำยางชั้น HA (วารสารณ์ ขจรไชยกุล, 2549)

6) ปริมาณยางจับก้อน (Coagulum content) หมายถึง สิ่งตกค้างบนกรองสแตนเลส ที่มีขนาดกว้างของรูกรอง  $180 \pm 15 \mu\text{m}$  หรือ 80 mesh ซึ่งอาจเป็นเศษยางจับตัวฝ้า น้ำยาง หรือสารอนุภาคหยากอื่นๆ วิธีนี้สามารถทดสอบน้ำยางธรรมชาติ และน้ำยางสังเคราะห์ แต่ไม่เหมาะกับน้ำยางจากพืชชนิดอื่นๆ น้ำยางผสมเคมี น้ำยางผ่านการทำให้คงรูป น้ำยางเทียม น้ำยางที่ทำให้จับเป็นก้อนด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เช่น น้ำยางที่มีอนุภาคเป็นประจุบวก ซึ่งมาตรฐานกำหนดปริมาณยางจับก้อนของน้ำยางชั้น ไม่เกิน 0.05% หรือ 500 ppm ตามมาตรฐานวิธีทดสอบ ISO 706-1985 : Rubber latex – Determination of coagulum content (sieve residue)

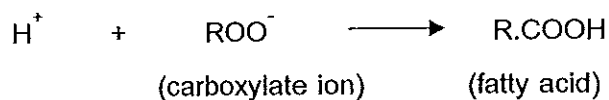
7) ปริมาณทองแดง (Copper content) เป็นการทดสอบหาปริมาณทองแดงในน้ำยางธรรมชาติที่ไม่ได้ใส่สารเคมี มีผลต่อเสถียรภาพของน้ำยาง เนื่องจากทองแดงเป็นธาตุที่ช่วยให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำยาง ซึ่งมาตรฐานกำหนดปริมาณทองแดงของน้ำยางชั้นไม่เกิน 8 ppm ตามมาตรฐานวิธีทดสอบ ISO 8053-1995 : Rubber and latex - Determination of copper content - Photometric method

8) ปริมาณแมงกานีส (Manganese content) เป็นการทดสอบแมงกานีสที่อยู่ในส่วนที่ไม่ใช่ยางในน้ำยางในยางธรรมชาติ ยางดิบสังเคราะห์ที่มีคลอรีน และน้ำยางที่ไม่ได้ใส่สารเคมี มีผลต่อเสถียรภาพของน้ำยาง เนื่องจากแมงกานีสเป็นธาตุที่ช่วยให้เกิดปฏิกิริยา

ออกซิเจนในโมเลกุลในน้ำยาง ซึ่งมาตรฐานกำหนดปริมาณแมงกานีสในน้ำยางชั้นไม่เกิน 8 ppm ตามมาตรฐานวิธีทดสอบ ISO 7780: Rubber and rubber lattices latex - Determination of manganese content - Sodium periodate photometric methods

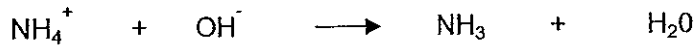
9) ปริมาณสลัดจ์ (Sludge content) หมายถึง สิ่งเจือปนที่ไม่ใช่พอลิเมอร์ ส่วนใหญ่ตกตะกอนที่ก้นภาชนะ ส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นสิ่งสกปรกพวกทราย เปลือกไม้ และแมงกานีสเชื่อมแอมโมเนียมฟอสเฟต ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 2005-1992: Rubber latex, natural, concentrate - Determination of sludge content เป็นวิธีการที่ไม่เหมาะสมกับน้ำยางธรรมชาติที่ได้จากพืชชนิดอื่นๆ นอกจากยางพารา น้ำยางผสมสารเคมี หรือน้ำยางที่ผ่านการคงรูปแล้ว ซึ่งมาตรฐานกำหนดปริมาณสลัดจ์ของน้ำยางชั้นไม่เกิน 8%

10) จำนวนกรดไขมันระเหย (Volatile Fatty Acid Number; VFA No.) หมายถึงปริมาณของกรดไขมันระเหยที่เกิดขึ้นโดยการไฮโดรไลซิสของคาร์โบไฮเดรตในเซรัมของน้ำยาง การเกิดกรดไขมันระเหยในน้ำยางชั้น เนื่องจากจุลินทรีย์ใช้คาร์โบไฮเดรตในเซรัมของน้ำยางเป็นอาหาร ดังนั้นค่า VFA No. จึงเป็นค่าที่บ่งชี้การเสียสภาพ นั่นคือ ค่า VFA No. สูง หมายถึงน้ำยางถูกจุลินทรีย์เข้าทำลายมาก น้ำยางสูญเสียสภาพเป็นของเหลว บูดเน่า และจับเป็นก้อนได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากกรดให้อิออนบวกของไฮโดรเจน ( $H^+$ ) สามารถทำให้น้ำยางจับเป็นก้อนได้ เพราะ  $H^+$  ทำลายอนุโมลอิสระของคาร์บอกซิเลตที่อยู่รอบอนุภาคยาง ซึ่งทำหน้าที่รักษาความเสถียรในการเป็นคอลลอยด์ของน้ำยาง เกิดเป็นกรดไขมัน (fatty acid) อนุภาคยางจะรวมกันจับเป็นก้อน ปฏิกิริยาทางเคมีที่แสดงการเสียสภาวะสารแขวนลอยของน้ำยางแสดงดังต่อไปนี้



ซึ่งมาตรฐานกำหนด VFA No. ในน้ำยางชั้นไม่เกิน 0.10 ตามมาตรฐานวิธีทดสอบ ISO 506-1992 (E): Rubber latex, natural, concentrate- Determination of volatile fatty acid number

11) จำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH No.) หมายถึง จำนวนกรัมของ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับอนุกรด ซึ่งรวมตัวอยู่กับแอมโมเนียในน้ำยาง ที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด 100 g วัตถุประสงค์เป็นการตรวจสอบความเข้มข้นของแอมโมเนีย ไอออนในส่วนที่เป็นน้ำในน้ำยางโดยการไทเทรตด้วยไฮดรอกไซด์ไอออน ดังปฏิกิริยาต่อไปนี้



สันนิษฐานว่าไฮดรอกไซด์ไอออนทำปฏิกิริยาสมมูลกับแอนไอออนในน้ำยางที่มีความสัมพันธ์กับ กรด ซึ่งเปลี่ยนเป็นเกลือแอมโมเนียแสดงดังปฏิกิริยา ดังนั้นจำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ จึงเป็นดัชนีบ่งบอกจำนวนกรดทั้งหมดในน้ำยาง



12) ปริมาณแมกนีเซียม (Mg content) เป็นการหาปริมาณไอออนของ แมกนีเซียมในน้ำยาง ซึ่งมีความสำคัญมากเนื่องจากแมกนีเซียมไอออนเป็น divalent cation ซึ่งมีผลกระทบต่อเสถียรภาพความเป็นคอลลอยด์ที่มีประจุลบของคาร์บอกซิเลตแอนไอออน ล้อมรอบอนุภาคยาง จึงต้องควบคุมให้มีปริมาณต่ำ โดยปกติแล้วน้ำยางสดจะมีความแปรปรวน ของปริมาณแมกนีเซียม จากพันธุ์ต้นยาง อายุของต้นยาง ปุ๋ย ฤดูกาล แร่ธาตุในดิน ปริมาณ แมกนีเซียมในน้ำยางสดพบในช่วง 300-1,000 ppm

13) ความหนืด (Viscosity) เป็นการการวัดความหนืดของตัวอย่างน้ำยางที่ไม่ได้ เจือจาง หรือเจือจางให้มีปริมาณของแข็งตามต้องการ โดยใช้เครื่องวัดความหนืด Brookfield viscometer) ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 1652:1985 : Natural rubber latex - Determination of viscosity ในอุตสาหกรรมน้ำยางชั้นไทยทดสอบตามวิธีทดสอบน้ำยางของสถาบันวิจัยยาง เกณฑ์กำหนดความหนืดในน้ำยางชั้นส่วนใหญ่กำหนดตามความต้องการของลูกค้าแต่ละ ผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมผลิตเส้นด้ายยางยืด ซึ่งไม่ต้องการน้ำยางชั้น ความหนืดสูง

นอกจากคุณสมบัติพื้นฐานของน้ำยางชั้นข้างต้นแล้ว ยังมีสมบัติบางประการที่ สอดคล้องกับคุณสมบัติของน้ำยางชั้น เช่น

14) ปริมาณฟอสเฟต (Phosphate content) เป็นการทดสอบหาปริมาณ ฟอสเฟตไอออนในน้ำยางธรรมชาติ เนื่องจากการเติม DAP เพื่อตกตะกอนแมกนีเซียม อาจทำ

ให้ฟอสเฟตไอออนในน้ำอย่างมากเกินไป ซึ่งมีผลต่อสมบัติทางกายภาพในผลิตภัณฑ์แบบจุ่มที่ทำจากน้ำยางธรรมชาติ (Karunanayake *et al.*, 2006) ในปัจจุบันจึงมีการทดสอบปริมาณฟอสเฟตในน้ำยางชั้นมากขึ้น

15) ปริมาณโปรตีนละลายน้ำ (Aqueous Extractable Protein) เป็นการทดสอบปริมาณโปรตีนละลายน้ำในน้ำยางชั้น เนื่องจากปัจจุบันในอุตสาหกรรมผลิตถุงมือยาง คำนี้ถึงปริมาณโปรตีนละลายน้ำในถุงมือยางมากขึ้นเป็นผลสืบเนื่องจากการควบคุมปริมาณโปรตีนละลายน้ำในถุงมือยางของผู้บริโภคต่างประเทศกำหนดให้ไม่เกิน 50  $\mu\text{g/g}$  ลูกค้าผลิตภัณฑ์ถุงมือจึงต้องการทราบปริมาณโปรตีนละลายน้ำเริ่มต้นในน้ำยางชั้น เพื่อปรับกระบวนการผลิตถุงมือ หรือบางกรณีอาจกำหนดค่าปริมาณโปรตีนละลายน้ำในน้ำยางชั้น

## 2.7 น้ำยางสกิม

ในกระบวนการผลิตน้ำยางชั้น มีผลพลอยได้ คือ หางน้ำยาง (skim latex) ส่วนประกอบของน้ำยางสกิมประกอบด้วยอนุภาคยางขนาดเล็กขนาด 0.03-0.3  $\mu\text{m}$  และส่วนเซรัม น้ำยางสกิมมีส่วนของแข็งประมาณ 7% มีเนื้อยางเพียง 4-10% (ขึ้นกับการปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องปั่น) และองค์ประกอบของยางสกิมมีส่วนที่ไม่ใช่ยางในปริมาณสูง เช่น มีโปรตีน 10-20% และไขมันที่ละลายได้ในอะซีโตน 5-10% นอกจากนั้นเป็นสารอื่นที่ไม่ใช่ยางในปริมาณและชนิดที่แปรปรวน (สุรวุฒิ ว่องสิริชนม์, 2524) มีปริมาณไนโตรเจนในช่วง 1.5-2% (เอกสิทธิ์ อนันต์เจริญวงศ์, 2541) น้ำยางสกิมถูกนำกลับมาจับตัวเนื้อยางอีกครั้ง โดยทั่วไปใช้กรดซัลฟิวริกเข้มข้น ซึ่งสามารถจับตัวเนื้อยางสกิมได้ (Nithi-Uthai, 1999) น้ำยางสกิมปกติทำการแปรรูปขึ้นต้นเป็นยางแห้ง ซึ่งเรียกว่า ยางสกิม ใช้ในงานผลิตที่ไม่เข้มงวดเรื่องคุณภาพ เช่น พื้นรองเท้า ยางปูพื้น ผสมในยางหล่อดอก เป็นต้น (วารภรณ์ ขจรไชยกุล, 2549)

### 2.7.1 การตรวจสอบการจับตัวน้ำยางสกิม

โดยปกติน้ำยางสกิมไม่มีการตรวจสอบคุณภาพใดๆ ในเชิงอุตสาหกรรม บางกรณีอาจทำการตรวจปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณเนื้อยางทั้งหมด และปริมาณแอมโมเนีย ซึ่งทดสอบเหมือนการทดสอบในน้ำยางชั้น และสังเกตการณ์จับตัวของน้ำยางสกิมหลังเติมกรดซัลฟิวริก เพื่อรวบรวมเนื้อยางสกิมให้มากที่สุด เพื่อไม่ให้สูญเสียเนื้อยาง

## 1) ลักษณะการจับตัวและปริมาณกรดในการจับตัวของน้ำยางสกิน (Skim coagulation)

สังเกตลักษณะการจับตัวหรือไม่จับตัวของน้ำยางสกิน ความคู่กับปริมาณกรดที่ใช้ในการจับตัว โดยทั่วไปจะเติมกรดในปริมาณเท่ากันแล้วสังเกตลักษณะการจับตัว แต่กรณีน้ำยางสกินจับตัวยากขึ้น ต้องใช้กรดปริมาณมากขึ้นในการช่วยจับตัวของน้ำยางสกิน

## 2.8 น้ำยางผสมสารเคมี (Compounded latex)

น้ำยางผสมสารเคมี หรือน้ำยางคอมปาวด์ เป็นน้ำยางชั้นที่ผสมสารเคมีในการคอมปาวด์ ได้แก่ สารช่วยความเสถียร สารตัวเร่งปฏิกิริยาโครงสร้าง สารกระตุ้นปฏิกิริยา สารป้องกันการเสื่อมสภาพ สารวัลคาไนซ์ สารตัวเติม สี และน้ำ ก่อนนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ เพื่อให้เกิดพันธะเชื่อมโยงในน้ำยางชั้น ใต้เจดสี และความหนาที่ต้องการในแต่ละผลิตภัณฑ์ เช่น ถุงมือ เส้นด้าย ยางยืด ถุงยางอนามัย ลูกโป่ง กาว สูตรผสมสารเคมีในการคอมปาวด์ น้ำยางชั้นจะแตกต่างกันตามชนิดของผลิตภัณฑ์และความเหมาะสมในการผลิต น้ำยางที่ผสมสารเคมีแล้วถูกบ่มเป็นระยะเวลาจนมีการวัลคาไนซ์ในระดับที่ต้องการ โดยทดสอบการเกิดวัลคาไนซ์ในน้ำยางหลังจากการผสมสารเคมี

### 2.8.1 สารเคมีสำหรับผสมน้ำยาง ประกอบด้วย

(<http://south.nfe.go.th/elearning/courses/8/02paraproduct001.htm>, 2552)

1) สารช่วยความเสถียร (stabilizer) เป็นสารเคมีที่ผสมลงไปในน้ำยาง เพื่อรักษาสภาพความเป็นต่างของน้ำยางไม่ให้เสียสภาพไปได้ สารช่วยความเสถียรจึงมีฤทธิ์เป็นต่างที่นิยมใช้คือ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) หรือที่นิยมใช้อีกชนิดหนึ่ง คือ สบู่ของกรดไขมัน เช่น โพแทสเซียมลอเรต โพแทสเซียมโอลีเอต แอมโมเนียมลอเรตและแอมโมเนียมคาซีเนต เป็นต้น สารที่กล่าวมานี้ช่วยให้น้ำยางมีความคงตัวต่อเครื่องกลตีขึ้น ไม่ทำให้น้ำยางเกิดเป็นเม็ดเล็กๆ ได้ง่าย

2) สารวัลคาไนซ์ (Vulcanizing agents) เป็นสารเคมีที่สำคัญในการทำผลิตภัณฑ์ ยาง คือ ทำให้เกิดการเชื่อมโยงกันระหว่างโมเลกุลของยางเพื่อการปรับปรุงสมบัติของยางให้ดีขึ้น สารวัลคาไนซ์ที่นิยมใช้กัน คือ กำมะถัน สามารถใช้ได้กับยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ ในกรณีที่ใช้น้ำยางจะต้องเป็นกำมะถันชนิดคุณภาพดีนอกจากนี้ยังมีสารที่ให้กำมะถัน เช่น

TMTD (tetramethyl thiuram disulfide) และสารอื่นที่ไม่ใช่กำมะถัน เช่น สารพวกเพอรอกไซด์ เป็นต้น

3) สารกระตุ้นปฏิกิริยา (Activators) ทำหน้าที่เร่งอัตราการวัลคาไนซ์อย่างให้เร็วขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ให้ดียิ่งขึ้น สารกระตุ้นปฏิกิริยานิยมใช้ คือ ซิงค์ออกไซด์ แต่มีผลทำให้น้ำยางหนืดจึงมักเติมสารชนิดนี้ลงในน้ำยางในขั้นสุดท้ายของการผสมสารต่างๆ

4) สารเร่งปฏิกิริยาอย่างคงรูป (Accelerators) โดยปกติการใช้กำมะถันเพียงอย่างเดียวจะเกิดการวัลคาไนซ์ช้ามาก และต้องใช้กำมะถันในปริมาณที่มาก การใช้สารเร่งปฏิกิริยาอย่างคงรูปจะช่วยลดเวลาตลอดจนหมึในการวัลคาไนซ์และยังปรับปรุงสมบัติให้กับผลิตภัณฑ์อีกด้วย สารเร่งปฏิกิริยานิยมอยู่ด้วยกัน 7 กลุ่มที่นิยมและใช้กันมาก คือ กลุ่ม ไดโซโอคาร์บาเมต ไฮโอโซลและไทูแรม

5) สารป้องกันยางเสื่อมสภาพ (Antioxidants) เป็นสารเคมีที่ป้องกันออกซิเจนในอากาศที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเสื่อมสภาพจึงช่วยยืดอายุการใช้งาน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ

1. กลุ่มอนุพันธ์เอมีน (ชนิดตกสี) มักเปลี่ยนแปลงสี เมื่ออายุการใช้งานนาน ๆ
2. กลุ่มอนุพันธ์ฟีนอล (ชนิดไม่ตกสี)
3. กลุ่มอิมิดาซอล

6) สารตัวเติม (Fillers) ส่วนมากเป็นสารพวกอนินทรีย์เติมลงไปในน้ำยาง มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผลิตภัณฑ์แข็ง แต่ไม่เพิ่มสมบัติด้านความทนแรงดึงหรือทนต่อการฉีกขาด สารที่นิยมใช้คือแคลเซียมคาร์บอเนต เคลย์ และผงถ่าน เป็นต้น

7) สารช่วยให้ยางมีสีสวย ส่วนมากเป็นสารพวกอนินทรีย์ช่วยเพิ่มสีสรรให้กับผลิตภัณฑ์ เช่น

- ไททาเนียมไดออกไซด์ ให้สีขาว
- โครเมียมออกไซด์ ให้สีเขียว
- ไอออน ออกไซด์ ให้สีแดงจนเหลือง
- นิเกิล ไททาเนต ให้สีเหลือง



## 2.8.2 การตรวจสอบสมบัติน้ำยางผสมสารเคมี

### 1) ดัชนีการบวมตัว (Swelling Index)

เป็นการทดสอบระดับการวัลคาไนซ์ของน้ำยางผสมสารเคมี จากการแผ่ขยายของยางแช่ในตัวทำละลายเปรียบเทียบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นยางที่ไม่ได้ขยายตัว เมื่อเกิดพันธะเชื่อมโยงมาก แผ่นยางจะบวมตัวน้อย ดัชนีการบวมตัวมีค่าต่ำ

### 2) คลอโรฟอร์มัมเบอร์ (Chloroform number)

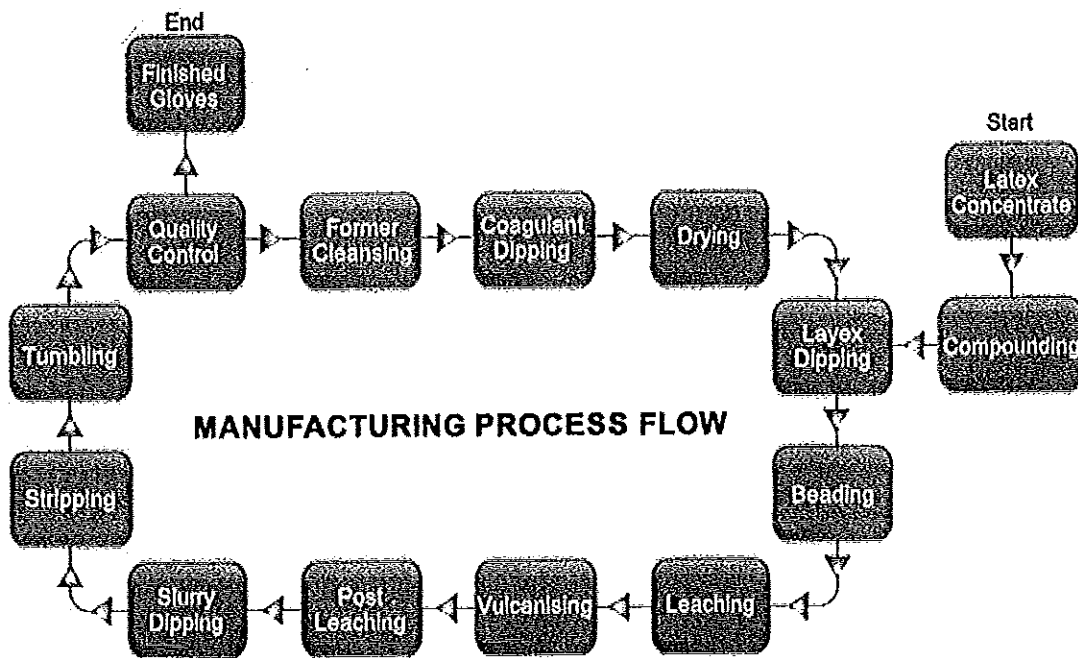
เป็นการทดสอบระดับการวัลคาไนซ์ของน้ำยางผสมสารเคมี โดยสังเกตลักษณะของก้อนยางเมื่อเทคลอโรฟอร์มในน้ำยางคอมปาวด์ แล้วใช้มีดป็นน้ำยางจนเป็นก้อน หากก้อนยางมีลักษณะยุบมาก หมายถึงระดับการวัลคาไนซ์มาก วิธีนี้ใช้ระยะเวลาทดสอบเร็วกว่าทดสอบการบวมตัว แต่ความแม่นยำน้อยกว่า เนื่องจากต้องใช้ความชำนาญของผู้ทดสอบ และระหว่างการทดสอบทำในตู้ดูดควัน และสวมถุงมือเนื่องจากต้องสัมผัสโดยตรงกับคลอโรฟอร์ม

## 2.9 ถูงมือยาง

(<http://mdit.pbru.ac.th/sme/Details/InvestmentExamples/I016.doc>, 2552)

ถูงมือยางเริ่มมีการผลิตในประเทศไทยประมาณ 20 ปีที่ผ่านมา เมื่อผู้ประกอบการจากต่างประเทศเข้ามาลงทุนโดยนำเทคโนโลยีในการผลิตเข้ามาด้วย ส่งผลให้หลังจากปี พ.ศ. 2529 เป็นต้นมา ประเทศไทยสามารถทำการผลิตเพื่อส่งออกถูงมือยางไปจำหน่ายยังต่างประเทศได้ ซึ่งต่อมาได้มีการกำหนดมาตรฐานขึ้นโดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม สำหรับมาตรฐานถูงมือยางที่ใช้ในการคัดลอกกรรม (มอก. 538-2534) และมาตรฐานถูงมือยางที่ใช้ในการตรวจโรค (มอก.1056-2534) เนื่องจากถูงมือยางเป็นสินค้าที่เข้าข่ายเครื่องมือแพทย์ สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข จึงได้กำหนดมาตรฐานการผลิตและการนำเข้าอีกด้วย ถูงมือยางเป็นผลิตภัณฑ์หลักจากน้ำยางข้น โดยมีสัดส่วนการผลิตประมาณร้อยละ 70 นอกนั้นผลิตเป็นยางยืด อุปกรณ์ทางการแพทย์ ถูงยางอนามัย ลูกโป่ง กาว ฟองน้ำ การผลิตถูงมือยางใช้วัตถุดิบที่สำคัญ ได้แก่ น้ำยางข้น ประมาณร้อยละ 90 โดยน้ำหนัก โดยนิยมใช้ประเภทน้ำยางข้นแอมโมเนียสูง และสารเคมีในการคอมปาวด์ ได้แก่ โปแทสเซียมไฮดรอกไซด์ โปแทสเซียมลอเรต กำมะถัน สารป้องกันยางเสื่อมสภาพ ซิงค์ออกไซด์ เป็นต้น รูปที่ 2.14 แสดงกระบวนการจุ่มถูงมือยาง โดยหลังจากผสมสารเคมีคอมปาวด์ในน้ำยางข้น ปมน้ำยางคอมปาวด์เพื่อให้น้ำยางอยู่ในสภาพที่

เหมาะสม ขึ้นรูปเป็นถุงมือยางโดยการใช้วิธีการจุ่ม วิธีนี้เป็นการนำพิมพ์ที่ทำจากพลาสติก โลหะ หรือเซรามิก จุ่มลงในสารละลายที่ช่วยให้น้ำยางจับตัวก่อน (coagulant) เมื่อยกพิมพ์ขึ้น ปล่อยให้แห้งหมาดๆ สารละลายที่ช่วยให้น้ำยางจับตัว จะเกิดเป็นฟิล์มบางๆจับตัวเกาะอยู่ที่พิมพ์ เมื่อนำพิมพ์ไปจุ่มในน้ำยางที่ผสมสารเคมี ยกพิมพ์ขึ้นช้าๆ ฟิล์มบางจะเคลือบพิมพ์ นำไปอบให้ คงรูปในตู้อบ ความต้องการของถุงมือยางภายในประเทศนั้นมีภาวะที่คงตัว เนื่องจากเป็นสินค้า ที่ใช้เฉพาะในวัตถุประสงค์เฉพาะอย่าง ดังนั้นการแข่งขันจะอยู่ที่คุณภาพและการตลาดเป็นหลัก และในปัจจุบันมีผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมถุงมือยางเพิ่มมากขึ้นจึงทำให้มีการแข่งขันกันสูง สำหรับตลาดภายในประเทศ ซึ่งถุงมือยางมีด้วยกันหลายชนิดโดยแบ่งตลาดถุงมือยาง ภายในประเทศตามลักษณะการใช้งานได้ 3 ประเภท คือ



รูปที่ 2.14 ขั้นตอนโดยทั่วไปของการผลิตถุงมือยางธรรมชาติ  
(<http://www.latexglove.info/manufacturing.php>, 2009)

- 1) ถุงมือยางสำหรับใช้ในทางการแพทย์ (Medical Glove) ซึ่งแบ่งย่อยเป็น
  - ถุงมือศัลยกรรม (Surgical Glove) ใช้ในทางศัลยกรรม มีลักษณะเนื้อบาง แข็งแรง มีความยาวถึงข้อศอกโดยผ่านกรรมวิธีการฆ่าเชื้อ 100% ใช้เพียงครั้งเดียวแล้วทิ้ง
  - ถุงมือตรวจโรค (Examination Glove) ใช้ในงานตรวจโรคมีลักษณะบางกระชับมือ สั้นแค่ข้อมือ ไม่มีข้างซ้ายขวา ใช้ครั้งเดียวทิ้งโดยไม่มีการนำกลับมาใช้อีก

2) ถุงมืออย่างสำหรับใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial Glove) มีขนาดใหญ่ แข็งแรง ทนทาน เพื่อความทนทานต่องานในโรงงานอุตสาหกรรม

3) ถุงมืออย่างสำหรับใช้ในครัวเรือน (Household Glove) เป็นถุงมืออย่างที่แม่บ้านใช้ในการทำความสะอาด ชักล้าง มีขนาดใหญ่ แข็งแรง ทนทานต่อการใช้งาน มีอายุการใช้งานนาน ถุงมืออย่างของไทยส่วนใหญ่ (ประมาณร้อยละ 90) ผลิตถุงมืออย่างประเภทตรวจโรค เนื่องจากเป็นถุงมือที่ผลิตได้ง่ายที่สุด ใช้เวลาในการผลิตสั้นและเป็นที่ต้องการของตลาดภายในประเทศและต่างประเทศ

### 2.9.1 คุณภาพของถุงมืออย่าง

โดยทั่วไปถุงมืออย่างแต่ละประเภท มีการตรวจสอบคุณภาพเข้มงวดแตกต่างกัน ในที่นี้กล่าวถึงคุณภาพของถุงมืออย่างชนิดตรวจโรค ซึ่งมีการผลิตและบริโภคเป็นส่วนใหญ่ ดังนี้

#### 2.9.1.1 คุณลักษณะ (กระทรวงสาธารณสุข, 2539 และ ASTM D3578-05)

##### 1) ลักษณะทั่วไป

- 1.1) ถุงมืออย่างสำหรับการตรวจโรค เมื่อตรวจพินิจต้องปราศจากตำหนิที่เป็นผลเสียต่อการใช้งาน เช่น ฟองอากาศ สิ่งแปลกปลอมในเนื้อยาง ขอบถุงมืออย่างต้องไม่ม้วนกลับขณะใช้งาน
- 1.2) การเจือสี สีที่ใช้ต้องมีความปลอดภัย
- 1.3) การแต่งกลิ่น กลิ่นที่ใช้ต้องไม่เป็นพิษและไม่ทำให้อายุการใช้งานของถุงมืออย่างลดลง

##### 2) ขนาดและมิติ

ถุงมืออย่างสำหรับการตรวจโรค แบ่งออกเป็น 5 ขนาด ได้แก่ extra small หรือ XS, small หรือ S, medium หรือ M, large หรือ L และ extra large หรือ XL โดยเกณฑ์กำหนดขนาด มิติและความคลาดเคลื่อน เมื่อทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 3578

##### 3) การรั่วซึม

ทดสอบตาม ASTM D5151 ซึ่งเป็นการทดสอบการรั่วโดยใช้น้ำ หรือทดสอบการรั่วแบบใช้ลมเป่า

##### 4) การปราศจากเชื้อ ทดสอบตาม U.S. Pharmacopeia

##### 5) ปริมาณแบง์ ไม่เกิน $10 \text{ mg/dm}^2$

6) ปริมาณโปรตีน ทดสอบตาม ASTM D 5712 ไม่เกิน  $200 \mu\text{g}/\text{dm}^2$

### 2.9.1.2 ความทนต่อแรงดึง โมดูลัส และความยืดเมื่อขาด

เป็นการทดสอบแรงที่ใช้ดึงขึ้นตัวอย่างถุงมือและระยะที่ยืดได้ของถุงมือจนขาด ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 412-98a

1) ความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) บ่งบอกความแข็งแรงของถุงมือ เป็นสมบัติที่มีความสำคัญในการระบุคุณภาพถุงมือ หากค่าทนต่อแรงดึงสูง หมายถึง ถุงมือมีความแข็งแรง

2) ค่าโมดูลัส (Modulus) บ่งบอกความแข็ง/ นิ่มของถุงมือได้ สังเกตได้จากค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 500% ค่าโมดูลัสสูง หมายถึง ใช้แรงในการยืดถุงมือมาก นั่นคือ ถุงมือจะแข็งกว่าถุงมือที่มีค่าโมดูลัสต่ำ

3) ค่าเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด (Elongation at break) หมายถึง ระยะยืดของถุงมือที่สามารถยืดได้จนขาด

อย่างไรก็ตาม ต้องมีการทดสอบความทนต่อแรงดึง โมดูลัส และความยืดเมื่อขาด ของถุงมือหลังการปมแรงแบบใช้อากาศหมุนเวียนที่อุณหภูมิ  $70 \pm 2^\circ\text{C}$  เป็นเวลา  $166 \pm 2$  h หรือ  $100 \pm 2^\circ\text{C}$  เป็นเวลา  $22 \pm 0.3$  h ก่อนนำมาทดสอบ ตามมาตรฐาน ASTM D3578-05 ซึ่งจะเป็นสมบัติของถุงมือหลังปมแรงที่อุณหภูมิสูง

## 2.10 การตรวจสอบเอกสาร

### 2.10.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทางด้านน้ำยางและฟิล์มยาง

Blackley D.C. (1997) กล่าวถึงโครงสร้างโมเลกุลของอนุภาคยาง ซึ่งมีสารประกอบของโปรตีนและฟอสโฟไลปิด หุ้มล้อมรอบอนุภาคยาง เกิดการไฮโดรไลซิสของโปรตีน เป็นพอลิเปปไทด์และกรดอะมิโน และฟอสโฟไลปิดถูกไฮโดรไลซ์เป็นคาร์บอกซิเลตแอนไอออน ฟอสเฟตแอนไอออนและสารอินทรีย์ แอนไอออนของคาร์บอกซิเลตจะถูกดูดซับที่ผิวของอนุภาคยาง ทำให้คอลลอยด์มีเสถียรภาพมากขึ้น และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา ทำให้ค่า MST ของน้ำยางเพิ่มขึ้น แต่ค่า VFA No. ของน้ำยางซึ่งเพิ่มขึ้นจากการทำงานของแบคทีเรีย มีผลต่อค่า MST ของน้ำยางด้วยเช่นกัน เนื่องจากเกิดการดพอร์มิก อะซิติก และพรอพิอิก

Ho C.C. และคณะ (1996) อนุภาคน้ำยางสดถูกทำให้เสถียรด้วยโปรตีนและฟอสโฟไลปิดที่ถูกดูดซับอยู่ที่อนุภาคยาง ขณะที่ในน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียสูงถูกทำให้เสถียรด้วยสบู่ของกรดไขมันสายโซ่ยาวเป็นหลัก ซึ่งเกิดจากการไฮโดรไลซิสของฟอสโฟไลปิด โดยศึกษาโครงสร้างผิวที่ล้อมรอบอนุภาคยางจากแบบจำลองอิเล็กทรอนิกส์ของ Ohshima และ Kondo

Tarachiwin (2004) ศึกษาผลกระทบของปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางสดและน้ำยางชั้นต่อปริมาณเจลและน้ำหนักโมเลกุลน้ำยาง พบว่าปริมาณแมกนีเซียม ปริมาณที่เอนไซม์ที่ดีและซิงค์ออกไซด์และดีเอพีในน้ำยางสดและน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียสูง เมื่อระยะเวลาเก็บน้ำยางนานขึ้นทำให้ปริมาณเจลของเพิ่มขึ้น งานวิจัยนี้ยืนยันการเกิดพันธะของยางธรรมชาติผ่านโปรตีนและฟอสโฟไลปิด กล่าวว่าการเกิดของสายโซ่แบบกิ่งก้านและแบบเจลอ่อนเกิดจากโปรตีนและฟอสโฟไลปิดที่ปลายสายโซ่โมเลกุลยาง โดยหมู่ปลายของโมเลกุลยางคาดว่าเป็นหมู่ฟอสเฟตและไดฟอสเฟตที่ต่อกับโมเลกุลของฟอสโฟไลปิดด้วยพันธะไฮโดรเจนหรือต่อกับแมกนีเซียมไอออนด้วยพันธะไอออนิก

Tanaka Y. และคณะ (1995) ศึกษา biosynthesis ของยางธรรมชาติ สันนิษฐานว่าโปรตีนมีอิทธิพลต่อสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกล โดยศึกษาการลดลงของปริมาณในโคโรนาเมื่อผ่านกระบวนการ deproteinization . สัมพันธ์กับการลดลงของปริมาณเจล และในปี 1997 ศึกษาการเกิดกิ่งสาขาของโมเลกุลยางธรรมชาติ จากการทดลองนำน้ำยางสดโปรตีนต่ำและน้ำยางชั้นแอมโมเนียสูงทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน ทำให้  $M_w$  และ  $M_n$  ลดลง 10-50% ปริมาณเจลลดลง 1% แต่หลังจากน้ำยางชั้นถูกลดโปรตีนโดย deproteinization ปริมาณเจลลดลงประมาณ 40% ดังนั้นการเกิดเจลในยางสันนิษฐานว่าเกิดจากการเกาะกลุ่มกัน (aggregation) ของโปรตีน

Petri C. และ Pendle T.D. (1997) กล่าวถึง สบู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ประกอบด้วยคาร์บอนอะตอม C16-C18 เช่น โอเลเอต เพิ่มเสถียรภาพน้ำยางได้ดี มีฟองที่แข็งแรง และมีความไวต่อซิงค์ออกไซด์ สบู่ของกรดไขมันอิ่มตัวจะไม่ใช้ในการเพิ่มเสถียรภาพน้ำยาง เนื่องจากไม่ค่อยละลายน้ำ ไม่เพิ่มเสถียรภาพ กลุ่ม C10 เกิดเป็นฟองน้อยทนต่อซิงค์ออกไซด์ แต่ไม่เพิ่มเสถียรภาพน้ำยาง สบู่ของกรดลอริก (C12) ใช้กันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีสมบัติเพิ่มเสถียรภาพได้มาก มีความไวต่อซิงค์ออกไซด์น้อยกว่า C18

จิตรลดา สารสัสดีกุล และคณะ (2548) ศึกษาอิทธิพลของชนิดและปริมาณสบู่ต่อการเกิดฟองอากาศในน้ำยางธรรมชาติ โดยเลือกใช้สบู่ในกลุ่มนอนไอออนิกและแอนไอออนิก สภาวะในการศึกษาทั้งในน้ำกลั่นและน้ำยางคอมปาวด์และสมบัติที่ศึกษา คือ ความหนืดของ

น้ำยาง เวลาการปรม รวมทั้งอิทธิพลของสบู่ที่มีต่อการเกิดฟิล์มยางโดยวิธีการชุป พบว่าสบู่ในกลุ่มแอนไอออนิกทำให้เกิดฟองและมีความเสถียรของฟองในน้ำกลั่นและน้ำยางคอมปาวด์สูงกว่าสบู่ในกลุ่มนอนไอออนิก เมื่อศึกษาอิทธิพลของชนิดและปริมาณสบู่ต่อพฤติกรรมการเกิดฟิล์มของถุงมือ พบว่าแผ่นฟิล์มของสบู่ทุกชนิดมีความหนาลดลงตามการเพิ่มปริมาณสบู่ ยกเว้นสบู่โพแทสเซียมโอเลเอต เมื่อศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาปรมต่อระดับการวัลคาไนซ์ พบว่าระดับการวัลคาไนซ์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาปรมน้ำยางคอมปาวด์

เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี และคณะ (2547) ศึกษาสมบัติของน้ำยางธรรมชาติที่เก็บรักษาด้วยแอมโมเนียและสบู่ลอเรต โดยน้ำยางชั้นแอมโมเนียต่ำและน้ำยางสดใส่แอมโมเนีย 0.4% โดยน้ำหนักน้ำยาง แปรปริมาณสบู่โพแทสเซียมลอเรตตั้งแต่ 0 0.1 0.25 0.5 1.5 และ 2.0% โดยน้ำหนักน้ำยาง ตรวจสอบสมบัติทั่วไปของน้ำยางระหว่างการเก็บน้ำยางไว้ในช่วงเวลา 10 วัน พบว่าในวันแรกของการใส่สบู่โพแทสเซียมลอเรตในน้ำยางชั้นแอมโมเนียต่ำและน้ำยางสดใส่แอมโมเนีย 0.4% โดยน้ำหนัก น้ำยางมีค่าความเสถียรเชิงกล ปริมาณของเกลือแอมโมเนียมความเป็นกรด-ด่าง และการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความดึงผิวลดลง และปริมาณกรดที่ระเหยได้ในน้ำยางไม่แตกต่างกันมากนัก เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการเก็บรักษา น้ำยางไว้ในช่วงเวลา 10 วัน พบว่า ค่าความเสถียรเชิงกล ปริมาณกรดที่ระเหยได้ ปริมาณเกลือแอมโมเนียม และค่าการนำไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง และค่าความดึงผิวมีแนวโน้มคงที่

ภูษิต รักษา (2537) ศึกษาเกี่ยวกับความเสถียรของน้ำยางธรรมชาติ พบว่าเมื่อตั้งน้ำยางชั้นทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ค่า MST และ VFA No. ของน้ำยางสูงขึ้น และค่าดังกล่าวนี้สามารถเพิ่มให้สูงขึ้นโดยการเติมสบู่ ถ้าใช้สบู่ในปริมาณที่เท่าๆ กัน เติมนลงในน้ำยาง พบว่าสบู่โพแทสเซียมลอเรต ทำให้ค่า MST และ VFA No. สูงกว่าสบู่จากน้ำมันละหุ่งเพียงเล็กน้อย และเมื่อเพิ่มปริมาณสบู่ ค่า MST และ VFA No. ของน้ำยางเพิ่มขึ้นด้วย เมื่อเพิ่มปริมาณแอมโมเนียในน้ำยาง ทำให้น้ำยาง MST และ VFA No. ของน้ำยางสูงขึ้นด้วย และพบว่าการเก็บรักษา น้ำยางที่ร้อนกว่าอุณหภูมิห้องหรือเย็นเกินไป ทำให้ความเสถียรของน้ำยางลดลง และที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 28°C) น้ำยางสามารถคงความเสถียรได้ดีที่สุด

กิตติ ประสานวงศ์วุฒิ (2543) กล่าวว่า อนุภาคยางในน้ำยางมีแนวโน้มเกาะกลุ่มกันมากขึ้นตามระยะเวลาเก็บรักษาในทุกช่วงอุณหภูมิ วิเคราะห์โดยใช้เทคนิคออปติคอลไมโครสโคปี และ light scattering ซึ่งเป็นแนวทางการควบคุมเสถียรภาพของน้ำยางธรรมชาติ

Wren W.G. (1942) กล่าวว่า เมื่อน้ำยางชั้นรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียร่วมกับซิงค์ออกไซด์เก็บน้ำยางชั้นนานระยะเวลาหนึ่ง น้ำยางหนืดขึ้นทำให้ยากในกระบวนการผลิตแบบจุ่มและเอ็กซ์ทรูด เนื่องจากซิงค์ออกไซด์ละลายได้มากขึ้นในสารละลายแอมโมเนีย เกิดเป็นสารประกอบ ดูดซับอยู่ที่ผิวของอนุภาคยาง จึงทำให้น้ำยางหนืดขึ้น และปริมาณกรดที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติส่งผลต่อการละลายได้ของซิงค์ไอออน

Karunanayake L. และคณะ (2006) ศึกษาผลของปริมาณแมกนีเซียมและปริมาณฟอสเฟตช่วงความเข้มข้น 0-100 ppm ที่มีผลต่อสมบัติน้ำยางชั้น ได้แก่ ค่า MST CST KOH No. VFA No. และสมบัติทางกายภาพของฟิล์มยาง ทั้งก่อนและหลังบ่มแรงที่อุณหภูมิ 70°C และ 100°C นาน 72 h พบว่า ปริมาณฟอสเฟตในน้ำยางชั้น 30 ppm ในน้ำยางชั้น แสดงสมบัติฟิล์มยางที่ได้จากการจุ่มดีขึ้นทั้งค่าทนต่อแรงดึง และความสามารถในการยึด หากปริมาณแมกนีเซียมและฟอสเฟตไอออนมากเกินไป ทำให้อายุทนต่อแรงดึงของฟิล์มยาง ความสามารถในการยึดทั้งก่อนและหลังบ่มแรงต่ำ

Siti Maznah K. และคณะ (2008) ศึกษาผลกระทบของการใช้ KOH ต่อฟิล์มยาง พบว่ามีผลต่อ crosslink density โปรตีนและละลายน้ำ และค่าความทนต่อแรงดึง โดยหาก pH สูงขึ้น โปรตีนและละลายน้ำในฟิล์มยางต่ำลง และ pH สูงกว่า 12 ค่าทนต่อแรงดึงของฟิล์มยางต่ำลง

### 2.10.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทางด้านการจับตัวน้ำยางสกิม

เสาวนิต ใจสมุทร (2536) ศึกษาการแก้ไขปัญหากล้ามไม่จับตัวของน้ำยางสกิมที่ทิ้งไว้ระยะเวลาหนึ่งหรือสกิมเก่า โดยการผสมน้ำยางสกิมใหม่ลงในน้ำยางสกิมเก่า อัตราส่วนการผสมขึ้นอยู่กับอายุยางสกิมเก่า ถ้าน้ำยางสกิมอายุ 1-5 วัน ใช้น้ำยางสกิมใหม่ 30% แต่อายุน้ำยางสกิม มากกว่า 5 วัน ต้องใช้น้ำยางสกิมใหม่ 50% หรือใช้สารละลายโคเอต 10% เป็นสารช่วยจับตัวร่วมกับกรดในประมาณ 0.1-0.5% ของน้ำยางสกิม

นวรรตน์ มโนมัยสันติภาพ (2537) พบว่าน้ำยางสกิมที่ไม่จับตัวมีค่า VFA สูงกว่าที่จับตัวได้ และสามารถช่วยจับตัวน้ำยางสกิมได้ด้วยต่างและแมกนีเซียมไอออน แต่การเพิ่มค่า VFA หรือเพิ่มปริมาณแอมโมเนียมีอะซิเตต การจับตัวของน้ำยางสกิมค่อนข้างคงที่ ส่วนการเพิ่มค่า pH โดยการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ทำให้การจับตัวของน้ำยางสกิมลดลง

จรัญ พุ่มนก (2537) ศึกษาผลของสบู่ออกฤทธิ์จับตัวน้ำยางสกิม โดยการเจือจางน้ำยางธรรมชาติ คือ น้ำยางชั้น น้ำยางชั้น และน้ำยางสกิม ให้มีปริมาณเนื้อยางต่าง ๆ ความสามารถ

ในการจับตัวด้วยกรดต่างกัน โดยน้ำยางชั้นซึ่งมีขนาดอนุภาคใหญ่สามารถจับตัวได้อีก แม้ความเข้มข้นของเนื้อยางต่ำ คือ 0.5% และปริมาณกรดซัลฟิวริกใช้ในปริมาณน้อยกว่ากรดอะซิติก ผลของสบูต่อการจับตัวของน้ำยาง พบว่าเมื่อใส่สบูคาร์บอกซิเลตในน้ำยางสามารถใช้กรดในการจับตัวได้ในทุกความเข้มข้นของสบู โดยเปอร์เซ็นต์เนื้อยางและปริมาณกรดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณสบูที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่สบูซัลเฟตและสบูซัลโฟเนต ทำให้ไม่สามารถจับตัวน้ำยางได้ด้วยกรด และการแก้ไขปัญหาน้ำยางสกิมไม่จับตัวโดยใช้สารละลายโคเอตและสารละลายสบูโซเดียมไดออกซิลซัลโฟซัคซิเนตเข้มข้น 10% สามารถใช้เป็นสารช่วยจับตัวร่วมกับกรดในการจับตัวน้ำยางสกิมเก่า การใช้สารละลายโคเอตในการช่วยจับตัวทำให้ ค่า SCORCH TIME CURE TIME และ MAXIMUM TORQUE การปรับสมบัติทำได้โดยการแช่ในสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5% เป็นเวลา 1 h ก่อนอบแห้ง ได้ผลดีกว่าสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์

ไพโรจน์ กลิ่นพิทักษ์ และคณะ (2538) ศึกษาการผลิตยางโปรตีนต่ำจากน้ำยางพาราโดยใช้เอ็นไซม์ปาเปนและอัลคาเลส ประสิทธิภาพในการขจัดโปรตีนขึ้นอยู่กับความเป็นกรดต่างของน้ำยาง เวลาในการย่อย ปริมาณเอ็นไซม์ วิเคราะห์โดยการลดปริมาณไนโตรเจน

ไชยะ คงมณี (2540) ศึกษาการปัจจัยที่มีผลต่อการจับตัวยากของน้ำยางสกิม พบว่าปริมาณแอมโมเนียและระยะเวลาเก็บน้ำยางสด ทำให้น้ำยางสกิมไม่จับตัว และสามารถปรับปรุงการจับตัวน้ำยางสกิมโดยใช้เลซิธินร่วมกับกรดซัลฟิวริก

พงศ์เพชร ศิริอนันต์ (2540) ศึกษาผลกระทบของสารช่วยจับตัวที่มีต่อปริมาณโปรตีนในรูปปริมาณไนโตรเจนของยางสกิม พบว่าน้ำยางสกิมที่เก็บนานมีปริมาณไนโตรเจนของยางสกิมสูงกว่าน้ำยางสกิมเก็บไม่นาน การใช้สารช่วยจับตัว ได้แก่ โซเดียมซิลิโคฟลูออไรด์ เกลือแคลเซียมคลอไรด์ และเอ็นไซม์ สามารถลดปริมาณกรดที่ใช้จับตัวได้มากกว่าจับตัวน้ำยาง สกิมด้วยกรดเพียงอย่างเดียว หรือใช้กรดร่วมกับเลซิธิน

เอกสิทธิ์ อนันต์เจริญวงศ์ (2541) ศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณไนโตรเจนในยางสกิมและการจับตัวน้ำยางสกิมโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และเอ็นไซม์ในการลดปริมาณไนโตรเจนในยางสกิมได้มากกว่า 50% แต่การแช่ยางสกิมในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิ 50°C มีประสิทธิภาพดีกว่าเอ็นไซม์ และใช้สารครีมน้ำยางสกิมด้วยสารละลายเมทิลเซลลูโลสร่วมกับสบูโพแทสเซียมลอเรตในการเพิ่ม %DRC ของน้ำยางสกิมจาก 3.5% เป็น 20-23% และการนำน้ำยางสกิมที่ผ่านการเติมเอ็นไซม์ย่อยโปรตีนหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิต่ำ ขนาดอนุภาคของน้ำยางสกิมที่ใช้เอ็นไซม์ย่อยโปรตีนมี



ขนาดเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด แต่สำหรับไซเตียมไฮดรอกไซด์ไม่มีผลมากนัก จึงจับตัวน้ำยาง สกิมเก่าด้วยเอ็นไซม์ย่อยโปรตีน พบว่าการใช้เอ็นไซม์ย่อยโปรตีนปริมาณใดๆ สามารถจับตัว น้ำยางสกิมได้ด้วยกรดซัลฟิวริก 10% ได้ทันที

ฤทธิรงค์ จุฑามาศย์ (2541) ศึกษาการลดโปรตีนในยางสกิมโดยการใช้เอ็นไซม์ พบว่า เมื่อความเข้มข้นของเอ็นไซม์เพิ่มขึ้น ปริมาณไนโตรเจนลดลง แต่ที่ความเข้มข้นของเอ็นไซม์ มากกว่า 0.05% ไม่มีผลต่อการลดปริมาณไนโตรเจน เวลาในการบ่มมีผลต่อปริมาณไนโตรเจน เช่นเดียวกัน โดยเมื่อเวลาในการบ่มเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนลดลง และที่อุณหภูมิการ บ่มน้ำยางสกิม 50°C เอ็นไซม์มีประสิทธิภาพในการลดไนโตรเจนได้มากที่สุด การใช้สารละลาย ไซเตียมไฮดรอกไซด์ในการลดปริมาณไนโตรเจนในยางสกิม สามารถใช้ได้ดีที่ความเข้มข้นไม่ เกิน 3% และเวลาในการแช่ประมาณ 20-24 h ซึ่งการแช่ยางสกิมในสารละลายไซเตียม ไฮดรอกไซด์ สามารถลดปริมาณไนโตรเจนได้ดีกว่าการใช้เอ็นไซม์และยางสกิมมีสีที่ดีกว่ายางที่ ใช้เอ็นไซม์ ยางสกิมที่ได้จากการลดไนโตรเจนมีค่าดัชนีความอ่อนตัวต่ำกว่ายางที่ยังไม่ได้ลด ไนโตรเจน แต่การแช่ในสารละลายรวม 1% กรดออกซาลิกร่วมกับ 1% โซเดียมเรียวช่วยปรับปรุง ค่าดัชนีความอ่อนตัวของยางสกิมได้

ศิวโรฒ บุญราศรี (2542) น้ำยางสกิมหลังจากทิ้งไว้นานเกิน 5 วัน ไม่สามารถจับตัว ด้วยกรดซัลฟิวริก 10% เนื่องจากโปรตีนที่ห่อหุ้มอนุภาคยางหลุดออกมาขัดขวางการจับตัวเป็น ก้อนของอนุภาคยาง การขจัดโปรตีนออกจากน้ำยางสกิมโดยการเซนตริฟิวส์หรือการใช้เอ็นไซม์ ทำลายโปรตีน ทำให้น้ำยางสกิมสามารถกลับมาจับตัวได้อีกครั้ง หรือใช้สารละลายไซเตียม พอลิอะคริเลตที่มีน้ำหนักโมเลกุลเกิน 100,000 หน่วย ในปริมาณร้อยละ 0.2 ของน้ำยางสกิม ทำให้น้ำยางสกิม สามารถจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริก 10% ได้

ศิริศักดิ์ สุขสุจริตพร (2543) ศึกษาเทคนิคการรวบรวมอนุภาคยางสกิมขนาดเล็ก โดยใช้ เอ็นไซม์โปรติโอไลติกร่วมกับไซเตียมคลอไรด์ด้วยกระบวนการขจัดโปรตีน (deproteinization) และเทคนิคการแยกชั้นด้วยเกลือ (salting-out) ซึ่งการแยกชั้นน้ำยางสกิมขึ้นอยู่กับประจุบนผิว อนุภาคยางและการรวมกันของยางอนุภาคเล็ก

Loykulnant S. และคณะ (2004) ใช้สารครีมน้ำยางสกิมชนิดไวต่อความร้อนกลุ่ม เซลลูโลสฮีเทอร์ ซึ่งละลายน้ำได้ดี แสดงสมบัติเป็นคอลลอยด์ละลายน้ำ และอาจสามารถนำ กลับมาใช้ใหม่โดยใช้ความร้อน ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม และศึกษาคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ ยางดิบที่เตรียมได้จากยางสกิมที่ได้

Moonprasith N. และคณะ (2008) ศึกษาผลกระทบของสารเพิ่มความเสถียรต่อการเกิดเจลในน้ำยางสกิมที่มีสารไฮดรอกซีโพรพิลเมธิลเซลลูโลส (HPMC) ซึ่งพบว่าโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 0.4-1.0% ทำให้น้ำยางสกิมเกิดเจลได้ที่อุณหภูมิห้อง และเมื่อความร้อนกับโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟตมีผลให้ปริมาณของแข็งของเจล HPMC มากขึ้น

Werathirachot R. และคณะ (2008) ใช้โคโคซานในการฟล็อกคูเลต (flocculate) น้ำยางสกิม โดยใช้ปริมาณ 0.1% น้ำยางสกิมที่ปรับ pH แล้วจะแยกชั้นเซรัมเป็นสีเหลืองใสอย่างชัดเจน

### บทที่ 3

#### วิธีการวิจัย

#### 3.1 วัสดุและสารเคมี

วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย

1. น้ำยางสด จากต้นยางพาราพันธุ์ RRIM 600 อายุประมาณ 17 ปีจากสวนยาง บริษัทไทยรับเบอร์ซีดี อ. หนองใหญ่ จ. ชลบุรี

สารเคมีเกรดอุตสาหกรรม

2. แก๊สแอมโมเนีย (ammonia gas;  $\text{NH}_3$ ) ทำหน้าที่เป็นสารรักษาสภาพน้ำยางชั้นจำหน่ายโดย บริษัท ยูนิคแก๊ส แอนด์ ปิโตรเคมีคัลส์ จำกัด (มหาชน)

3. สารละลายแอมโมเนีย (ammonia solution;  $\text{NH}_4\text{OH}$ ) ทำหน้าที่เป็นสารรักษาสภาพน้ำยางสดเตรียมจากแก๊สแอมโมเนีย โดยบริษัทไทยรับเบอร์ลาเทคส์ คอร์ปอเรชั่น (ประเทศไทย) จำกัด มหาชน

4. เตตระเมทิลไธยูเรมไดซัลไฟด์ (tetramethylthiuram disulfide, TMTD) ยี่ห้อ Flexsys จัดจำหน่ายโดยบริษัทรีไลแอนซ์เทคโนเคม จำกัด ใช้ผสมกับซิงค์ออกไซด์ทำหน้าที่เป็นสารรักษาสภาพน้ำยางร่วมกับแอมโมเนีย

5. ซิงค์ออกไซด์ (zinc oxide;  $\text{ZnO}$ ) จัดจำหน่ายโดยบริษัทอลโปรดักส์ จำกัด ใช้ผสมกับเตตระเมทิลไธยูเรมไดซัลไฟด์ทำหน้าที่เป็นสารรักษาสภาพน้ำยางร่วมกับแอมโมเนีย

6. สารผสมกระจายตัวระหว่างเตตระเมทิลไธยูเรมไดซัลไฟด์และซิงค์ออกไซด์ (tetramethylthiuram disulfide and zinc oxide; TMTD/ $\text{ZnO}$ ) หรือ นิยมเรียกว่า ทีแซด (TZ) เตรียมโดยบริษัทไทยรับเบอร์ลาเทคส์คอร์ปอเรชั่น (ประเทศไทย) จำกัด มหาชน ทำหน้าที่เป็นสารรักษาสภาพน้ำยางร่วมกับแอมโมเนีย

7. กรดลอริก (lauric acid) ใช้ร่วมกับการทำปฏิกิริยากับแอมโมเนีย ผสมเป็นแอมโมเนียมลอเรต ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความเสถียรในน้ำยาง จัดจำหน่ายโดยบริษัท ธนาเคมี จำกัด

8. ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (diammonium phosphate) หรือ ดีเอพี (DAP) ทำหน้าที่เป็นสารตกตะกอนไอออนของโลหะแมกนีเซียม จัดจำหน่ายโดยบริษัท เจมออน จำกัด

9. สารเคมีในการผสมน้ำยางผสมสารเคมี ได้แก่ ซัลเฟอร์ ซิงค์ออกไซด์ ซิงค์ไดบิวทิลไดไฮโอคาร์บาเมต ซิงค์ไดเอทิลไดไฮโอคาร์บาเมต โปแทสเซียมไฮดรอกไซด์

สารป้องกันยางเสื่อมสภาพ สารตัวเติม สารช่วยจับตัว ประกอบด้วยแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมคาร์บอเนตและแป้งข้าวโพด ซึ่งทำหน้าที่เป็น สารวัลคาไนซ์ สารตัวกระตุ้น สารตัวเร่ง สารกันเสื่อม สารตัวเติม สารช่วยจับตัวในกระบวนการจุ่มฟิล์มยาง และแป้งทาฟิล์มยางขณะถอดจากโมลด์ ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท ฟินิกซ์ริบเบอร์โปรดักส์ จำกัด

10. กรดซัลฟิวริก ใช้ในกระบวนการจับตัวน้ำยางสกิม เพื่อรวบรวมเนื้อยางในการผลิตสกิมบล็อก จัดจำหน่ายโดยบริษัท แสงไพศาล จำกัด

สารเคมีเกรดวิเคราะห์

11. ไดโซเดียมเอทรีนไดเอมีนเตตระอะซิติกแอซิด (ethylenediamine tetra-acetic acid-2Na; EDTA) ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางสดและน้ำยางข้น ยี่ห้อ UNIVAR ผลิตโดยบริษัท Ajax Finechem จำกัด

12. แอมโมเนียมคลอไรด์ (ammonium chloride;  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) ใช้วิเคราะห์ปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางสดและน้ำยางข้น ผลิตโดยบริษัท Ajax Finechem จำกัด

13. สารละลายแอมโมเนีย ใช้วิเคราะห์ปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางสดและน้ำยางข้น

14. โพแทสเซียมไซยาไนด์ (potassium cyanide; KCN) ใช้วิเคราะห์ปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางสดและน้ำยางข้น ผลิตโดย Merck

15. อีริโอโครม แบล็คที (eriochrome black T) ทำหน้าที่เป็นอินดิเคเตอร์ในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำยางสดและน้ำยางข้น ผลิตโดย Fisher Science

16. เมธิลเรด ทำหน้าที่เป็นอินดิเคเตอร์ในการวิเคราะห์แอมโมเนีย ยี่ห้อ BDH, UK

17. ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ซาลีน (phosphate buffer saline; PBS) ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ชั้นตอนสกัดโปรตีน ในการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ผลิตโดย sigma

18. เกลือโซเดียมของกรดดีออกซีคลอโรอะซิติก (deoxychloroacetic sodium salt; DOC) ทำหน้าที่เป็นสารตกตะกอนโปรตีนในการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ผลิตโดย Fluka

19. กรดไตรคลอโรอะซิติก (trichloroacetic acid; TCA) ทำหน้าที่เป็นสารตกตะกอนโปรตีนในการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ผลิตโดย Merck

20. ฟอสโฟทังสโตอะซิติกแอซิด (phosphotungstoacetic acid; PTA) ทำหน้าที่เป็นสารตกตะกอนโปรตีนในการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ผลิตโดย Merck

21. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide; NaOH) ทำหน้าที่เป็นสารละลายตกตะกอนโปรตีนในการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ยี่ห้อ Qrec<sup>TM</sup>

22. โซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate;  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) ทำหน้าที่เป็นสารมาตรฐานปฐมภูมิ และใช้ในการวิเคราะห์ค่าโปรตีนละลายน้ำ ยี่ห้อ UNIVAR ผลิตโดยบริษัท Ajax Finechem จำกัด

23. โซเดียมทาร์เทรต (sodium(+)-tartrate) ใช้ในการวิเคราะห์ค่าโปรตีนละลายน้ำ ยี่ห้อ BDH
24. คอปเปอร์ซัลเฟตเพนตะไฮเดรต (copper sulphate 5-hydrate;  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) ทำหน้าที่เป็นสารพัฒนาสีในการวิเคราะห์ค่าโปรตีนละลายน้ำ ผลิตโดย Merck
25. สารละลายโฟลีน (folin-ciocalteu's phenol) ทำหน้าที่เป็นสารพัฒนาสีในการวิเคราะห์ค่าโปรตีนละลายน้ำ ผลิตโดย Merck
26. โทลูอีน (toluene) ทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายในการวิเคราะห์ดัชนีการบวมตัวฟิล์ม ยี่ห้อ Qrec<sup>TM</sup>
27. แอมโมเนียมโมลิบเดต (ammonium molybdate) ทำหน้าที่เป็นสารพัฒนาสีในการวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟต ยี่ห้อ BDH, UK
28. แอมโมเนียมเมตวานาเดต (ammonium metavanadate) ทำหน้าที่เป็นสารพัฒนาสีในการวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟต ยี่ห้อ BDH, UK
29. กรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid; HCl) ใช้วิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียและปริมาณฟอสเฟต ยี่ห้อ J.T. Baker
30. แบเรียมไฮดรอกไซด์ (barium hydroxide;  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ) ใช้วิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ ยี่ห้อ UNIVAR ผลิตโดยบริษัท Ajax Finechem จำกัด
31. ซิลิโคนแอนตี้โฟม (silicone antifoam) ใช้วิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ ผลิตโดย Fisher Science
32. แอมโมเนียมซัลเฟต (ammonium sulphate) ใช้วิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ ยี่ห้อ Qrec<sup>TM</sup>
33. ฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein) ทำหน้าที่เป็นอินดิเคเตอร์ในการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ ยี่ห้อ UNIVAR ผลิตโดยบริษัท Ajax Finechem จำกัด
34. เมทานอล (methanol) ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ ยี่ห้อ Qrec<sup>TM</sup>
35. โพแทสเซียมพธาลเลต (potassium phthalate, KHP) ผลิตโดย บริษัท Merck ทำหน้าที่เป็นสารมาตรฐานปฐมภูมิ
36. กรดซัลฟิวริก ใช้ในการทดสอบการจับตัวน้ำอย่างสทิม ยี่ห้อ Qrec<sup>TM</sup>

### 3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย

1. เครื่องปั่นแยกน้ำยาง (Centrifugal machine) ยี่ห้อ Alfa-laval รุ่น LRH-410 ขนาด 400-450 litre/hour

2. สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) ยี่ห้อ Novaspec<sup>®</sup> II ผลิตโดยบริษัท Phamasia Biotech
3. เครื่องวัดความเสถียรเชิงกล (MST Machine) รุ่น MST 3 ผลิตโดยบริษัท A&Y Separator Co. Ltd.
4. เครื่องวัดความหนืด (Brookfield viscometer) ยี่ห้อ Brookfield รุ่น Model LVF ผลิตโดยบริษัท Brookfield engineering laboratories, Inc. ตามมาตรฐาน ISO 1652.
5. เครื่องทดสอบแรงดึง (Universal testing machine) ยี่ห้อ Gotech รุ่น TCS-2000 ผลิตโดยบริษัท Gotech ไต้หวัน ตามมาตรฐาน ASTM D 412 พร้อม grip และ load cell 100 kg
6. เครื่องวัดประจุ (zeta potential) Zetasizer Nanoseries รุ่น S4700 (Malvern Instrument, UK)
7. เครื่องเซนติฟิวส์ (centrifugal machine) ยี่ห้อ HERMLE รุ่น Z383K ผลิตโดยบริษัท Hermle Labortechnik. German
8. ตู้ดูดความชื้น ยี่ห้อ Bossmen ผลิตโดยบริษัท Bossmen Desiccatives Inc.
9. Inductively coupled plasma-Atomic Emission Spectrometer (ICP-AES) รุ่น JY 2000 ผลิตโดยบริษัท Jobin-Yvon S.A. group horiba จัดจำหน่ายโดยบริษัท ไชมิส อินสตรูเมนต์ จำกัด
10. ตู้ดูดควัน ขนาด 150 x 90 x 2.35 m ผลิตโดยบริษัทเมเจอร์ ไฮแอนทิฟิค จำกัด
11. ตู้อบลมร้อน ผลิตโดยบริษัท MEMMERT ขนาด 256 litres รุ่น ULE 600
12. เครื่องชั่งดิจิตอล ความละเอียด 2 ตำแหน่ง พิกัด 4000 g ยี่ห้อ AND รุ่น GF-4000 ผลิตโดยบริษัท ดิจิตอล สเกล จำกัด
13. เครื่องชั่งดิจิตอล ความละเอียด 4 ตำแหน่ง พิกัด 200 g ยี่ห้อ AND รุ่น GR 200 จัดจำหน่ายโดยบริษัทยูพีมาร์เก็ตติ้ง เบนเนอรัลซัพพลาย จำกัด
14. เครื่องชั่งดิจิตอล ความละเอียด 2 ตำแหน่ง พิกัด 100 kg ยี่ห้อ A&D รุ่น HW 100 KA1
15. แบบตัดตัวอย่างดัมเบลล์ ชนิด Die C พร้อมทั้งตัดตัวอย่าง
16. เครื่องวัดความหนา ยี่ห้อ Teclock ความละเอียด 0.01 mm
17. วัสดุอุปกรณ์อื่นๆ ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทไทยรับเบอร์ลาเท็กซ์คอร์ปอเรชั่น (ประเทศไทย) จำกัด มหาชน ได้แก่
  - 17.1 Glass cuvette ยี่ห้อ Hellma<sup>®</sup> Light path 10 mm
  - 17.2 Polypopylene cuvette ยี่ห้อ Plasbrand<sup>®</sup> 2.5 mL
  - 17.3 แผ่นกระจกขนาด 3 inches x 8 inches x 1/8 cm
  - 17.4 คลิปดำ คลิปลวด ใช้หนีบและแขวนแผ่นกระจก

- 17.5 กระดาษกรอง เบอร์ 1 เส้นผ่านศูนย์กลาง 110 mm ยี่ห้อ Whatman®
- 17.6 กระดาษกรอง เบอร์ 40 เส้นผ่านศูนย์กลาง 110 mm ยี่ห้อ Whatman®
- 17.7 กระดาษกราฟ ใช้วิเคราะห์ดัชนีการบวมตัว
- 17.8 ขวดสีชา ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณเจล
- 17.9 แมโครปิเปต ขนาด 1-10 mL ยี่ห้อ socorex
- 17.10 ไมโครปิเปต ขนาด 1-1,000  $\mu$ L ยี่ห้อ socorex
- 17.11 เครื่องแก้วพื้นฐาน เช่น ปิเปต บิวเรต ขวดวัดปริมาตร กรวยแก้ว เป็นต้น

### 3.3 วิธีดำเนินการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของปริมาณสารเคมีในกระบวนการผลิตน้ำยางชั้นได้แก่ แอมโมเนีย ทีเอ็มทีดีและซิงค์ออกไซด์ ดีเอพี และแอมโมเนียมลอเรต ต่อสมบัติน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียสูง ผลกระทบต่อสมบัติฟิล์มยาง และการจับตัวของน้ำยางสกิม เพื่อหาสาเหตุและแนวทางแก้ไขคุณภาพถุงมือยาง และการไม่จับตัวของน้ำยางสกิม รวมถึงศึกษาผลกระทบของระยะเวลาเก็บน้ำยางสดที่เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบต่อสมบัติน้ำยางชั้น ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อถึงถุงมือยางหรือน้ำยางสกิม วิธีการทดลองจึงเป็นการศึกษาสมบัติของน้ำยางธรรมชาติตั้งแต่วัตถุดิบ คือ น้ำยางสด ปั่นแยกผลิตเป็นน้ำยางชั้น ตลอดจนจุ่มผลิตภัณฑ์ คือ ฟิล์มยางแบบจุ่ม รวมถึงผลพลอยได้จากกระบวนการปั่นแยกน้ำยางสด คือ น้ำยางสกิม โดยน้ำยางสดถูกเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนนำมาปั่นแยก ซึ่งเป็นการศึกษาจากน้ำยางสดแหล่งเดียวกันตลอดกระบวนการ

ในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำยางชั้น นอกจากน้ำยางสดซึ่งเป็นวัตถุดิบแล้ว ยังต้องใช้สารเคมีในการรักษาสภาพน้ำยาง ได้แก่ แอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) และเตตระเมทิลไซยูแรมไดซัลไฟด์ ร่วมกับซิงค์ออกไซด์ (TZ) สารช่วยตกตะกอนแมกนีเซียม ได้แก่ ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (DAP) สารเพิ่มเสถียรภาพน้ำยางได้แก่ สบู่ของกรดไขมัน แอมโมเนียมลอเรต (ammonium laurate) ซึ่งสารเคมีเหล่านี้ล้วนมีผลกับคุณภาพน้ำยางสด และน้ำยางชั้น โดยทั่วไปทราบว่าสารเคมีแต่ละตัวมีประสิทธิภาพเด่นกับสมบัติบางประการของน้ำยางสด หรือน้ำยางชั้น เช่น  $\text{NH}_3$  มีผลกระทบโดยตรงกับจำนวนกรดไขมันระเหยได้ของน้ำยางสดและน้ำยางชั้น แต่ยังไม่มีการศึกษาอย่างแน่ชัด เกี่ยวกับความสัมพันธ์กับสมบัติอื่นๆ ของน้ำยางสด น้ำยางชั้น หรือการไม่จับตัวของน้ำยางสกิม เมื่อปริมาณของสารเคมีมากขึ้นในช่วงความเข้มข้นที่มีความเป็นไปได้จริง ควบคู่กับระยะเวลาการเก็บของน้ำยางสดตั้งแต่ 0-45 วัน ต่อสมบัติน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียสูง ได้แก่ ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (VFA No.) ค่าเสถียรภาพเชิงกล (MST) ปริมาณแมกนีเซียม (Mg content) ปริมาณฟอสเฟต (Phosphate content) ปริมาณเจล

(Gel content) และความหนืด (Viscosity) ตลอดจนนำน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียสูงจุ่มฟิล์มยาง เนื่องจากเป็นน้ำยางชั้นชนิดที่นิยมใช้ในการจุ่มถุงมืออย่างมากที่สุด เพื่อศึกษาผลกระทบต่อสมบัติทางกายภาพของฟิล์มยาง ได้แก่ ค่าความทนต่อแรงดึง ค่าโมดูลัส 500% ก่อนและหลัง ปั่นแรงที่อุณหภูมิ 100°C นาน 22 h ตลอดจนศึกษาผลกระทบต่อการจัดตัวของน้ำยางสกิม โดยแหล่งน้ำยางสดวัตถุดิบในการศึกษาเป็นน้ำยางสดจากจังหวัดชลบุรี

### 3.3.1 การเตรียมน้ำยางชั้นและน้ำยางสกิม จากน้ำยางสด

#### 3.3.1.1 การศึกษาผลกระทบของ $\text{NH}_3$ ต่อสมบัติน้ำยางสด น้ำยางชั้น และการจับตัวของน้ำยางสกิม

เตรียมน้ำยางสดจากสวนยางรักษาสภาพด้วยสารละลายแอมโมเนียโดยแปรปริมาณความเข้มข้นเป็น 0.35% 0.60% และ 0.80% โดยน้ำหนักน้ำยาง ร่วมกับเติม TZ 0.05% โดยน้ำหนักน้ำยาง โดยน้ำยางสดถูกเก็บรักษาสภาพไว้จนครบระยะเวลา 0 15 30 และ 45 วัน จึงนำมาผ่านกระบวนการปั่นแยกเป็นน้ำยางชั้นและน้ำยางสกิม โดยน้ำยางสดก่อนปั่นแยกถูกปรับสภาพด้วยสารละลาย DAP แอมโมเนียลอเรต และน้ำ เพื่อให้มีความเหมาะสมของคุณภาพน้ำยางชั้น และประสิทธิภาพการผลิต การทดสอบสมบัติน้ำยางสดก่อนปั่นแยกเป็นสิ่งสำคัญในการควบคุมคุณภาพการผลิตน้ำยางชั้น ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด (%TSC) เปอร์เซ็นต์เนื้อยางทั้งหมด (%DRC) เปอร์เซ็นต์แอมโมเนีย (% $\text{NH}_3$ ) ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (VFA No.) ปริมาณแมกนีเซียม (Mg content) ของน้ำยางสด เมื่อได้น้ำยางชั้นและน้ำยางสกิมจากการเซนตริฟิวส์ น้ำยางชั้นถูกปรับสภาพเป็นชนิด (High ammonia, HA) โดยการเติมแอมโมเนียให้อยู่ในช่วง 0.65-0.75% โดยน้ำหนักน้ำยาง เติมสารละลายแอมโมเนียลอเรต และเติมน้ำปรับ %DRC ประมาณ 60% น้ำยางสกิมถูกนำไปศึกษาสมบัติการจับตัวในข้อ 3.3.9 ต่อไป

#### 3.3.1.2 การศึกษาผลกระทบของ DAP ต่อสมบัติน้ำยางชั้น และการจับตัวของน้ำยางสกิม

เตรียมน้ำยางสดจากสวนยางรักษาสภาพด้วยสารละลายแอมโมเนียความเข้มข้น 0.35% โดยน้ำหนักน้ำยาง ร่วมกับ TZ 0.05% โดยน้ำหนักน้ำยาง เมื่อครบระยะเวลาการเก็บรักษา น้ำยางสด 0 วัน และ 15 วัน น้ำยางสดถูกปรับสภาพด้วยสารละลาย DAP แอมโมเนียลอเรต และน้ำ โดยแปรปริมาณการเติม DAP ในน้ำยางสดเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ปริมาณ DAP ระดับ 1) ต่ำ 2) ปานกลาง 3) สูง และ 4) มากเกินไป ซึ่งระบุด้วยปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางสดเป็นช่วงความเข้มข้น 0- > 200 ppm โดยคำนวณปริมาณการเติม DAP



จากปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางสดเริ่มต้น แสดงในตารางที่ 3.1 จากนั้นทำการทดสอบ %TSC %DRC %NH<sub>3</sub> VFA No. Mg content ของน้ำยางสด เซนตรีฟิวส์เป็นน้ำยางข้นและน้ำยางสกิม โดยน้ำยางข้นถูกปรับสภาพเป็นชนิด HA โดยการเติมแอมโมเนียให้อยู่ในช่วง 0.65-0.75% โดยน้ำหนักน้ำยาง เติมสารละลายแอมโมเนียมลอเรต และน้ำปรับ %DRC ประมาณ 60% น้ำยางสกิมถูกนำไปศึกษาสมบัติการจับตัวในข้อ 3.3.9 ต่อไป

ตารางที่ 3.1 ระดับการเติมดีเอพี (DAP) ในน้ำยางสด

Condition	DAP level	DAP 10% solution addition		Magnesium content in field latex (approximately)
		At 0 day* of FL storage	At 15 days* of FL storage	
1	Low	0 g	0 g	> 200 ppm
2	Medium	770 g	100 g	100-200 ppm
3	High	870 g	250 g	0-100 ppm
4	Excess	1,000 g	380 g	< 0 ppm

\* หมายเหตุ น้ำยางสดหลังระยะเวลาการเก็บน้ำยางสด 0 วัน มีปริมาณแมกนีเซียม 878 ppm และหลังระยะเวลาการเก็บน้ำยางสด 15 วัน มีปริมาณแมกนีเซียม 417 ppm

### 3.3.1.3 การศึกษาผลกระทบของแอมโมเนียมลอเรตต่อสมบัติน้ำยางข้นและการจับตัวของน้ำยางสกิม

เตรียมน้ำยางสดจากสวนยางรักษาสภาพด้วยสารละลายแอมโมเนียความเข้มข้น 0.35% โดยน้ำหนักน้ำยาง ร่วมกับ TZ 0.05% โดยน้ำหนักน้ำยาง เมื่อครบระยะเวลาเก็บน้ำยางสด 0 วัน และ 15 วัน น้ำยางสดถูกปรับสภาพด้วยสารละลาย DAP แปรปริมาณแอมโมเนียมลอเรตเป็น 0.01% และ 0.02% โดยน้ำหนักน้ำยาง ทดสอบสมบัติน้ำยางสด ได้แก่ %TSC %DRC %NH<sub>3</sub> VFA No. และ Mg content น้ำยางข้นถูกปรับสภาพเป็นชนิด HA โดยการเติมแอมโมเนียให้อยู่ในช่วง 0.65-0.75% หลังเซนตรีฟิวส์ เติมสารละลายแอมโมเนียมลอเรตในช่วง 0.03% 0.04% และ 0.05% โดยน้ำหนักน้ำยางข้น และเติมน้ำปรับ %DRC ประมาณ 60% น้ำยางสกิมถูกนำไปศึกษาสมบัติการจับตัวในข้อ 3.3.9 ต่อไป

### 3.3.1.4 การศึกษาผลกระทบของ TZ ต่อสมบัติน้ำยางข้นและการจับตัวของน้ำยางสกิม

เตรียมน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยสารละลายแอมโมเนียเข้มข้น 0.35% โดยน้ำหนักน้ำยาง ร่วมกับสารกระจายตัวของ TMTD / ZnO โดยแปรปริมาณความเข้มข้นเป็น 0 0.025% 0.05% และ 0.08% โดยน้ำหนักน้ำยาง น้ำยางสดถูกเก็บรักษาสภาพจนครบระยะเวลา 0 15 และ 30 วัน โดยน้ำยางสดก่อนนั้นแยกจะถูกปรับสภาพด้วยสารละลาย DAP แอมโมเนียมลอรเรต และน้ำ เพื่อให้มีความเหมาะสมของคุณภาพน้ำยางข้น และประสิทธิภาพการผลิต สมบัติของน้ำยางสด ได้แก่ %TSC %DRC %NH<sub>3</sub> VFA No. และ Mg content ถูกทดสอบก่อนผ่านกระบวนการเซนตริฟิวส์เป็นน้ำยางข้นและน้ำยางสกิม น้ำยางข้นถูกปรับสภาพเป็นชนิด HA โดยการเติมแอมโมเนียให้อยู่ในช่วง 0.65-0.75% เติมสารละลายแอมโมเนียมลอรเรต และเติมน้ำปรับ %DRC ประมาณ 60% น้ำยางสกิมถูกนำไปศึกษาสมบัติการจับตัวในข้อ 3.3.9 ต่อไป

### 3.3.1.5 การศึกษาผลกระทบของระยะเวลาเก็บน้ำยางสดในสภาวะความเข้มข้นของสารเคมีต่าง ๆ ต่อสมบัติน้ำยางข้น และการจับตัวของน้ำยางสกิม

น้ำยางสดที่ได้จากการแปรปริมาณสารเคมีใน 3.3.1.1-3.3.1.4 เมื่อครบระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำยางสด ถูกแบ่งมาปรับสภาพและเซนตริฟิวส์ต่อไป โดยในสภาวะแปรปริมาณ NH<sub>3</sub> (รักษาสภาพร่วมกับ TZ) ศึกษาผลกระทบของระยะเวลาเก็บน้ำยางสด 0-45 วัน ในสภาวะแปรปริมาณ DAP และแอมโมเนียมลอรเรต ศึกษาผลกระทบของระยะเวลาเก็บน้ำยางสด 0-15 วัน และในสภาวะแปรปริมาณ TZ (รักษาสภาพร่วมกับ NH<sub>3</sub>) ศึกษาผลกระทบของระยะเวลาเก็บน้ำยางสด 0-30 วัน สาเหตุที่ศึกษาผลกระทบของระยะเวลาการเก็บของน้ำยางสดในสภาวะแปรปริมาณ DAP และแอมโมเนียมลอรเรตเพียง 15 วัน เนื่องจากเป็นการเติมสารเคมีในขั้นตอนการปรับสภาพน้ำยางสดก่อนการเซนตริฟิวส์ จึงไม่จำเป็นต้องศึกษาผลกระทบของน้ำยางสดเก็บเป็นเวลานานเช่นเดียวกับสารรักษาสภาพน้ำยางสด

### 3.3.2 การเตรียมน้ำยางผสมสารเคมี

น้ำยางข้นชนิด HA เป็นวัตถุดิบในการผสมสารเคมีในการจุ่มฟิล์มยาง โดยใช้สูตรในการผลิตถุงมือยางชนิดตรวจโรคของบริษัทผลิตถุงมือที่จำหน่ายเป็นการค้า โดยนำน้ำยางข้นที่ได้จากการแปรปริมาณสารเคมีในน้ำยางสด และระยะเวลาเก็บน้ำยางสดต่างๆ ที่มีอายุของน้ำยางข้น 1-1.5 เดือน ผสมสารเคมีและปมน้ำยางที่อุณหภูมิช่วง 26-30°C

3.3.2.1 การศึกษาผลกระทบของปริมาณสารเคมีในกระบวนการผลิตน้ำยางชั้น และระยะเวลาเก็บน้ำยางสดต่อดัชนีการบวมตัวของน้ำยางผสมสารเคมี

น้ำยางผสมสารเคมีที่ได้จากน้ำยางสดสภาวะแปรปรวนและชนิดของสารเคมีที่ระยะเวลาเก็บน้ำยางสดต่างๆ ในข้อ 3.3.1 ทดสอบดัชนีการบวมตัวของน้ำยางผสมสารเคมีชั่วโมงที่ 18 หลังผสมสารเคมี โดยทดสอบการบวมตัวของฟิล์มแห้งของน้ำยางผสมสารเคมีในโหลอื่น

### 3.3.3 การเตรียมฟิล์มยาง

น้ำยางผสมสารเคมีจากน้ำยางชั้นชนิด HA ที่ได้จากน้ำยางสดสภาวะแปรปรวนและชนิดของสารเคมีที่ระยะเวลาเก็บน้ำยางสดต่างๆ หลังจากทดสอบระดับการวัลคาไนซ์ด้วยการทดสอบดัชนีการบวมตัวในข้อ 3.3.2 แล้ว กรองน้ำยางด้วยตะแกรง 60 mesh ใช้ไมลด์เป็นแผ่น กระจุกจุ่มสารช่วยจับตัว ประกอบด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตและแคลเซียมคลอไรด์ 5% โดยน้ำหนัก อบแผ่นกระจุกที่อุณหภูมิ 120°C จนแห้งประมาณ 10 min จากนั้นจุ่มน้ำยางผสมสารเคมี อบแห้งในตู้อบลมร้อน 120°C นาน 12 min ถอดฟิล์มยางออกจากแผ่นกระจุก โดยใช้แปรงขั้วโพดทาฟิล์มยางเพื่อไม่ให้ฟิล์มติดกันขณะถอดออกจากแผ่นกระจุก

#### 3.3.3.1 ศึกษาผลกระทบของปริมาณสารเคมีในกระบวนการผลิตน้ำยางชั้นและระยะเวลาเก็บน้ำยางสดต่อค่าทนต่อแรงดึงและโมดูลัส 500% ของฟิล์มยาง

หลังจากจุ่มฟิล์มยางที่ได้จากการแปรสภาวะปริมาณและชนิดของสารเคมีที่ระยะเวลาเก็บน้ำยางสดต่างๆ นำมาทดสอบสมบัติทางกายภาพของฟิล์มยาง ได้แก่ ค่าทนต่อแรงดึง ค่าโมดูลัส 500% ก่อนและหลังบ่มแรงที่อุณหภูมิ  $100 \pm 2^{\circ}\text{C}$  นาน  $22 \pm 0.3$  h ในตู้อบ

### 3.3.4 การทดสอบสมบัติน้ำยางสด

#### 3.3.4.1 การทดสอบคุณสมบัติพื้นฐาน

##### 1) ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid content; TSC)

เป็นการตรวจสอบเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดในน้ำยางตามสมการ 3.1

$$\text{TSC (\%w/w)} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งน้ำยาง}}{\text{น้ำหนักเปียกน้ำยาง}} \times 100 \quad (3.1)$$

2) ปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry rubber content; DRC)

เป็นการตรวจสอบเปอร์เซ็นต์เนื้อยางในน้ำยาง โดยใช้กรดอะซิติก 5% w/w ในการจับตัวน้ำยาง นำไปรีดแผ่น และอบแห้ง คำนวณตามสมการ 3.2

$$\text{DRC (\%w/w)} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งเนื้อยาง}}{\text{น้ำหนักเปียกน้ำยาง}} \times 100 \quad (3.2)$$

3) ปริมาณความเป็นด่าง (Alkalinity; %NH<sub>3</sub>)

เป็นการทดสอบหาปริมาณแอมโมเนียในน้ำยาง โดยใช้วิธีการไทเทรตด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐานที่หาความเข้มข้นแน่นอน โดยการใช้การเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์เมธิลเรดจากเหลืองเป็นชมพูเป็นจุดยุติ คำนวณหาจำนวนกรัมของแอมโมเนียที่ทำปฏิกิริยาพอดี และคิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักน้ำยาง

4) ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (VFA No.)

วิธีทดสอบตามมาตรฐาน ISO 506-1992 (E): Rubber latex, Natural, Concentrate- Determination of volatile fatty acid number ซึ่งเป็นวิธีเดียวกับการทดสอบน้ำยางชั้น แต่การคำนวณผลคิดที่ %TSC %DRC แตกต่างกัน อ้างอิงข้อ 3.3.5 ข้อ 4)

5) ปริมาณแมกนีเซียม (Mg content)

ในมาตรฐาน ISO ยังไม่ระบุวิธีการทดสอบ แต่ในอุตสาหกรรมน้ำยางชั้นทดสอบตามวิธีทดสอบน้ำยางของสถาบันวิจัยยาง โดยวิเคราะห์ปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางสดที่มีแอมโมเนียและปั่นแยกตมออกที่ความเร็ว 3,000 rpm นาน 15 min ชั่งน้ำยางที่ปั่นแยกตมออกแล้ว เติมน้ำฟอสเฟอไรต์จากแอมโมเนียมคลอไรด์และสารละลายแอมโมเนีย เติมสารละลายโพแทสเซียมไซยาไนด์ เพื่อเป็น masking agent ของไอออนโลหะชนิดอื่นๆ ไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน EDTA ใช้ Eriochrome Black T เป็นอินดิเคเตอร์ จุดยุติ สีของสารละลายเปลี่ยนจากม่วงเป็นน้ำเงิน วิธีการนี้เป็นการหาไอออนรวมของแมกนีเซียมและแคลเซียม แต่ปกติในน้ำยางมีแคลเซียมในปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณแมกนีเซียม ปริมาณ EDTA ที่ไทเทรตเป็นปริมาณที่ใช้ไทเทรตแมกนีเซียม การคำนวณเป็นส่วนในล้านส่วน (ppm)

### 3.3.5 การทดสอบสมบัติน้ำยางชั้น

#### 3.3.5.1 การทดสอบสมบัติพื้นฐาน

##### 1) ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid content; TSC)

วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 124 เป็นการตรวจสอบเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดในน้ำยางตามสมการ 3.3

$$\text{TSC (\%w/w)} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งน้ำยาง}}{\text{น้ำหนักเปียกน้ำยาง}} \times 100 \quad (3.3)$$

##### 2) ปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry rubber content; DRC)

วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 124 เป็นการตรวจสอบเปอร์เซ็นต์เนื้อยางในน้ำยางโดยใช้น้ำกลั่นเจือจางน้ำยาง จับตัวยางด้วยกรดอะซิติกเข้มข้น 25% w/w นำไปรีดแผ่นและอบแห้ง คำนวณตามสมการ 3.4

$$\text{DRC (\%w/w)} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งเนื้อยาง}}{\text{น้ำหนักเปียกน้ำยาง}} \times 100 \quad (3.4)$$

##### 3) ปริมาณความเป็นด่าง (Alkalinity; %NH<sub>3</sub>)

ใช้วิธีการทดสอบเดียวกับในน้ำยางสด เป็นการทดสอบหาปริมาณแอมโมเนียในน้ำยาง โดยใช้วิธีการไทเทรตด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐานความเข้มข้น 0.1 Molar โดยใช้การเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์เมธิลเรดจากเหลืองเป็นชมพูเป็นจุดยุติ คำนวณหาจำนวนกรัมของแอมโมเนียที่ทำปฏิกิริยาพอดี และคิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักน้ำยางตามสมการ 3.5

$$\text{NH}_3 (\%w/w) = \frac{1.7 \times \text{ความเข้มข้นกรด} \times \text{ปริมาตรกรด}}{\text{น้ำหนักน้ำยาง}} \times 100 \quad (3.5)$$

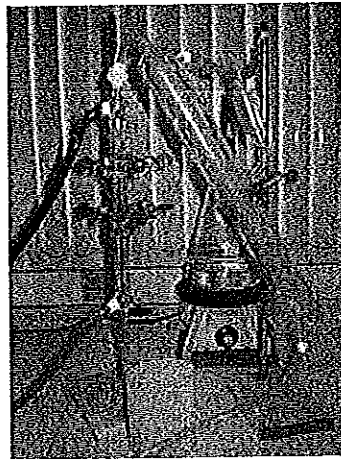
##### 4) ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (VFA No.)(ศูนย์วิจัยยางสงขลา สถาบันวิจัยยาง, 2545)

วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 506-1992 (E): Rubber latex, Natural, Concentrate- Determination of volatile fatty acid number วิธีการนี้เหมาะสมสำหรับทดสอบน้ำยางธรรมชาติ ไม่เหมาะสมสำหรับน้ำยางที่ได้จากพืชชนิดอื่น ๆ และใช้ไม่ได้กับน้ำยางผสมสารเคมี น้ำยางเทียม หรือน้ำยางสังเคราะห์ วิธีการนี้เป็นการกลั่นเซรัมที่เติมการละลายกรด

ซัลฟิวริกของน้ำยางที่ซึ่งน้ำหนักแน่นอน ด้วยชุดกลั่น Markham still (รูปที่ 3.1) ไทเทรตของเหลวที่ได้จากการกลั่นด้วยสารละลายมาตรฐานแบเรียมไฮดรอกไซด์ 0.01 Normal โดยใช้ฟีนอล์ฟธาไลน์เป็นอินดิเคเตอร์ จำนวนปริมาณกรดไขมันระเหยได้จากปริมาณแบเรียมไฮดรอกไซด์ที่จุดยุติจากไม่มีสีเป็นสีชมพู จำนวนตั้งสมการ 3.6

$$\text{VFA No.} = \left[ \frac{67.32 \times N \times V}{W \times \text{TSC}} \right] \times 50 + \left[ \frac{W (100 - \text{DRC})}{101.02} \right] \quad (3.6)$$

โดย N = นอลมอลลิตีของแบเรียมไฮดรอกไซด์  
 V = ปริมาตรแบเรียมไฮดรอกไซด์  
 W = น้ำหนักกรัมของน้ำยาง



รูปที่ 3.1 ภาพชุดกลั่น VFA No. Markham still  
 (มาตรฐาน ISO 506:1992)

#### 5) ปริมาณแมกนีเซียม (Mg content)

วิธีการทดสอบแมกนีเซียมในน้ำยางข้น แตกต่างจากการทดสอบในน้ำยางสด เนื่องจากเป็นการไทเทรตหาแมกนีเซียมในเซรัมของน้ำยางข้น โดยเติมน้ำกลั่นในน้ำยางข้นที่ซึ่งน้ำหนัก จับตัวน้ำยางข้นด้วยสารละลายกรดอะซิติก ปิเปตเซรัม เติมนัฟเฟอร์ โพแทสเซียมไซยาไนด์ แล้วไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน EDTA โดยใช้ Eriochrome Black T เป็นอินดิเคเตอร์ จำนวนเป็นส่วนในล้านส่วน (ppm) ตามสมการที่ 3.7

$$\text{Mg content, ppm} = \frac{24.31 \times \text{ความเข้มข้น EDTA} \times \text{ปริมาตร EDTA} \times V_t}{\text{TSC} \times \text{น้ำหนักน้ำยาง (g)}} \quad (3.7)$$

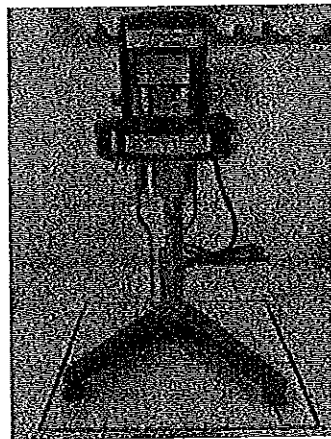
โดย  $V_t$  = ปริมาตรรวมของเซรัม + น้ำกลั่น + กรด

#### 6) ความหนืด (Viscosity) (ศูนย์วิจัยยางสงขลา สถาบันวิจัยยาง, 2545)

วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 1652: 1985 : Natural rubber latex- Determination of viscosity เป็นการวัดความหนืดของตัวอย่างน้ำยางที่ไม่ได้เจือจาง หรือเจือจางให้มีปริมาณของแข็งตามต้องการ โดยใช้เครื่องวัดความหนืด ซึ่งวัดแรงบิดที่เกิดจากการหมุนของ สปินเดิลด้วยความเร็วคงที่ในอัตราแรงเฉือนต่ำ เครื่องวัดความหนืดน้ำยาง Brookfield Viscometer ประกอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า มีเพลลาขับเคลื่อนแท่งกวนรูปทรงและมิติที่เหมาะสม ประกอบติดเข้ากับเพลลา หมุนด้วยความเร็วคงที่ ซึ่งทำให้เกิดแรงที่สมดุลกับสเกลและเข็มวัดบนหน้าปัดที่สอบเทียบด้วยจาก 0-100 เพื่อบ่งชี้ความหนืด มีเข็มกวนหลายขนาด ใช้ตามระดับความหนืด แสดงภาพเครื่องวัดความหนืด ดังรูปที่ 3.2

แบบ L ใช้วัดความหนืดได้ถึง 2,000 cPs หรือ mPa-min

แบบ R ใช้วัดความหนืดสูงกว่า 200 cPs หรือ mPa-min

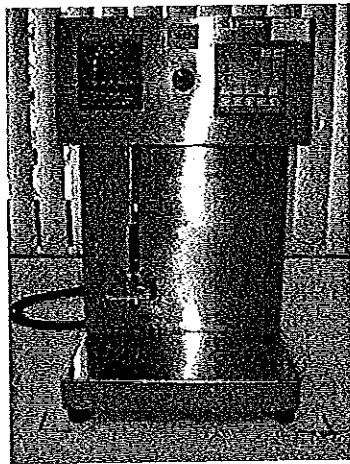


รูปที่ 3.2 ภาพเครื่องวัดความหนืด Brookfield Viscometer  
(มาตรฐาน ISO 1652:1985)

#### 7) ความเสถียรเชิงกล (Mechanical stability time; MST)

วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 35-1995: Latex rubber, natural, concentrate: Determination of Mechanical stability การทดสอบนี้เหมาะสมกับน้ำยางที่มีการรักษาสภาพน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ ไม่เหมาะสมกับน้ำยางจากพืชชนิดอื่นๆ น้ำยางผสมสารเคมี น้ำยางที่ทำให้คง

รูปแล้ว น้ำยางเทียม หรือน้ำยางสังเคราะห์ วิธีการนี้ใช้หลักการการกวนน้ำยางด้วยความเร็วสูง คือ  $14,000 \pm 200$  rpm และจับเวลาที่เริ่มสังเกตเห็นน้ำยางเริ่มจับตัวเป็นก้อนเล็กๆ ซึ่งถือเป็นการวัดความเสถียรเชิงกลของน้ำยางต่อการกวนด้วยเครื่องกล หรือ เสถียรภาพเชิงกล การสังเกตลักษณะก่อนเม็ดยางที่จับตัวนี้ ต้องมีการฝึกความชำนาญ เพื่อให้มีผลค่า MST ไม่แตกต่างกันมาก ก่อนการปั่นกวนด้วยเครื่องกวน ต้องเตรียมน้ำยางให้มีอุณหภูมิน้ำยางให้ได้  $35^{\circ}\text{C}$  ไม่ควรทิ้งให้น้ำยางเย็นจนแตกต่างกันอย่างมากในระหว่างเวลาการเตรียมตัวอย่างน้ำยางกับเวลาทดสอบน้ำยาง ผลนี้เห็นเด่นชัดเมื่อทดสอบกับน้ำยางที่เพิ่งผลิตใหม่ เครื่องกวนทดสอบค่า MST นี้ มีการกำหนดมาตรฐานแน่นอนทั้ง วัสดุ ขนาด ความหนาของแท่งกวน เส้นผ่านศูนย์กลาง ความหนาของแผ่นกลมปลายแท่งกวน และแนวการแกว่งขณะกวน ภาชนะบรรจุ น้ำยางขณะปั่นกวน ระยะห่างของแผ่นกลมและผนังภายในของกันภาชนะบรรจุ น้ำยาง แสดงเครื่องวัดความเสถียรเชิงกลในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ภาพเครื่องวัดความเสถียรเชิงกล MST  
(มาตรฐาน ISO 35:1995)

### 3.3.5.2 การทดสอบสมบัติน้ำยางวิธีอื่นๆ

(ฝ่ายวิจัยและพัฒนา บ.ไทยรับเบอร์ลาเท็กซ์ กรุ๊ป จำกัด. 2545)

#### 1) ปริมาณฟอสเฟต (Phosphate content)

เป็นการทดสอบปริมาณฟอสเฟตในเซรัมของน้ำยาง โดยใช้กรดไฮโดรคลอริก จับตัวน้ำยาง เดิมสารแอมโมเนียมโมลิบเดตวานาเดต เพื่อพัฒนาสี ในขวดปรับปริมาตร 50 mL แล้ววัดการดูดกลืนแสงด้วยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ด้วย glass cuvette ที่ความยาวคลื่น 470 nm คำนวณปริมาณฟอสเฟตจากค่าการดูดกลืนแสงเทียบกับกราฟมาตรฐาน



ปริมาณฟอสเฟต คำนวณได้จากสูตรดังสมการ 3.8

$$\text{ปริมาณฟอสเฟต (ppm)} = \frac{76,500 \times \text{ค่าการดูดกลืนแสง}}{\text{น้ำหนักน้ำยาง} \times \%TSC \times \text{ความชันกราฟ}} \quad (3.8)$$

## 2) ปริมาณเจล (Gel content)

ทดสอบโดยนำน้ำยางอบแห้ง ละลายในโทลูอีนเกรดวิเคราะห์ ความเข้มข้น 0.1% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เก็บในที่มืด โดยไม่กวนระยะเวลา 1 สัปดาห์ที่อุณหภูมิห้อง นำสารละลายกรองผ่านตะแกรงกรองขนาดรูกรอง 325 mesh จับตัวด้วยเมทานอล อบแห้ง ซึ่งน้ำหนักเจลแห้งที่ติดบนกรอง

ปริมาณเจลสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.9

$$\text{ปริมาณเจล (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักเจลแห้ง}}{\text{น้ำหนักของยางเริ่มต้น}} \times 100 \quad (3.9)$$

## 3) ปริมาณโปรตีนละลายน้ำ (Aqueous extractable protein)

วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 5712: 99 ทดสอบโดยการสกัดโปรตีนละลายน้ำได้ในตัวอย่างน้ำยางที่ถูกอบแห้งและผลิตภัณฑ์จากน้ำยางด้วยบัฟเฟอร์ นำไปตกตะกอนโปรตีน รวบรวมตะกอนด้วยเครื่องเซนตริฟิวส์ และพัฒนาสี แล้วนำไปวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 750 nm คำนวณความเข้มข้นค่าปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้จากกราฟมาตรฐาน

### 3.3.6 การทดสอบการจับตัวน้ำยางสกิม

โดยปกติการจับตัวน้ำยางสกิมไม่มีการตรวจสอบคุณภาพที่เป็นมาตรฐาน จึงทดสอบการจับตัวของน้ำยางสกิมโดยอ้างอิงหลักการการปฏิบัติงานผลิตในโรงงาน โดยการจับตัวน้ำยางสกิมด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น โดยใช้อัตราส่วนประมาณ 0.6% ต่อปริมาตรน้ำยางสกิม (อายุน้ำยางสกิมช่วง 1-2 วัน) กวนให้เข้ากันด้วยเครื่องกวนแม่เหล็ก จนสังเกตเห็นเม็ดยางหลังจากเติมกรด สังเกตลักษณะดังต่อไปนี้

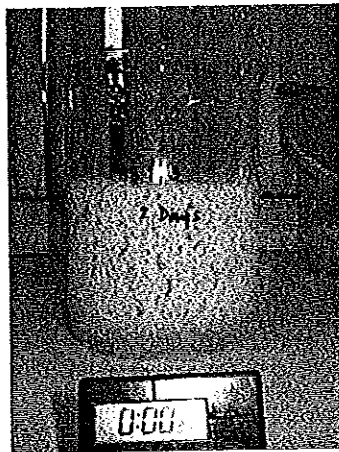
### 3.3.6.1 ลักษณะการจับตัวของน้ำยางสกิน (skim latex coagulation)

สังเกตลักษณะก้อนยางสกิน แบ่งเป็น 4 ลักษณะ คือ

- 1) จับตัวหมด (coagulate) ก้อนยางสกินรวมเป็นก้อนใหญ่แน่น เนื้อเดียวกัน
- 2) กลุ่มก้อนเหนียว (crowd) ก้อนยางสกินรวมเป็นกลุ่ม แต่เหนียวติดกัน
- 3) ฟลอค (flocculate) ยางสกินเป็นกลุ่มๆ ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ไม่เหนียวติดกัน
- 4) ไม่จับตัว (not coagulate) ยางสกินมีเนื้อเหลว ไม่ติดบนตะแกรงกรอง

### 3.3.6.2 ระยะเวลาการแยกชั้นของเนือยางสกินและเซรัม (phase separation time)

เป็นระยะเวลาการแยกชั้นของเนือยางสกินจากเซรัมหลังเติมกรดซัลฟิวริก เป็นแนวทางการสังเกตแนวโน้มการจับตัวกรณีน้ำยางสกินไม่จับตัว เนื่องจากหากยางสกินมีระยะเวลาแยกชั้นเร็ว มีแนวโน้มการจับตัวที่ดีกว่ายางสกินแยกชั้นช้า ทำการทดลองโดยการชั่งน้ำยางสกิน 2,000 g ในบีกเกอร์ 3,000 mL ปิดเปิดกรดซัลฟิวริกเข้มข้นในปริมาตรคงที่ลงในน้ำยางเพื่อจับตัวน้ำยางสกิน จับเวลาการแยกชั้นของเนือยางสกินและเซรัม เมื่อมีระยะห่างจากกันบีกเกอร์ประมาณ 2 cm แสดงการแยกชั้นของน้ำยางสกินหลังเติมกรดซัลฟิวริก ดังภาพที่ 3.4



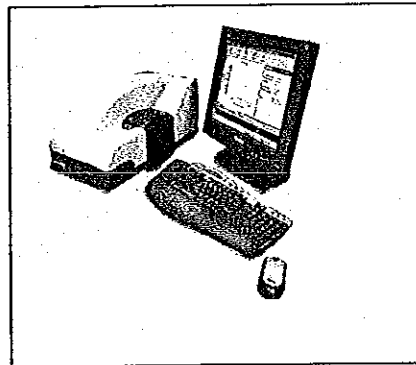
รูปที่ 3.4 ภาพแสดงการแยกชั้นของยางสกินเมื่อเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น

### 3.3.7 การศึกษาสาเหตุการไม่จับตัวของน้ำยางสกิม

ทดสอบสมบัติน้ำยางสกิมที่ได้จากน้ำยางสดสภาวะต่างๆ ดังนี้

#### 1) ประจุลัอมรบนอนุภาคยาง

วิเคราะห์โดยใช้น้ำยางสกิม 100  $\mu\text{L}$  เจือจางด้วยน้ำดีไอออไนซ์ 900 mL หรือ สารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.05 Molar ปรับ pH ของตัวอย่างให้มี pH 7 ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ โดยเครื่อง zetasizer แสดงในรูปที่ 3.5 และ 3.6



รูปที่ 3.5 ภาพเซลล์ใส่ตัวอย่าง      รูปที่ 3.6 ภาพเครื่อง Zetasizer Nanoseries model S4700

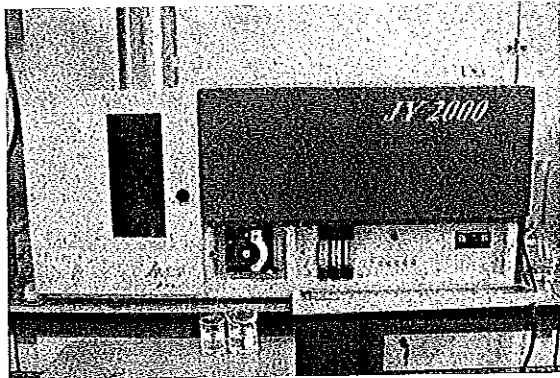
#### 2) ปริมาณไนโตรเจน (สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, 2538)

เตรียมยางสกิมแห้งจากการจับตัวน้ำยางสกิม วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D3533-90: Standard Method of testing rubber-Nitrogen content โดยชั่งตัวอย่าง 0.01 g ย่อยยางในกรดซัลฟิวริกจนเป็นสารละลายใสสีฟ้าจากอินดิเคเตอร์คอปเปอร์ซัลเฟตและโพแทสเซียมซัลเฟต กลั่นด้วยชุดกลั่น microkjeldahl โดยทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 67% โดยน้ำหนัก นำสารที่กลั่นได้เก็บด้วยสารละลายกรดบอริก ไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริก ปริมาณไนโตรเจนในยางสกิมคำนวณจากปริมาตรกรดที่ทำปฏิกิริยากับก๊าซแอมโมเนียที่กลั่นเก็บในกรดบอริกตามสมการ 3.11

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน (\%w/w)} = \frac{0.014 \times \text{ความเข้มข้นกรด} \times \text{ปริมาตรกรด}}{\text{น้ำหนักยาง}} \times 100 \quad (3.11)$$

### 3) ปริมาณโลหะซิงค์

ทดสอบปริมาณซิงค์ในน้ำยางสกิม โดยใช้เครื่อง Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometer (ICP-AES spectrometer)



รูปที่ 3.7 ภาพแสดง Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometer (ICP-AES spectrometer) ยี่ห้อ Jobin yvon รุ่น JY 2000

#### 3.3.8 แนวทางการแก้ไขปัญหาคาร์บอนดำของน้ำยางสกิม

จากการศึกษาสาเหตุในข้อ 3.3.9 สรุปเป็นแนวทางแก้ไขปัญหาคาร์บอนดำของน้ำยางสกิมจากปัจจัยที่มีผลกระทบและใช้สารช่วยจับตัวควบคู่กับการใช้กรดซัลฟิวริก โดยคำนึงถึงต้นทุนและการใช้ได้จริงของวิธีการแก้ไขปัญหาน้ำยางไม่จับตัว

- 1) ศึกษาผลของเกลือกับกรดซัลฟิวริกในการจับตัวน้ำยางสกิม
- 2) ศึกษาผลของสารช่วยจับตัวกับกรดซัลฟิวริกในการจับตัวน้ำยางสกิม
- 3) ศึกษาผลของพอลิเมอร์กับกรดซัลฟิวริกในการจับตัวน้ำยางสกิม

วิเคราะห์โดยใช้น้ำยางสกิม 100 g เติมเกลือ หรือ สารช่วยจับตัว หรือ พอลิเมอร์ โดยปรับค่าความเป็นกรดต่างก่อนการเติมพอลิเมอร์ กวนให้เข้ากันด้วยเครื่องกวนแม่เหล็ก แล้วเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น

#### 3.3.9 การทดสอบดัชนีการบวมตัวของน้ำยางผสมสารเคมี (Swelling Index)

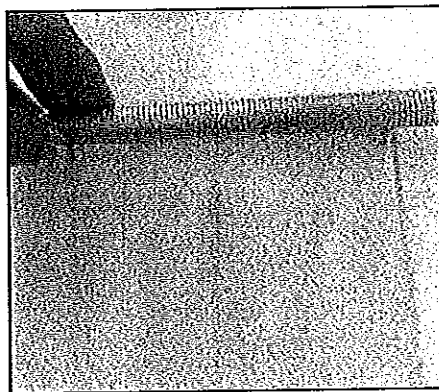
(ฝ่ายวิจัยและพัฒนา บ.ไทยรับเบอร์ไทยรับเบอร์ลาเท็กซ์ กรุ๊ป, 2549)

เป็นการทดสอบระดับความวัลคาไนซ์ของน้ำยางผสมสารเคมีก่อนการจุ่มฟิล์มยาง ความสัมพันธ์ของดัชนีการบวมตัวและระดับการวัลคาไนซ์แสดงดังตารางที่ 3.2 ซึ่งเมื่อดัชนีการบวมตัวน้อยลง ระดับการวัลคาไนซ์จะมากขึ้นเนื่องจากเกิดพันธะเชื่อมโยงมากขึ้น ทำทดสอบ

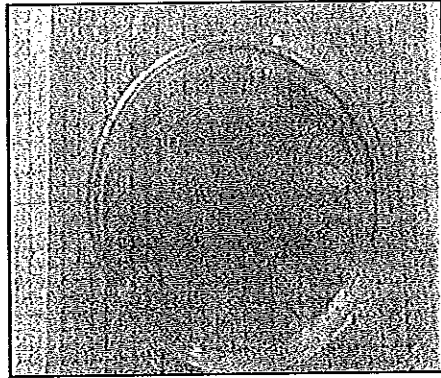
โดยเมื่อปมน้ำยางผสมสารเคมีครบกำหนดระยะเวลาบ่มประมาณชั่วโมงที่ 18 h นำน้ำยางผสมสารเคมีประมาณ 2-3 g หยดบนแผ่นกระเบื้องผิวเรียบขนาด 5 x 5 cm หยดน้ำหมักลงในน้ำยาง เพื่อความชัดเจนในการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นยาง ใช้แท่งสแตนเลสกลิ้งเกลี่ยน้ำยางให้ทั่วแผ่นกระเบื้อง แสดงดังรูปที่ 3.8 เป่าด้วยพัดลมจนแห้ง ใช้เวลาประมาณ 1/2 h ความหนาของแผ่นฟิล์มประมาณ 1-2 mm ลอกฟิล์มยางจากแผ่นกระเบื้องโดยใช้แปรง ตัดฟิล์มเป็นวงกลม วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของฟิล์มยางเริ่มต้นด้วยกระดาษกราฟ แช่ฟิล์มในโทลูอีน 15 min แสดงดังรูปที่ 3.9 วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของฟิล์มยางหลังบวมตัว

ตารางที่ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีการบวมตัวและระดับการวัลคาไนซ์ของน้ำยางผสมสารเคมี (ฝ่ายวิจัยและพัฒนา บ.ไทยรับเบอร์ไทยรับเบอร์ลาเท็กซ์ กรุ๊ป, 2549)

Swelling Index (%)	Vulcanized level
> 160%	Unvulcanized
100-160%	Lightly vulcanized
80-100%	Moderate vulcalnized
< 80%	Fully vulcalnized



รูปที่ 3.8 ภาพแสดงวิธีการเตรียมฟิล์มน้ำยางผสมสารเคมี



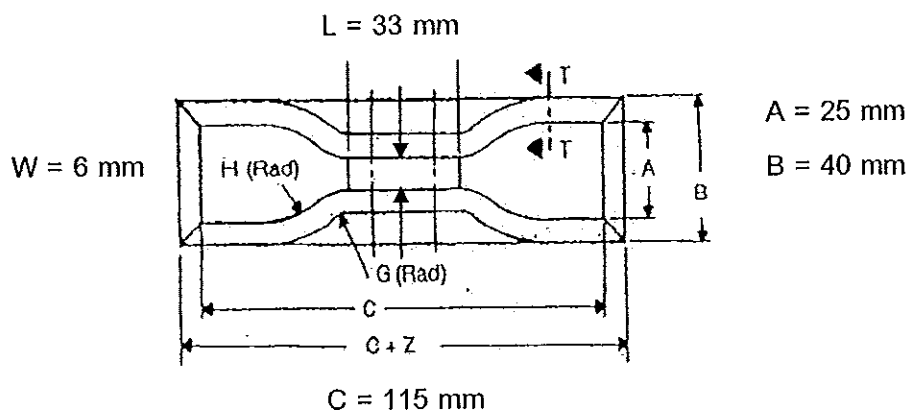
รูปที่ 3.9 ภาพแสดงการแช่ฟิล์มยางในโทลูอีนและวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง

คำนวณเปอร์เซ็นต์ดัชนีการบวมตัวดังสมการที่ 3.10

$$\% \text{Swelling index} = \frac{(\text{Ø ของตัวอย่างที่ขยายออก} - \text{Ø ของตัวอย่างเริ่มต้น}) \times 100}{\text{Ø ของตัวอย่างเริ่มต้น}} \quad (3.10)$$

### 3.3.10 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของฟิล์มยางก่อนปมเร่ง

ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D412-98a: Standard Test Methods for Vulcanized Rubber และ Thermoplastic Elastomers-Tension ตัดตัวอย่างฟิล์มยางเป็นรูปดัมเบลล์ Die C ขนาดความกว้างของชิ้นตัวอย่าง 6 mm แสดงในรูปที่ 3.10 วัดความหนาของชิ้นทดสอบเฉลี่ย 3 ตำแหน่งภายในระยะ L ดึงตัวอย่างทดสอบ 5 pieces โดยใช้เครื่อง universal testing machine ในรูปที่ 3.11 ที่ความเร็ว 500 mm/min โดยใช้ loadcell 100 kg



รูปที่ 3.10 ภาพแสดงขนาดของชิ้นตัวอย่างทดสอบรูปดัมเบลล์ Die C

คำนวณค่าทนต่อแรงดึง (Tensile strength) และค่าโมดูลัส 500% ของฟิล์มยาง ดังสมการที่ 3.11 และ 3.12 ตามลำดับ

$$\text{Tensile strength, MPa} = \frac{F}{A} \quad (3.11)$$

โดย  $F =$  แรงที่จุดขาด, kg  
 $A =$  พื้นที่หน้าตัดของชิ้นตัวอย่าง,  $\text{mm}^2$

$$\text{Modulus 500\%, MPa} = \frac{F}{A} \quad (3.12)$$

โดย  $F =$  แรงที่ระยะยืด 500%, kg  
 $A =$  พื้นที่หน้าตัดของชิ้นตัวอย่าง,  $\text{mm}^2$

### 3.3.11 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของฟิล์มยางหลังบ่มเร่ง

ตัดตัวอย่างฟิล์มยางเป็นรูปดัมเบลล์ Die C อบชิ้นตัวอย่างที่อุณหภูมิ  $100 \pm 2^\circ\text{C}$  นาน  $22 \pm 0.3$  h หลังจากบ่มเร่งตัวอย่าง เก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิ  $23 \pm 3^\circ\text{C}$  ทำการทดสอบระหว่าง 16-96 h หลังบ่มเร่ง วิธีทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D412-98a โดยวัดความหนาเฉลี่ยของตัวอย่าง 3 ตำแหน่ง ดึงตัวอย่างทดสอบ 5 pieces ที่ความเร็ว 500 mm/min โดยใช้ loadcell 100 kg คำนวณค่าทนต่อแรงดึงและโมดูลัส 500% หลังบ่มเร่งตามสมการที่ 3.11 และ 3.12



รูปที่ 3.11 ภาพเครื่อง universal testing machine

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง และวิเคราะห์ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของสารเคมีในน้ำยางสด และระยะเวลาเก็บน้ำยางสดที่มีต่อสมบัติน้ำยางชั้น การจับตัวน้ำยางสกิม และรวมถึงสมบัติฟิล์มยางที่ได้จากการจุ่มน้ำยางชั้นผสมสารเคมี ซึ่งเป็นการศึกษาวิจัยตั้งแต่ต้นทางจนถึงปลายทางของอุตสาหกรรมน้ำยางชั้น โดยผลการทดลองแบ่งเป็น 8 ส่วน คือ ส่วนที่ 1-4 กล่าวถึง การศึกษาผลกระทบของชนิดและปริมาณของสารเคมีต่อคุณภาพน้ำยางชั้น รวมถึงการจับตัวของน้ำยางสกิม ซึ่งได้จากการปั่นแยกน้ำยางสดที่ระยะเวลาการเก็บของน้ำยางสดต่างๆ สารเคมีที่ศึกษาวิจัย ได้แก่  $\text{NH}_3$  DAP แอมโมเนียมลอเรต และ TZ ในส่วนที่ 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ ส่วนที่ 5 กล่าวถึงการสรุปผลกระทบของสารเคมีและระยะเวลาเก็บน้ำยางสดที่มีต่อสมบัติต่างๆ ของน้ำยางชั้นและการจับตัวน้ำยางสกิม ส่วนที่ 6 เป็นการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการจับตัวน้ำยางสกิมและการแก้ไขการไม่จับตัวของน้ำยางสกิม ส่วนที่ 7 กล่าวถึงการศึกษาผลกระทบของสารเคมีและระยะเวลาเก็บน้ำยางสดต่อดัชนีการบวมตัวของน้ำยางชั้นผสมสารเคมี และส่วนที่ 8 กล่าวถึงการศึกษาผลกระทบของสารเคมีและระยะเวลาเก็บน้ำยางสดต่อสมบัติของฟิล์มยางที่ได้จากการจุ่มน้ำยางชั้นผสมสารเคมี

#### 4.1 ศึกษาผลกระทบของปริมาณ $\text{NH}_3$ ที่ระยะเวลาเก็บรักษาน้ำยางสดต่างๆ ต่อสมบัติน้ำยางสด น้ำยางชั้นและการจับตัวน้ำยางสกิม

ชาวสวนยางพาราในพื้นที่อำเภอหนองใหญ่และพื้นที่ใกล้เคียงในจังหวัดชลบุรีมีพฤติกรรมการเก็บน้ำยางสดก่อนส่งโรงงานเป็นระยะเวลานานตั้งแต่ 2 วันถึง 1 เดือนและในบางครั้งอาจเก็บนานถึง 2 เดือน การเติม  $\text{NH}_3$  และ TZ ในการรักษาสภาพน้ำยางสดของชาวสวน จึงอาจเติมสารเคมีมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บน้ำยางสด งานวิจัยส่วนนี้จึงศึกษาผลกระทบของการเติม  $\text{NH}_3$  ในปริมาณต่างๆ ตลอดระยะเวลาเก็บน้ำยางสดที่ส่งผลกระทบต่อน้ำยางสด ผลผลิตน้ำยางชั้นและการจับตัวยากของน้ำยางสกิม

##### 4.1.1 ศึกษาผลกระทบของปริมาณแอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) ที่ระยะเวลาเก็บรักษาน้ำยางสดต่างๆ ต่อสมบัติน้ำยางสด

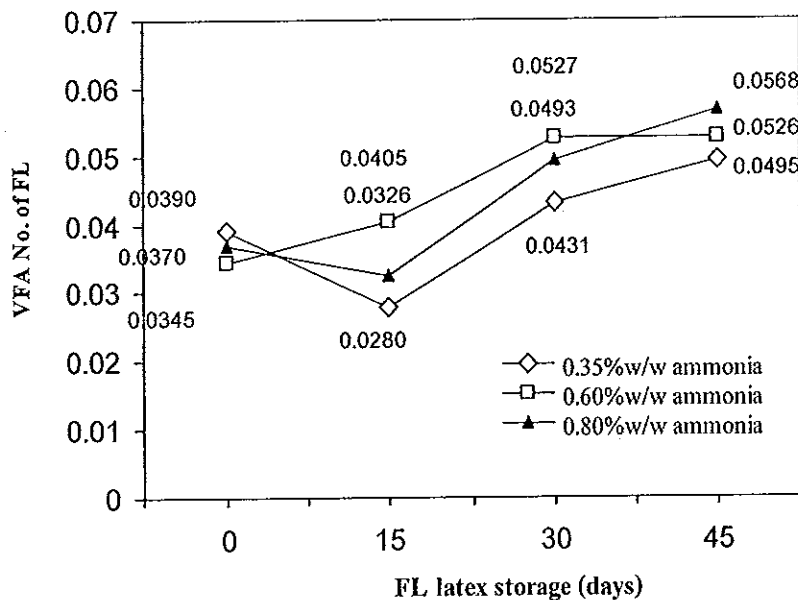
ในกระบวนการผลิตน้ำยางชั้น การทดสอบสมบัติน้ำยางสดเป็นขั้นตอนสำคัญในการคัดแยกวัตถุดิบน้ำยางสด ในการปรับสภาพน้ำยางสดก่อนการเซนทรีฟิวส์เพื่อควบคุม



คุณภาพน้ำยางข้น และตรวจสอบประสิทธิภาพการผลิต โดยต้องตรวจสอบคุณภาพของน้ำยางสดทุกปอร์รับน้ำยางสด ในปัจจุบันสมบัติน้ำยางสดที่สามารถทดสอบได้ในการผลิต ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณเนื้อยางแห้ง ปริมาณแอมโมเนีย ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ และปริมาณแมกนีเซียม

#### 4.1.1.1 ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (VFA No.)

ปริมาณกรดไขมันระเหยได้เป็นสมบัติของน้ำยางที่บ่งชี้คุณภาพการบูดเน่าของน้ำยางได้ ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ที่มีค่าสูง หมายถึง น้ำยางสดมีคุณภาพไม่ดี น้ำยางสดจากต้นยางมีปริมาณกรดไขมันระเหยได้ประมาณ 0 และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายใน 2-3 วัน หากไม่ใช้สารเคมีรักษาสภาพ (Blackley, 1997) ซึ่งหากรักษาสภาพด้วย  $\text{NH}_3$  ปริมาณน้อยกว่า 0.35%w/w ในน้ำยางสด แยกที่เรียเจริญเตปโตได้ดีขึ้น เนื่องจากสภาวะความเป็นกรดต่างที่เหมาะสม ส่งผลให้ปริมาณกรดไขมันระเหยได้สูงขึ้น (วรภรณ์ ขจรไชยกูล, 2549) ในการทดลองจึงศึกษาผลกระทบของ  $\text{NH}_3$  ในน้ำยางสดปริมาณ 0.35%w/w ขึ้นไปที่ระยะเวลาการเก็บน้ำยางสดนานถึง 45 วัน เพื่อสอดคล้องกับพฤติกรรมชาวสวนยางในพื้นที่ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดไขมันระเหยได้ในน้ำยางสดและระยะเวลาเก็บน้ำยางสดตั้งแต่ 0 ถึง 45 วัน ของน้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วย  $\text{NH}_3$  0.35 0.60 และ 0.80%w/w ร่วมกับ TZ 0.05%w/w ตามลำดับแสดงในรูปที่ 4.1



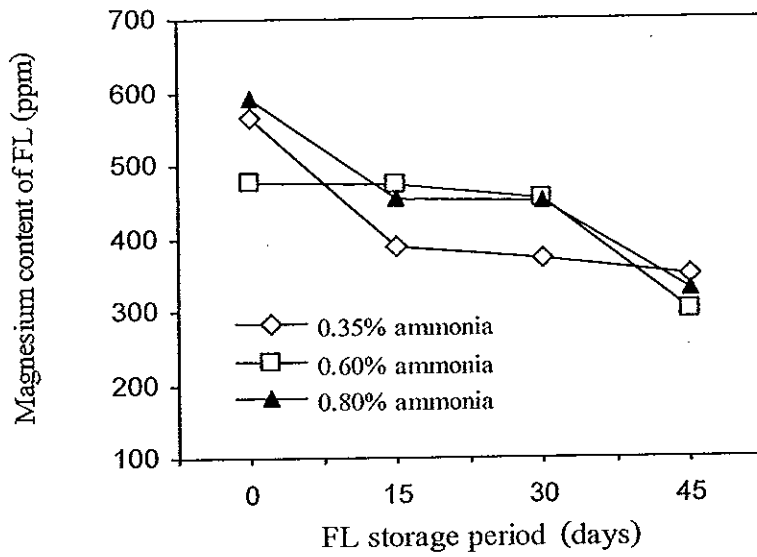
รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดไขมันระเหยได้ของน้ำยางสดและระยะเวลาการเก็บน้ำยางสด 0-45 วัน รักษาสภาพด้วย  $\text{NH}_3$  ความเข้มข้นต่างๆ ร่วมกับ TZ 0.05%

เห็นได้ว่าปริมาณกรดไขมันระเหยได้สูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บน้ำยางสดเล็กน้อยจากระยะเวลาเก็บ 0 ถึง 45 วัน โดยเมื่อรักษาสภาพด้วย  $\text{NH}_3$  0.35%w/w ปริมาณกรดไขมันระเหยได้เพิ่มขึ้นจาก 0.0390 เป็น 0.0495 และเมื่อรักษาสภาพด้วย  $\text{NH}_3$  0.60%w/w และ 0.80%w/w ปริมาณกรดไขมันระเหยได้เพิ่มขึ้นจาก 0.0345 เป็น 0.0526 และจาก 0.0370 เป็น 0.0568 ตามลำดับ เนื่องจากแบคทีเรียทำงานระหว่างการเก็บรักษาไม้ยาง (Blackley, 1997) แต่นับว่าสูงขึ้นไม่มากจากระยะเวลาเก็บที่นานถึง 45 วัน ยังอยู่ในเกณฑ์น้ำยางสดมีคุณภาพดีในการรับเข้าของโรงงานน้ำยางข้น และแนวโน้มปริมาณกรดไขมันระเหยได้ของน้ำยางสดรักษาสภาพด้วย  $\text{NH}_3$  0.35%w/w ร่วมกับ TZ มีค่าต่ำกว่าสภาวะรักษาสภาพด้วย  $\text{NH}_3$  0.60%w/w และ 0.80%w/w ร่วมกับ TZ เล็กน้อยเมื่อระยะเวลาเก็บน้ำยางสดนานขึ้นตั้งแต่ 15 วัน ขึ้นไปแต่เป็นปริมาณเพียงเล็กน้อย ดังนั้นสภาวะรักษาสภาพน้ำยางสดด้วย  $\text{NH}_3$  0.35%w/w ร่วมกับ TZ 0.05%w/w เป็นปริมาณที่เพียงพอในการรักษาสภาพน้ำยางสดก่อนเซนตริฟิวส์ได้นานถึง 45 วัน โดยมีปริมาณกรดไขมันระเหยได้ไม่เกิน 0.05

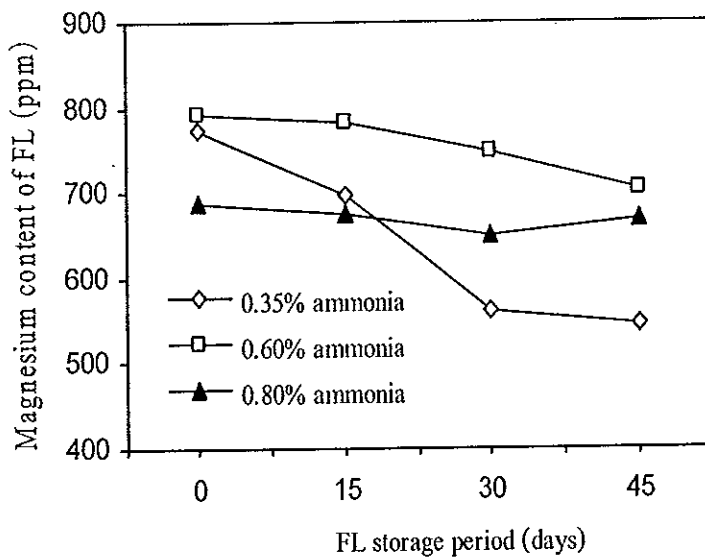
#### 4.1.1.2 ปริมาณแมกนีเซียม (Mg content)

แมกนีเซียมไอออนในน้ำยางสด จำเป็นในการตรวจสอบปริมาณในขั้นตอนการปรับสภาพน้ำยางสดก่อนการเซนตริฟิวส์ เพื่อให้มีปริมาณ divalent magnesium ion ต่ำ เนื่องจากสามารถทำลายความเป็นคอลลอยด์ของน้ำยางได้ โดยปกติปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางสด มีความแปรปรวนตามช่วงฤดูกาล และปริมาณปุ๋ยที่ใส่ดินยางพารา จากรูปที่ 4.2 (a) (b) เป็นปริมาณแมกนีเซียมของน้ำยางสดในช่วงเดือนกรกฎาคม และธันวาคม ตามลำดับ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแมกนีเซียมและระยะเวลาเก็บน้ำยางสด เห็นได้อย่างชัดเจนว่า เมื่อระยะเวลาเก็บน้ำยางสดนานขึ้น ปริมาณแมกนีเซียมมีปริมาณลดลงจากการเกิดเป็นซีแบ็ง ซึ่งเป็นสารประกอบของแมกนีเซียม ฟอสเฟต และแอมโมเนีย ( $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$ ) สามารถเกิดได้เองตามธรรมชาติเนื่องจากปริมาณฟอสเฟตในน้ำยางสดที่มากขึ้นตามระยะเวลาเก็บน้ำยางสดที่มากขึ้นแสดงดังรูปที่ 4.3 อย่างไรก็ตามแนวโน้มการลดลงของปริมาณแมกนีเซียม ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณ  $\text{NH}_3$  ในน้ำยางสด เห็นได้จากในรูป 4.3 (a) ปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วย  $\text{NH}_3$  0.35 และ 0.80%w/w มีปริมาณแมกนีเซียมลดลงในอัตราใกล้เคียงกัน แต่รูป (b) น้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย 0.35%w/w มีอัตราการลดลงของแมกนีเซียมในน้ำยางสดเร็วกว่าที่ปริมาณแอมโมเนีย 0.60%w/w และ 0.80%w/w

(a) : July 2008



(b) : December 2008

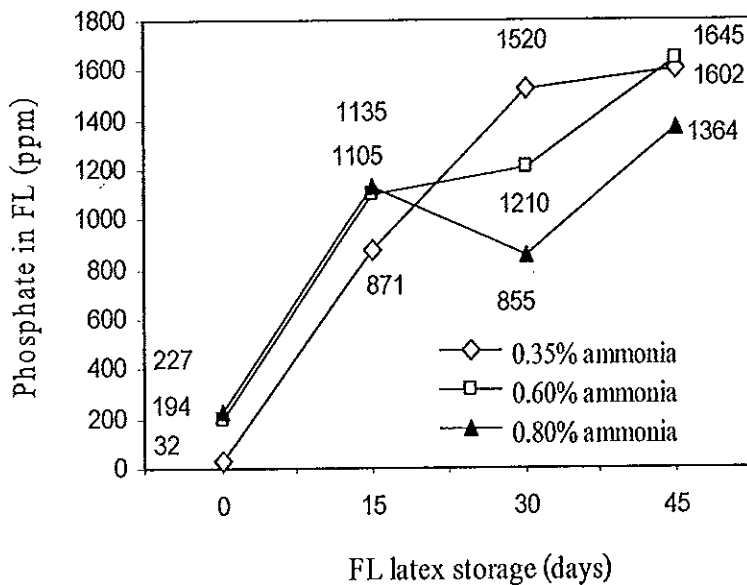


รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแมกนีเซียมของน้ำยางสดและระยะเวลาเก็บน้ำยางสด ในช่วงเดือน (a) กรกฎาคม และ (b) ธันวาคม

#### 4.1.1.3 ปริมาณฟอสเฟต (Phosphate content)

ปริมาณฟอสเฟตเป็นการตรวจสอบสมบัติน้ำยางสดนอกเหนือจากสมบัติที่ทดสอบทั่วไป เนื่องจากปริมาณ DAP ที่เติมลงไปเพื่อลดไอออนของแมกนีเซียม และปริมาณฟอสเฟตที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติมีผลโดยตรงต่อปริมาณฟอสเฟตในน้ำยาง จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสเฟตในน้ำยางสดและระยะเวลาเก็บน้ำยางสด เห็นได้อย่างชัดเจนว่าปริมาณฟอสเฟตในช่วง 15 วันแรก มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในสภาวะ

รักษาสภาพด้วย  $\text{NH}_3$  0.35-0.80%w/w จาก 50-200 ppm เพิ่มเป็น 800-1,100 ppm แต่เมื่อระยะเวลาเก็บน้ำยางสดนานขึ้นถึง 45 วัน ปริมาณฟอสเฟตในน้ำยางสดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นน้อยกว่าในช่วง 15 วันแรก อยู่ในช่วง 1,300-1,600 ppm ซึ่งปริมาณฟอสเฟตที่เพิ่มขึ้นเกิดจากการไฮโดรไลซิสฟอสโฟไลปิดในส่วนอนุภาคยางและส่วนเซรัม เป็นฟอสเฟตไอออน กลีเซอรอลคาร์บอกซิเลตแอนไอออน และเบสของสารอินทรีย์ (Blackley, 1997) จึงสามารถตรวจวัดปริมาณฟอสเฟตเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาเก็บน้ำยางมากขึ้น เป็นอย่างไรก็ตามปริมาณฟอสเฟตของน้ำยางสดไม่มีความสัมพันธ์ชัดเจนกับปริมาณของ  $\text{NH}_3$  ที่ใช้รักษาสภาพน้ำยาง



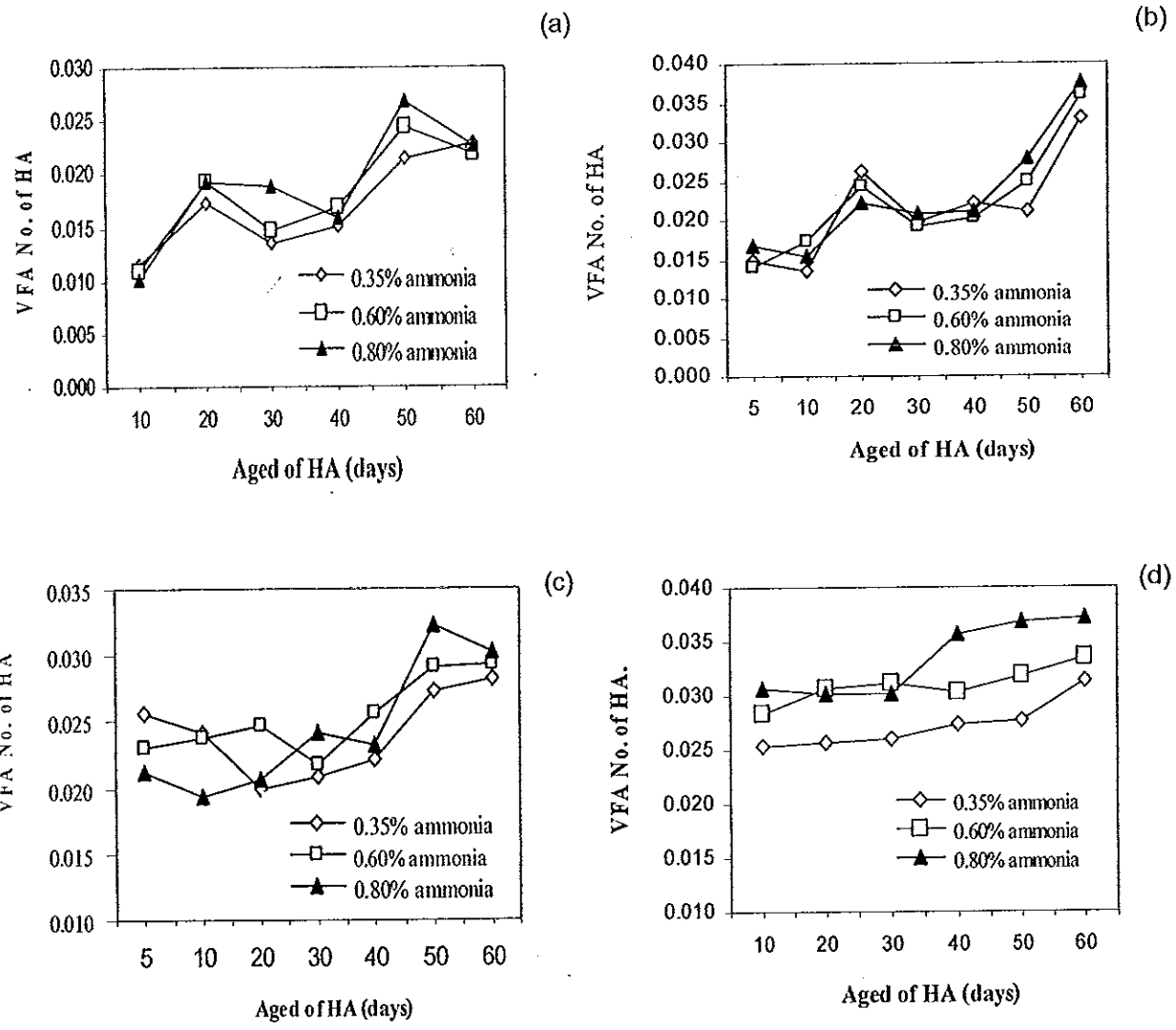
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสเฟตของน้ำยางสดและระยะเวลาเก็บน้ำยางสด รักษาสภาพด้วย  $\text{NH}_3$  ความเข้มข้นต่างๆ ร่วมกับ TZ

#### 4.1.2 ศึกษาผลกระทบต่อน้ำยางชั้น

##### 4.1.2.1 ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (VFA No.)

ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ในน้ำยางชั้น เป็นสมบัติที่บ่งชี้ความบุดหน้าของน้ำยางชั้นได้เช่นเดียวกับในน้ำยางสด ซึ่งลูกค้าน้ำยางชั้นส่วนใหญ่กำหนดเกณฑ์ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ของน้ำยางชั้นเป็นข้อตกลงระหว่างผู้ผลิต เนื่องจากมีผลต่อผลิตภัณฑ์แบบจุ่มโดยตรง โดยน้ำยางจะเสียสภาพง่ายหรือจับตัวเป็นก้อน ถ้าปริมาณกรดไขมันระเหยได้สูง จากรูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดไขมันระเหยได้ของน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียสูงและอายุน้ำยางชั้น ที่ได้จากน้ำยางสดเก็บนาน 0 15 30 และ 45 วัน แสดงในรูป 4.4 (a) (b) (c) และ (d) ตามลำดับ โดยเมื่ออายุน้ำยางชั้นเพิ่มขึ้นถึง 60 วัน ปริมาณกรด

ไขมันระเหยได้เพิ่มขึ้นเป็น 0.025-0.035 โดยน้ำยางชั้นอายุ 10 วันแรกมีปริมาณกรดไขมันระเหยได้สูงขึ้นตามระยะเวลาเก็บน้ำยางสดที่มากขึ้น โดยน้ำยางชั้นที่ได้จากน้ำยางสดเก็บนาน 0 วัน มีปริมาณกรดไขมันระเหยได้ 0.01 และเพิ่มเป็น 0.015 0.020 และ 0.025 เมื่อน้ำยางสดถูกเก็บนานเป็น 15 30 และ 45 วัน ตามลำดับ ซึ่งเกิดจากปริมาณกรดไขมันระเหยได้ในน้ำยางสดก่อนเซนทริฟิวส์มีค่าสูงตามระยะเวลาการเก็บน้ำยางสด



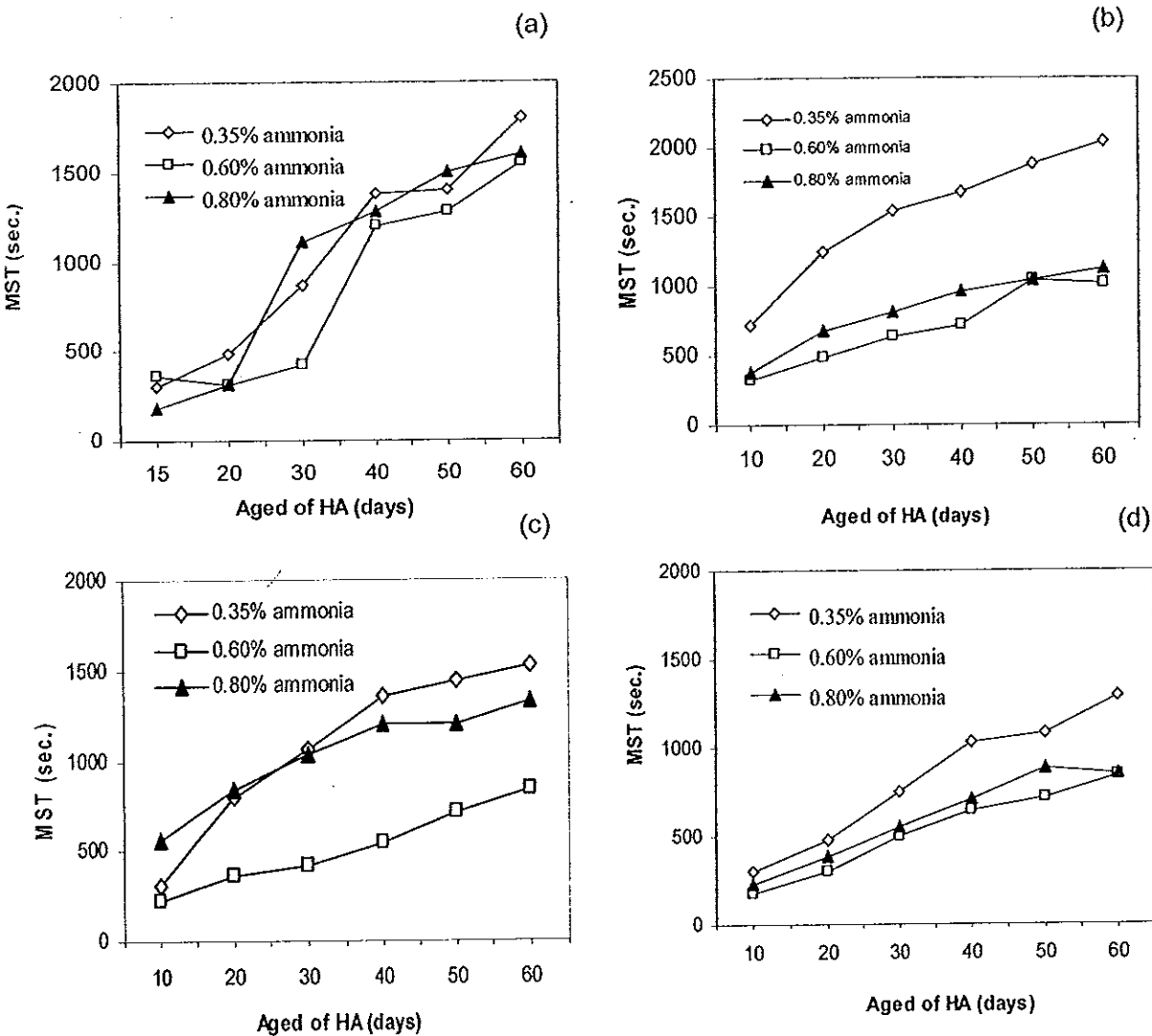
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ของปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (VFA No.) ของน้ำยางสดและอายุน้ำยางชั้นที่ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด : (a) 0 วัน (b) 15 วัน (c) 30 วัน และ (d) 45 วัน

และเห็นได้ว่าการคุณภาพน้ำยางชั้นที่มีปริมาณกรดไขมันระเหยได้ของน้ำยางชั้นไม่เกิน 0.025 น้ำยางสดต้องถูกเก็บรักษาที่ระยะเวลา 0 วัน หรือน้ำยางสดๆ จากสวนรักษาสภาพด้วย  $NH_3$  0.35-0.80%w/w ร่วมกับ TZ 0.05%w/w สามารถเก็บน้ำยางชั้นจนกระทั่งอายุ 2

เดือน แต่เมื่อน้ำยางสดถูกเก็บนาน 15 30 และ 45 วัน ถูกเซนตริฟิวส์เป็นน้ำยางข้น คุณภาพน้ำยางข้นที่มีปริมาณกรดไขมันระเหยได้ไม่เกิน 0.025 มีอายุที่ 50 วัน 40 วัน และ 30 วัน ตามลำดับ นั่นคือ สภาวะน้ำยางสดๆ ก่อนเซนตริฟิวส์ ส่งผลให้น้ำยางข้นที่มีปริมาณกรดไขมันระเหยได้ต่ำกว่าน้ำยางสดถูกเก็บรักษาเป็นเวลานาน จึงเก็บรักษาน้ำยางข้นที่มีคุณภาพสูงได้เป็นระยะเวลาจนถึง 2 เดือน

#### 4.1.2.2 ความเสถียรเชิงกล (MST)

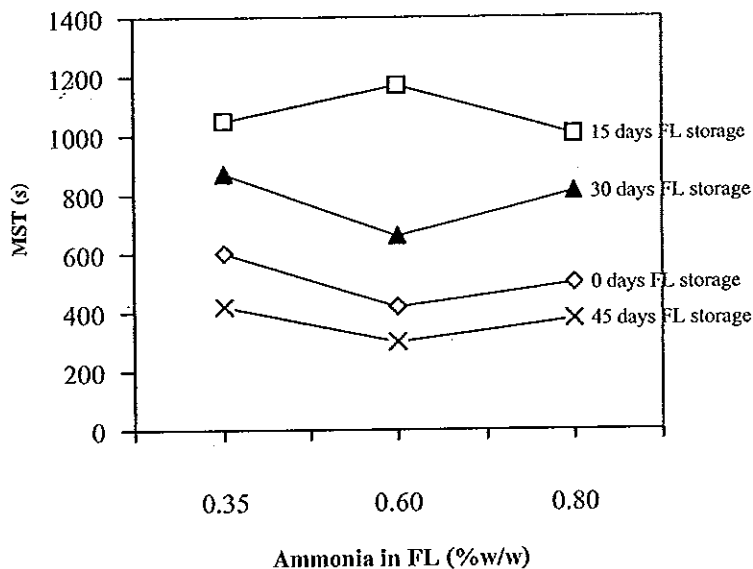
ความเสถียรเชิงกล (MST) เป็นสมบัติน้ำยางข้นที่สำคัญเนื่องจากขั้นตอนก่อนผลิตผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติ น้ำยางข้นต้องถูกผสมสารเคมีจำนวนมากในน้ำยาง หรือเรียกว่าการคอมปาวด์น้ำยาง ซึ่งหากน้ำยางข้นเสถียรภาพไม่สูงเพียงพอ น้ำยางอาจจับเป็นก้อนหรือเป็นเม็ดยางเล็กๆ ซึ่งจะสังเกตเห็นเม็ดยางบนผลิตภัณฑ์ได้ ค่า MST นี้มักระบุเกณฑ์ในข้อตกลงระหว่างลูกค้าและผู้ผลิตอาจอ้างอิงมาตรฐาน ISO หรือกำหนดขึ้นเอง จากรูป 4.5 ค่า MST ของน้ำยางข้นที่ได้จากน้ำยางสดเก็บนานระยะเวลา 0-45 วัน มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนน้ำยางข้นอายุ 2 เดือน เนื่องจากกรดไขมันซึ่งเป็นส่วนที่ไม่ใช่ยางในน้ำยางธรรมชาติถูกไฮโดรไลซ์เป็นสบู่คาร์บอกซิเลตของกรดไขมันล้อมรอบอนุภาคยาง ทำให้อนุภาคยางมีความเป็นประจุลบจากไอออนของคาร์บอกซิเลตเกิดแรงผลักระหว่างอนุภาคยางเสถียรภาพของน้ำยางจึงเพิ่มขึ้น (Blackley, 1997) โดยค่า MST ของน้ำยางข้นที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วย  $\text{NH}_3$  0.35%w/w และ 0.60%w/w หลังเก็บเป็นระยะเวลาไม่ถึง 1 เดือนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจาก 100 s เป็น 800-1,000 s แต่ในน้ำยางสดถูกเก็บนาน 30 และ 45 วัน ค่า MST ของน้ำยางข้อมีค่าต่ำไม่ถึง 1,000 s แม้อายุน้ำยางข้น 60 วันเมื่อน้ำยางสดถูกรักษาสภาพด้วยปริมาณ  $\text{NH}_3$  สูง 0.60%w/w และ 0.80%w/w แสดงในรูป 4.5 (c) และ (d) ซึ่งเกิดจากเจลในน้ำยางมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บน้ำยางสดมากขึ้น อธิบายใน 4.1.2.6 ใดๆก็ตาม ปัจจัยที่สามารถทำให้เกิดเจลได้มากขึ้นคือปริมาณไอออนของโลหะแมกนีเซียมในน้ำยาง ซึ่งมีผลโดยตรงต่อค่า MST เช่นเดียวกัน (Tarachiwin, 2004 and Blackley, 1997)



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเสถียรเชิงกล (MST) ของน้ำยางชั้นและอายุน้ำยางชั้น ที่ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด : (a) 0 วัน (b) 15 วัน (c) 30 วัน และ (d) 45 วัน

จากรูปที่ 4.6 ความเสถียรเชิงกลน้ำยางชั้น (MST) และระยะเวลาเก็บน้ำยางสด มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ โดยเมื่อน้ำยางสดเก็บนานขึ้น เพิ่มขึ้นจาก 0 วันเป็น 15 วัน MST ของน้ำยางชั้นเพิ่มขึ้นจากประมาณ 600 s เป็น 1,000-1,200 s เมื่อน้ำยางสดเก็บนานเป็น 30 วัน MST อยู่ในช่วง 700-900 s แต่เมื่อเก็บน้ำยางสดนาน 45 วัน ค่า MST ของน้ำยางชั้นต่ำกว่าจากน้ำยางสดที่เก็บ 0 15 และ 30 วัน โดยเปรียบเทียบที่อายุน้ำยางชั้นความเข้มข้น  $\text{NH}_3$  ในการรักษาสภาพในน้ำยางสดเท่ากันและปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางชั้นไม่เกิน 40 ppm เห็นได้ว่าค่า MST ของน้ำยางชั้น เพิ่มขึ้นสูงที่สุดที่ระยะเวลาการเก็บน้ำยางสดนาน 15 วัน เนื่องจากเมื่อระยะเวลาเก็บน้ำยางสดนานขึ้น เกิดสบูคาร์บอกซิเลตแอนไอออนของกรดไขมัน และฟอสเฟตไอออนได้มากขึ้น ความเป็นประจุมากขึ้น เสถียรภาพน้ำยางจึงดีขึ้น (Blackley,

1997) แต่เมื่อเก็บนานเกินถึง 30 วัน และ 45 วัน ค่า MST เริ่มต่ำลง เนื่องจากเกิดเจล และค่าความหนืดใน น้ำยางมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บน้ำยางสด (Tarachiwin, 2004) ซึ่งอธิบายความสัมพันธ์ของเจลและความหนืดของน้ำยางชั้นใน 4.1.2.6 การเกิดเชื่อมโยงกันสายโซ่โมเลกุลจากการเกิดเจล ทำให้เสถียรภาพน้ำยางจึงต่ำลง และจะเห็นได้ว่าความเข้มข้นของ  $\text{NH}_3$  ในน้ำยางสดไม่มีผลกระทบต่อค่า MST ของน้ำยางชั้น เนื่องจากไม่มีแวนโน้มชัดเจน และสังเกตได้ว่าระยะเวลาเก็บน้ำยางสดที่เหมาะสม สำหรับค่า MST ของน้ำยางชั้นมากกว่า 650 s ที่อายุยาง 1 เดือน คือ ระยะเวลาเก็บน้ำยางสดนาน 15 และ 30 วัน ที่ปริมาณ  $\text{NH}_3$  ในน้ำยางสด 0.35%w/w ร่วมกับ TZ 0.05%w/w สามารถยับยั้งการทำงานของแบคทีเรียได้ดีและเสถียรภาพน้ำยางชั้นสูง



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเสถียรเชิงกลของน้ำยางชั้นอายุ 30 วัน และ ปริมาณ  $\text{NH}_3$  ในน้ำยางสดที่ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด 0-45 วัน

#### 4.1.2.3 ปริมาณแมกนีเซียม (Mg content)

ปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางชั้น มีผลโดยตรงกับเสถียรภาพของน้ำยางชั้น ซึ่งบ่งชี้ด้วยค่า MST ในตารางที่ 4.1 ปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางชั้นที่ได้จากน้ำยางสดเก็บนาน 15 และ 30 วัน มีปริมาณสูงกว่าที่ 0 วัน มีผลต่อให้ค่า MST ของน้ำยางชั้นที่ได้จากน้ำยางสดเก็บนาน 0 วัน มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าจากน้ำยางสดเก็บนาน 15 และ 30 วัน และเมื่อศึกษาผลกระทบของระยะเวลาเก็บน้ำยางชั้นต่อปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางชั้น จากตารางที่ 4.1 พบว่าปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางชั้นมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญตามอายุน้ำยางชั้น และ



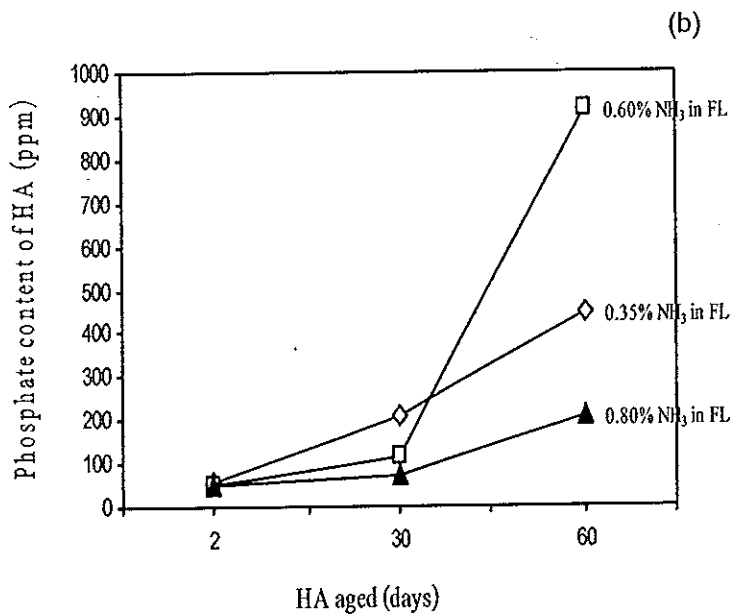
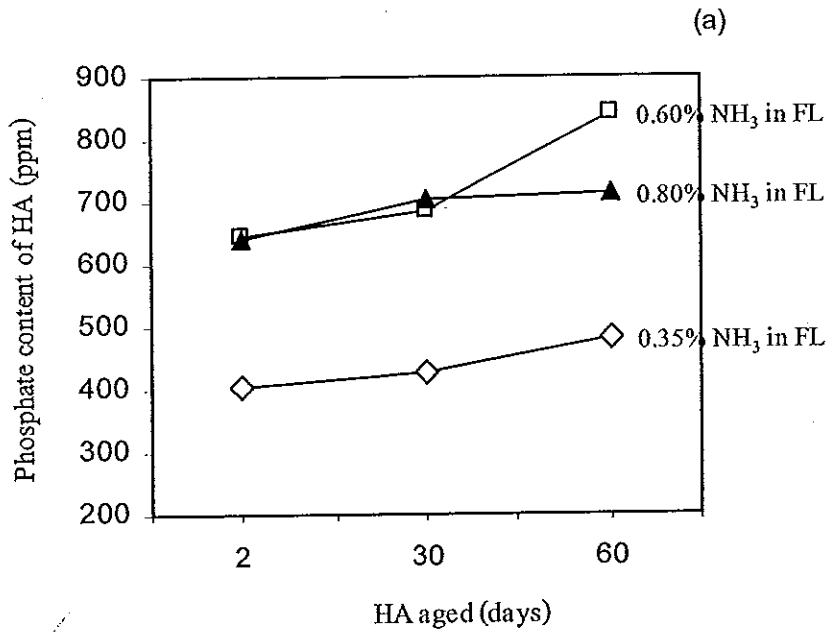
ไม่มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการเก็บน้ำยางสดและความเข้มข้นของ  $\text{NH}_3$  เนื่องจากปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางข้นขึ้นอยู่กับปริมาณ DAP ที่เติมในน้ำยางสดเป็นปัจจัยสำคัญ

ตารางที่ 4.1 ปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางข้นแอมโมเนียสูงที่ระยะเวลาการเก็บรักษา น้ำยางสด 0-30 วัน โดยรักษาสภาพด้วย  $\text{NH}_3$  ความเข้มข้นต่างๆ

Field latex storage period (days)	HA storage period (days)	Magnesium content of HA (ppm)		
		Ammonia concentration in field latex (% w/w)		
		0.35	0.60	0.80
0	30	18	0	0
	60	3	0	0
15	30	97	94	99
	60	85	99	97
30	30	45	62	41
	60	47	70	44

#### 4.1.2.4 ปริมาณฟอสเฟต (Phosphate content)

ปริมาณฟอสเฟตมีความสัมพันธ์โดยตรงกับอายุของน้ำยางข้น จากรูปที่ 4.7 (a) และ (b) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสเฟตในน้ำยางข้นและอายุของน้ำยางข้น โดยเพิ่มขึ้นเมื่ออายุของน้ำยางข้นเพิ่มขึ้น โดยอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟอสเฟตในน้ำยางข้นไม่มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการเก็บน้ำยางสดและความเข้มข้นของ  $\text{NH}_3$  ในน้ำยางสด แต่เมื่อเก็บน้ำยางขนานานถึง 60 วัน ปริมาณฟอสเฟตในน้ำยางข้อมีอัตราเพิ่มขึ้นมากกว่าในช่วง 30 วันแรก เนื่องจากเกิดการไฮโดรไลซิสของกรดไขมันมากขึ้นเมื่อระยะเวลาเก็บน้ำยางขนานขึ้น ซึ่งเกิดทั้งคาร์บอกซิเลตแอนไอออน และฟอสเฟตไอออน (Blackley, 1997)

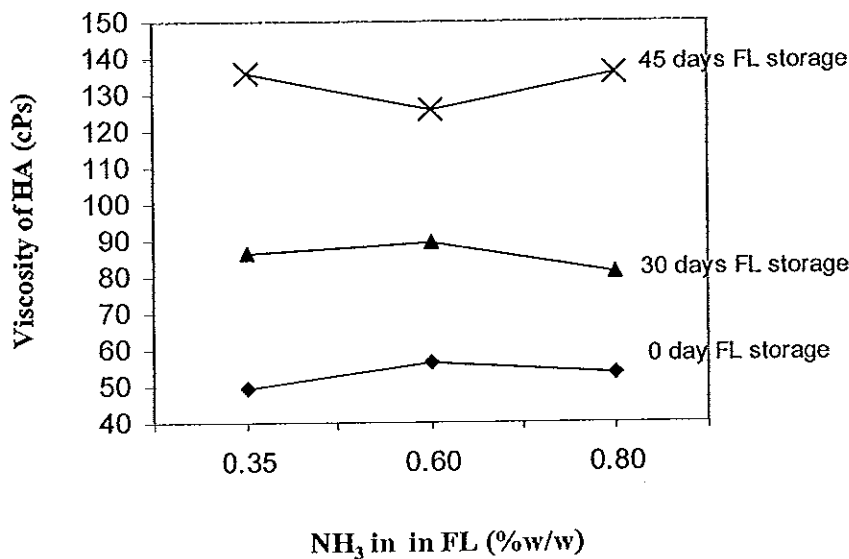


รูปที่ 4.7 ปริมาณฟอสเฟตของน้ำยางข้นและอายุน้ำยางข้นที่ได้จากน้ำยางสดเก็บนาน  
(a) 0 วัน และ (b) 15 วัน ตามลำดับ

#### 4.1.2.5 ความหนืด (Viscosity)

ความหนืดของน้ำยางข้น มีความสำคัญมากในบางผลิตภัณฑ์ เช่น เส้นด้ายยางยืด เนื่องจากหากน้ำยางหนืดมาก น้ำยางอาจอุดตันในหลอดแก้วเล็กๆ ในการดึงเส้นด้าย แต่ผลิตภัณฑ์ประเภทถุงมือความหนืดไม่เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ เนื่องจากมีการปรับปริมาณของแข็งทั้งหมดจาก 60% เป็น 28-35% ก่อนจุ่มผลิตภัณฑ์ แต่หากน้ำยางข้น

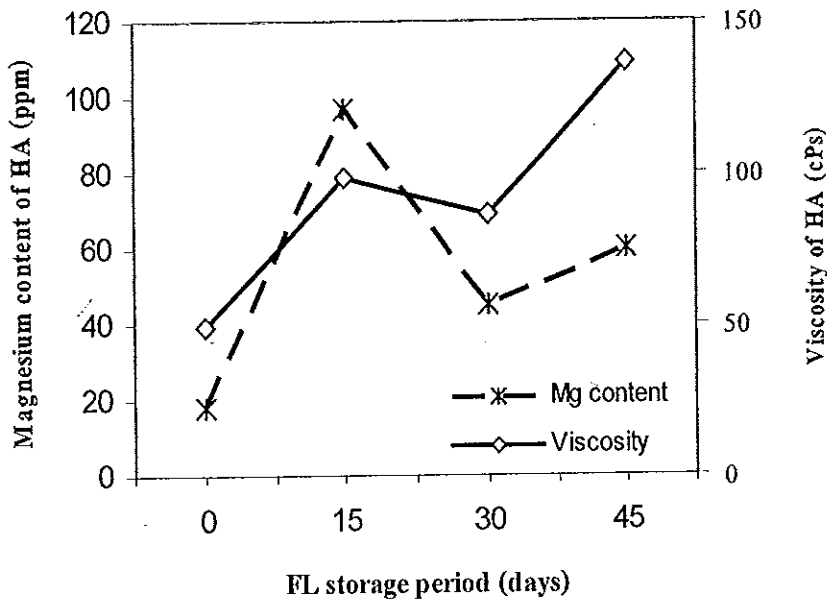
มีความหนืดสูงเกินไป จะส่งผลต่อการเป็นเม็ดขนาดเล็กๆ ของน้ำยางคอมปาวด์ เนื่องจากความหนืดสูงเป็นน้ำยางที่มีเสถียรภาพต่ำ จากรูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของน้ำยางชั้นที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วย  $\text{NH}_3$  ความเข้มข้น 0.35-0.80%w/w ที่ระยะเวลาเก็บน้ำยางสดต่างๆ แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าระยะเวลาเก็บน้ำยางสดมีผลต่อความหนืดของน้ำยางชั้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยความหนืดของน้ำยางชั้นสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาเก็บน้ำยางสดนานขึ้น เห็นได้จากความหนืดของน้ำยางชั้นที่ได้จากน้ำยางสดเก็บนาน 0 วัน หรือน้ำยางสดๆ มีค่าประมาณ 50-60 เซนติพอยซ์ (centipoises; cPs) ต่ำกว่าน้ำยางชั้นที่ได้จากน้ำยางสดเก็บนาน 30 วัน และ 45 วัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงประมาณ 80-90 cPs และ 120-140 cPs ตามลำดับ เนื่องจากบริษัทไทยรับเบอร์ลาเทคส์คอร์ปอเรชั่น (ประเทศไทย) จำกัด มหาชน มีบริษัทในเครือทั้งภาคตะวันออกและภาคใต้ ซึ่งน้ำยางชั้นมีความหนืดแตกต่างกัน งานวิจัยส่วนนี้จึงอธิบายถึงสาเหตุความแตกต่างความหนืดของน้ำยางชั้นของทั้ง 2 พื้นที่ได้ แต่ปริมาณ  $\text{NH}_3$  ในน้ำยางสดช่วงความเข้มข้น 0.35-0.80%w/w ไม่มีผลต่อความหนืดของน้ำยางชั้นอย่างมีนัยสำคัญ แม้เก็บน้ำยางสดก่อนเซนตริฟิวส์นานถึง 45 วัน



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของน้ำยางชั้นที่อายุของน้ำยางชั้น 30 วัน และปริมาณ  $\text{NH}_3$  ในน้ำยางสด

นอกจากนั้น พบว่าความหนืดมีความสัมพันธ์กับปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางชั้นอย่างมีนัยสำคัญดังกราฟรูปที่ 4.9 เห็นได้ว่าความหนืดของน้ำยางชั้นมีแนวโน้มเดียวกับปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางชั้นตลอดระยะเวลาการเก็บน้ำยางสด 0-45 วัน และจากผลการทดลองในข้อ 4.1.2.5 ความหนืดในน้ำยางชั้นเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาเก็บน้ำยางสดที่เพิ่มขึ้น แต่ความหนืดของน้ำยางสดที่ได้จากน้ำยางสดเก็บนาน 15 วัน มีความหนืดสูงกว่าที่ได้จากน้ำยาง

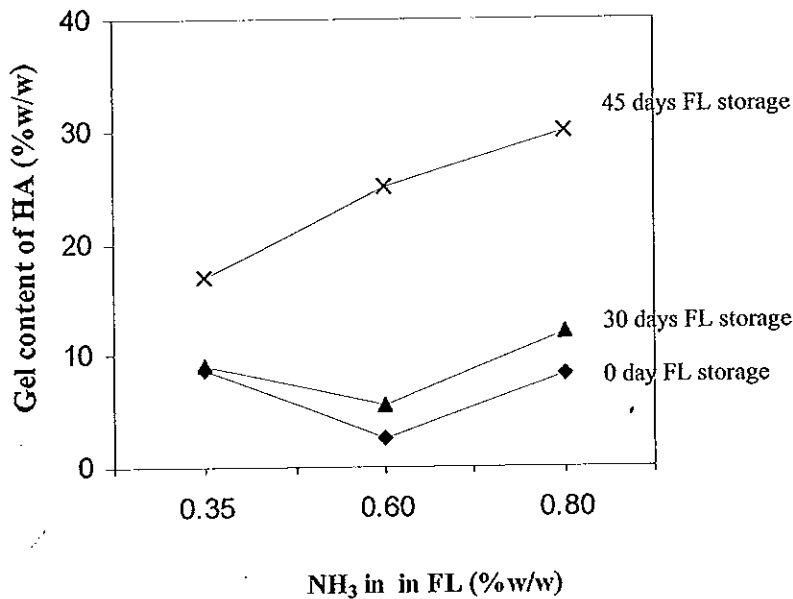
สดเก็บนาน 30 วันเล็กน้อย เนื่องจากมีปริมาณแมกนีเซียมสูงกว่าประมาณ 100 ppm นั่นคือ หากปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางชั้นสูงมากถึง 100 ppm ส่งผลให้ปริมาณแมกนีเซียมมีผลต่อความหนืดมากกว่าระยะเวลาเก็บน้ำยางสด สาเหตุจากพันธะไอออนิกจากไอออนของแมกนีเซียมซึ่งเป็น divalent ion (Tarachiwin, 2004) มีอิทธิพลต่อความหนืดน้ำยางมากกว่าการเกิดเจลปกติ



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของน้ำยางชั้นและปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางชั้นที่อายุน้ำยางชั้น 30 วัน และระยะเวลาเก็บน้ำยางสด

#### 4.1.2.6 ปริมาณเจล (Gel content)

เป็นการทดสอบนอกเหนือจากสมบัติพื้นฐานของน้ำยางชั้น ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับสมบัติอื่นๆ ของน้ำยางโดยตรง จากรูปที่ 4.10 ปริมาณเจลของน้ำยางชั้นเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาเก็บน้ำยางสดอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นแนวโน้มเดียวกับการเพิ่มขึ้นของความหนืดในน้ำยางชั้นเมื่อระยะเวลาการเก็บของน้ำยางสดเพิ่มขึ้น นั่นคือเจลในน้ำยางทำให้ความหนืดสูงขึ้นเนื่องจากโมเลกุลของยางเกิดพันธะเชื่อมโยงมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บของน้ำยางสดนานขึ้น และพบว่าปริมาณ  $\text{NH}_3$  ในน้ำยางสดที่เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อปริมาณเจลของน้ำยางเพิ่มขึ้นด้วย โดยน้ำยางสดที่ถูกเก็บในช่วง 30 วัน ปริมาณ  $\text{NH}_3$  0.80%w/w ทำให้ปริมาณเจลเพิ่มขึ้น และเมื่อน้ำยางสดเก็บนานถึง 45 วัน หรือ 1.5 เดือน สังเกตเห็นปริมาณเจลที่เพิ่มขึ้นได้ชัดเจนเมื่อระยะเวลาเก็บน้ำยางสดมากขึ้นในสภาวะรักษาสภาพน้ำยางสดด้วย  $\text{NH}_3$  0.60 และ 0.80%w/w นั่นคือ  $\text{NH}_3$  สนับสนุนการเกิดเจลในน้ำยางได้ดีขึ้นเนื่องจาก  $\text{NH}_3$  สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลยาง



รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเจลของน้ำยางชั้นอายุน้ำยางชั้น 30 วัน และ ปริมาณ NH<sub>3</sub> ในน้ำยางสด

#### 4.1.3 ศึกษาผลกระทบต่อการจับตัวน้ำยางสกิม

##### 4.1.3.1 ศึกษาผลกระทบของ NH<sub>3</sub> ในน้ำยางที่มีต่อการจับตัวน้ำยางสกิม

เมื่อปริมาณ NH<sub>3</sub> ในน้ำยางสดเพิ่มขึ้นจาก 0.35 ถึง 0.80%w/w ปริมาณ NH<sub>3</sub> ในน้ำยางชั้น และน้ำยางสกิม ที่มีผลต่อการจับตัวน้ำยางสกิมแสดงดังตารางที่ 4.2 ซึ่งเห็นได้ว่า เมื่อปริมาณ NH<sub>3</sub> ในน้ำยางสดเพิ่มขึ้น ปริมาณ NH<sub>3</sub> ในน้ำยางชั้นหลังจากเซนตริฟิวส์ และน้ำยางสกิมมีปริมาณมากขึ้นเช่นกัน โดย NH<sub>3</sub> ถูกกำจัดออกมายุ้งในส่วนน้ำยางสกิมมากกว่าในน้ำยางชั้น เห็นได้จากเมื่อเซนตริฟิวส์น้ำยางสดรักษาสภาพด้วย NH<sub>3</sub> 0.35%w/w น้ำยางชั้นที่ได้มีปริมาณ NH<sub>3</sub> 0.16 %w/w และในน้ำยางสกิม 0.42 %w/w และเมื่อปริมาณ NH<sub>3</sub> ในน้ำยางสกิมสูงเป็น 0.80%w/w ส่งผลให้น้ำยางสกิมจับตัวยากขึ้น เนื่องจาก NH<sub>3</sub> สามารถเพิ่มเสถียรภาพน้ำยาง (วราภรณ์ ขจรไชยกูล, 2549) และน้ำยางสกิมมีความเป็นด่างมากขึ้น จึงต้องใช้กรดมากขึ้นในการปรับ pH ของน้ำยางสกิมให้มีค่าประมาณ 4-4.5 จนกระทั่งน้ำยางสกิมจับตัวได้ แต่ในการทดลองมีการควบคุมปริมาณกรดซัลฟิวริกที่ใช้จับตัวสกิมในปริมาณคงที่น้ำยางสกิมจึงจับตัวเป็น flocculate ที่ปริมาณกรดเท่ากัน

ตารางที่ 4.2 ผลกระทบของ  $\text{NH}_3$  ในน้ำยางสด น้ำยางข้น และน้ำยางskimต่อการจับตัว  
น้ำยางskimที่ระยะเวลาการเก็บรักษา น้ำยางสด 0 วัน

	$\text{NH}_3$ (%w/w)		
In field latex	0.35	0.60	0.80
In latex concentrated	0.16	0.18	0.25
In skim latex	0.42	0.60	0.81
Skim latex Coagulation	Coagulate	Coagulate	Flocculate

#### 4.1.3.2 ลักษณะก่อนยางskimหลังจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริก

ในปัจจุบันการศึกษากการจับตัวน้ำยางskimไม่มีมาตรฐานการทดสอบ จึงใช้หลักวิธีปฏิบัติของการผลิตยางskimในอุตสาหกรรมเป็นแนวทางในการชี้บ่งลักษณะการจับตัวของน้ำยางskim โดยแบ่งลักษณะการจับตัวน้ำยางskimเมื่อเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นเป็น 4 ระดับ ดังตารางที่ 4.3 ประกอบกับสังเกตระยะเวลาการแยกชั้นของเนื้อยางskimและเซรัม (phase separation time) เมื่อน้ำยางskimไม่จับตัว เพื่อสังเกตแนวโน้มการจับตัวของน้ำยางskim


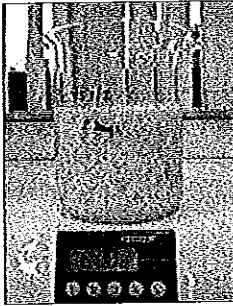
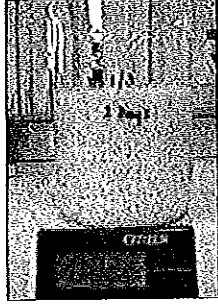
ตารางที่ 4.3 ระดับการจับตัวน้ำยางskimเมื่อเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น

Level	Skim coagulation feature
1	Not coagulate
2	Flocculate
3	Crowd
4	Coagulate

จากตารางที่ 4.4 เห็นได้ว่าน้ำยางskimที่ได้จากน้ำยางสดเก็บ 0 วัน รักษาสภาพด้วย  $\text{NH}_3$  0.35 และ 0.60%w/w สามารถจับตัวได้ (coagulate) แต่น้ำยางskimที่ได้จากน้ำยางสด รักษาสภาพด้วย  $\text{NH}_3$  0.80%w/w จับตัวยากขึ้นเป็น flocculate และเมื่อสังเกตระยะเวลาการแยกชั้นของเนื้อยางskimและเซรัม (phase separation time) เห็นได้ว่าใช้เวลาในการแยกชั้นมากขึ้นจาก 1.35 min เป็น 2 min และไม่แยกชั้นเมื่อน้ำยางสดถูกรักษาสภาพด้วย  $\text{NH}_3$  มากขึ้นจาก 0.35-0.80%w/w ซึ่งแนวโน้ม phase separation time มีระยะเวลามากขึ้นเช่นเดียวกัน

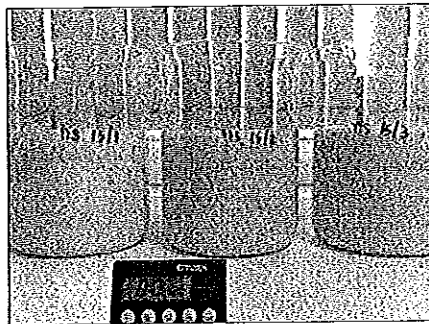
กับน้ำยางสกิมที่ได้จากน้ำยางสดเก็บนาน 15 วัน โดยเพิ่มจาก 48 s เป็น 7 min เมื่อปริมาณ  $\text{NH}_3$  เพิ่มขึ้นจาก 0.35 เป็น 0.80%w/w ในน้ำยางสด แสดงในตารางที่ 4.5 และพบว่าน้ำยางสกิมที่ได้จากน้ำยางสดเก็บนาน 15 30 และ 45 วัน มีลักษณะไม่จับตัวแม้ว่าจะรักษาสภาพน้ำยางสดด้วย  $\text{NH}_3$  ปริมาณน้อยเพียง 0.35%w/w แสดงในตารางที่ 4.4-4.7 นั่นคือ ระยะเวลาการเก็บน้ำยางสดมีผลกระทบต่อการจับตัวของน้ำยางสกิมอย่างชัดเจน เนื่องจากโดยธรรมชาติของน้ำยาง เกิดการไฮโดรไลซิสของส่วนที่ไม่ใช่ยาง คือ ฟอสโฟไลปิดและโปรตีน เป็นแอนไอออนของคาร์บอกซิเลตและฟอสเฟต ซึ่งเพิ่มเสถียรภาพความเป็นคอลลอยด์ของน้ำยางได้ ซึ่งการไฮโดรไลซิสเกิดขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นเมื่อ น้ำยางสดถูกเก็บเป็นระยะเวลานานขึ้น แอนไอออนซึ่งเป็นส่วนที่ไม่ใช่ยางจึงเกิดมากขึ้น และถูกกำจัดออกมาในน้ำยางสกิม เนื่องจากส่วนที่ไม่ใช่ยางและส่วนที่เป็นน้ำจะถูกแยกออกมาในน้ำยางสกิมขณะเซนตริฟิวส์ ดังนั้นระยะเวลาการเก็บ น้ำยางสดจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อการไม่จับตัวของน้ำยางสกิมอีกปัจจัยหนึ่ง

ตารางที่ 4.4 ผลกระทบของ  $\text{NH}_3$  ในน้ำยางสดต่อการจับตัวของน้ำยางสกิม  
ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา น้ำยางสด 0 วัน

Skim Properties	$\text{NH}_3$ in field latex		
	$\text{NH}_3$ 0.35%	$\text{NH}_3$ 0.60%	$\text{NH}_3$ 0.80%
Coagulation feature	Coagulate 	Coagulate 	Flocculate 
Phase separation time	1.35 min	2 min	Not separate

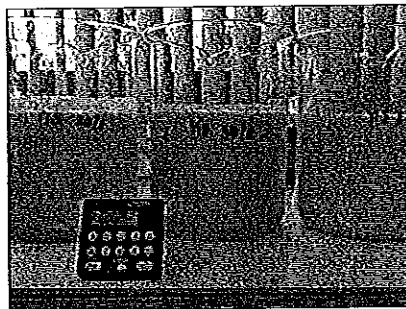
ตารางที่ 4.5 ผลกระทบของ  $\text{NH}_3$  ในน้ำยางสดต่อการจับตัวน้ำยางskim  
ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำยางสด 15 วัน

Skim Properties	$\text{NH}_3$ in field latex		
	$\text{NH}_3$ 0.35%	$\text{NH}_3$ 0.60%	$\text{NH}_3$ 0.80%
Coagulation Feature	Not coagulate	Not coagulate	Not coagulate
Phase separation time	48 s	3 min	7 min



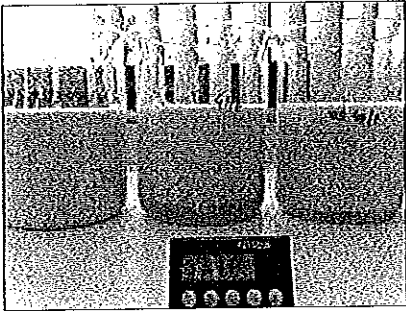
ตารางที่ 4.6 ผลกระทบของ  $\text{NH}_3$  ในน้ำยางสดต่อการจับตัวน้ำยางskim  
ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำยางสด 30 วัน

Skim Properties	$\text{NH}_3$ in field latex		
	$\text{NH}_3$ 0.35%	$\text{NH}_3$ 0.60%	$\text{NH}_3$ 0.80%
Coagulation Feature	Not coagulate	Not coagulate	Not coagulate
Phase separation time	3 min	3 min	Not separate





ตารางที่ 4.7 ผลกระทบของ  $\text{NH}_3$  ในน้ำยางสดต่อการจับตัวของน้ำยางskim  
ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำยางสด 45 วัน

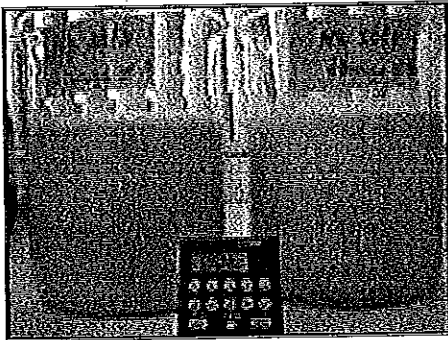
Skim Properties	$\text{NH}_3$ in field latex		
	$\text{NH}_3$ 0.35%	$\text{NH}_3$ 0.60%	$\text{NH}_3$ 0.80%
	Not coagulate	Not coagulate	Not coagulate
Coagulation Feature			
Phase separation time	9 min	14 min	Not separate

#### 4.1.3.3 ศึกษาผลกระทบของปริมาณกรดซัลฟิวริกที่มีต่อการจับตัวของน้ำยางskim

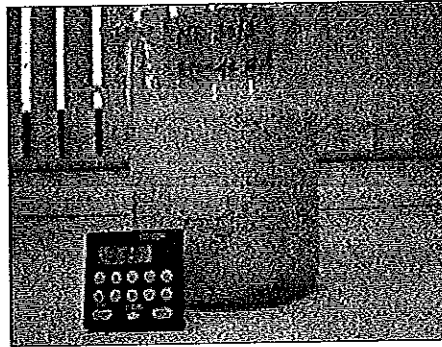
เนื่องจากน้ำยางskimที่ได้จากการเก็บรักษาน้ำยางสดก่อนเซนตริฟิวส์นาน 30 และ 45 วัน น้ำยางskimจะไม่จับตัว (อ้างอิงจากการทดลองในข้อ 4.1.3.2) การทดลองส่วนนี้ทดลองเพิ่มปริมาณกรดซัลฟิวริกเข้มข้นในการจับตัวจนกระทั่งน้ำยางskimมีการจับตัวดีขึ้นจากไม่จับตัวเป็น flocculate ในตารางที่ 4.8 และตารางที่ 4.9 และจับเวลา phase separation time หลังเติมกรดซัลฟิวริก โดยสันนิษฐานว่าน้ำยางskimการแยกชั้นยางและเซรัมเร็ว มีแนวโน้มการจับตัวง่ายกว่าระยะเวลาแยกชั้นช้า

ตารางที่ 4.8 ผลกระทบของปริมาณกรดซัลฟูริกที่เพิ่มขึ้นต่อการจับตัวของน้ำยางสกิน  
ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำยางสด 30 วัน

Skim Properties	NH <sub>3</sub> in field latex	
	NH <sub>3</sub> 0.35% w/w	NH <sub>3</sub> 0.80% w/w
Increase acid amount	100%	300%
Coagulation	Flocculate	Not coagulate
Phase separation time	4 min	14 min



(a)



(b)

รูปที่ 4.11 เวลาการแยกชั้น (phase separation time) ของน้ำยางสกินที่ได้จากน้ำยางสดเก็บ  
นาน 30 วัน และจับตัวด้วยกรดซัลฟูริก : ที่สภาวะรักษาสภาพด้วย NH<sub>3</sub>  
(a) 0.35%w/w และ (b) 0.80%w/w

จากรูปที่ 4.11 (a) เป็นการเปรียบเทียบการจับตัวของน้ำยางสกินที่รักษาสภาพด้วย NH<sub>3</sub> 0.35 และ 0.80%w/w โดยเมื่อเวลา 4 min หลังเติมกรดซัลฟูริก น้ำยางสกินที่รักษาสภาพด้วย NH<sub>3</sub> 0.35 %w/w มีการแยกชั้น แต่สภาวะ 0.80%w/w น้ำยางสกินยังไม่แยกชั้น แต่ใช้เวลาในการแยกชั้นถึง 14 min ในรูปที่ 4.11 (b) แม้จะมีการเติมกรดเพิ่มขึ้นเป็น 300% หรือ 3 เท่า นั่นคือ น้ำยางสกินที่ไม่จับตัวจากผลของระยะเวลาการเก็บน้ำยางสดนาน การเติมกรดซัลฟูริกเพิ่ม สามารถช่วยจับตัวได้ดีขึ้นเล็กน้อยเท่านั้นจากน้ำยางสกินไม่จับตัวกลายเป็น flocculate แต่ในกรณีน้ำยางสกินมีปริมาณ NH<sub>3</sub> ต่ำเท่านั้น หากมีปริมาณ NH<sub>3</sub> สูง การเติมกรดเพิ่มถึง 3 เท่า ไม่ได้ช่วยให้ น้ำยางสกินจับตัวได้ดีขึ้น

ตารางที่ 4.9 ผลกระทบของ  $\text{NH}_3$  ต่อการจับตัวน้ำยางskim ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา  
น้ำยางสด 45 วัน

Skim Properties	$\text{NH}_3$ in field latex	
	$\text{NH}_3$ 0.35% w/w	$\text{NH}_3$ 0.80% w/w
Add more acid	31%	62%
Coagulation	Little flocculate	Not coagulate
Phase separation time	11 min	15 min

การทดลองเพิ่มปริมาณกรดซัลฟิวริกในการจับตัวน้ำยางskim ไม่จับตัวจากสาเหตุระยะเวลาการเก็บน้ำยางสดเก็บนาน 45 วัน ในส่วนนี้ได้ปรับปริมาณกรดให้น้อยลงเนื่องจากการเติมกรดเพิ่ม 1 เท่า หรือ 3 เท่า เป็นไปได้ยากในการจับตัวยางskim ปริมาณกรดซัลฟิวริกที่เติมเพิ่มในการจับตัวจึงเป็น 31% และ 62% โดยใช้เวลาแยกชั้น 11 min และ 15 min ในน้ำยางskim ที่ได้จากน้ำยางสดรักษาภาพด้วยแอมโมเนีย 0.35%w/w และ 0.80%w/w ตามลำดับแสดงในตารางที่ 4.9 แต่น้ำยางskim ที่ได้จากน้ำยางสดรักษาภาพด้วย 0.80%w/w ยังไม่จับตัวแม้เติมกรดซัลฟิวริกในปริมาณ 62% จากปริมาณของกรดเดิม ซึ่งเป็นการยืนยันผลในตารางที่ 4.8 คือ ปริมาณ  $\text{NH}_3$  ในน้ำยางสดที่มากขึ้นมีผลต่อการจับตัวน้ำยางskim ที่ยากขึ้นจนถึงไม่จับตัว และน้ำยางskim ที่ไม่จับตัวสาเหตุจากระยะเวลาเก็บน้ำยางสดนาน การเติมกรดซัลฟิวริกเพิ่มขึ้นจากปริมาณเดิมอีก 30-100% สามารถปรับปรุงการจับตัวน้ำยางskim ให้ดีขึ้นในสภาวะรักษาภาพด้วยปริมาณ  $\text{NH}_3$  ต่ำเท่านั้น แต่หากปริมาณ  $\text{NH}_3$  ในน้ำยางskim มากขึ้นถึง 0.80%w/w การเติมกรดซัลฟิวริกเพิ่ม ไม่สามารถทำให้น้ำยางskim จับตัวได้ โดยน้ำยางskim ไม่จับตัวจากสาเหตุเก็บน้ำยางสดนานนี้ แม้ว่าหลังเติมกรดแล้วทิ้งไว้ข้ามคืน เนื้อskimถูกรวบรวมได้ไม่มากนัก แม้ว่าจะแยกชั้น แต่ก็ไม่จับตัวเป็นก้อน

#### 4.1.4 สรุปผลการทดลอง

ปริมาณ  $\text{NH}_3$  ในน้ำยางสด มีผลกระทบต่อสมบัติน้ำยางสด ได้แก่ ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ในน้ำยางสด โดยไม่มีผลต่อการตกตะกอนแมกนีเซียมในน้ำยางสด มีผลกระทบต่อสมบัติน้ำยางข้น ได้แก่ ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ ค่าความเสถียรเชิงกล ปริมาณเจล และมีผลกระทบต่ออาการจับตัวของน้ำยางskim อีกปัจจัยหลักที่มีผลต่อสมบัติน้ำยาง คือ ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด โดยมีผลกระทบต่อปริมาณกรดไขมันระเหยได้ เสถียรภาพเชิงกล ปริมาณ

แมกนีเซียม ปริมาณฟอสเฟต ความหนืด และปริมาณเจลของน้ำยางข้นแอมโมเนียสูง และมีผลกระทบต่อการจับตัวของน้ำยางสกิมอย่างมีนัยสำคัญ โดยน้ำยางสดที่รักษาสภาพด้วยปริมาณ  $\text{NH}_3$  มากขึ้นถึง 0.60-0.80%w/w มีผลให้ปริมาณกรดไขมันระเหยได้สูงขึ้นเล็กน้อย สาเหตุจากปริมาณ  $\text{NH}_3$  ที่มากเกินไป เกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลยาง เห็นได้จากการเกิดเจลมากขึ้นเมื่อ  $\text{NH}_3$  มากขึ้น อาจทำหน้าที่รักษาสภาพน้ำยางน้อยลง สอดคล้องกับปริมาณกรดไขมันระเหยได้ในน้ำยางข้นที่แนวโน้มสูงขึ้น และค่าความเสถียรเชิงกลมีแนวโน้มต่ำลง เมื่อระยะเวลาการเก็บน้ำยางสดเพิ่มขึ้น ทำให้เจลมากขึ้น ส่งผลต่อสมบัติต่างๆ ของน้ำยางข้น ได้แก่ ความหนืดเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณฟอสเฟตที่มากขึ้น ทำให้ปริมาณแมกนีเซียมลดลงจากการเกิดสารประกอบแมกนีเซียมแอมโมเนียฟอสเฟตตกสู่กับบ่อน้ำยาง MST มากขึ้นจากการเกิดสบู่ของกรดไขมัน แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บของน้ำยางสดนานถึง 30 และ 45 วัน ค่า MST มีแนวโน้มต่ำลงจากการเกิดเจลที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่วนการจับตัวของน้ำยางสกิม ปริมาณ  $\text{NH}_3$  ในน้ำยางสด และระยะเวลาการเก็บน้ำยางสดที่เพิ่มขึ้น เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการจับตัวของน้ำยางสกิมอย่างชัดเจน เนื่องจากต้องใช้กรดปริมาณมากขึ้นในการจับตัวของน้ำยางสกิม และระยะเวลาเก็บน้ำยางสดตั้งแต่ 15 วัน น้ำยางสกิมไม่จับตัว แม้ว่าเพิ่มปริมาณกรดในการจับตัวก็ตาม

#### 4.2 ศึกษาผลกระทบของปริมาณ DAP ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำยางสดต่างๆ ต่อสมบัติของน้ำยางข้นและการจับตัวของน้ำยางสกิม

การพบปัญหาของผลิตภัณฑ์จากน้ำยางข้นโดยที่สมบัติของน้ำยางข้นผ่านเกณฑ์ข้อตกลงระหว่างผู้ผลิตและลูกค้า ทำให้มีการพิจารณาสมบัติอื่นๆ นอกเหนือจากสมบัติน้ำยางข้นพื้นฐานประกอบในการหาสาเหตุของปัญหาในผลิตภัณฑ์ด้วย เช่น ปริมาณฟอสเฟต และปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อปริมาณฟอสเฟต คือ ปริมาณ DAP ที่เติมในน้ำยางสด

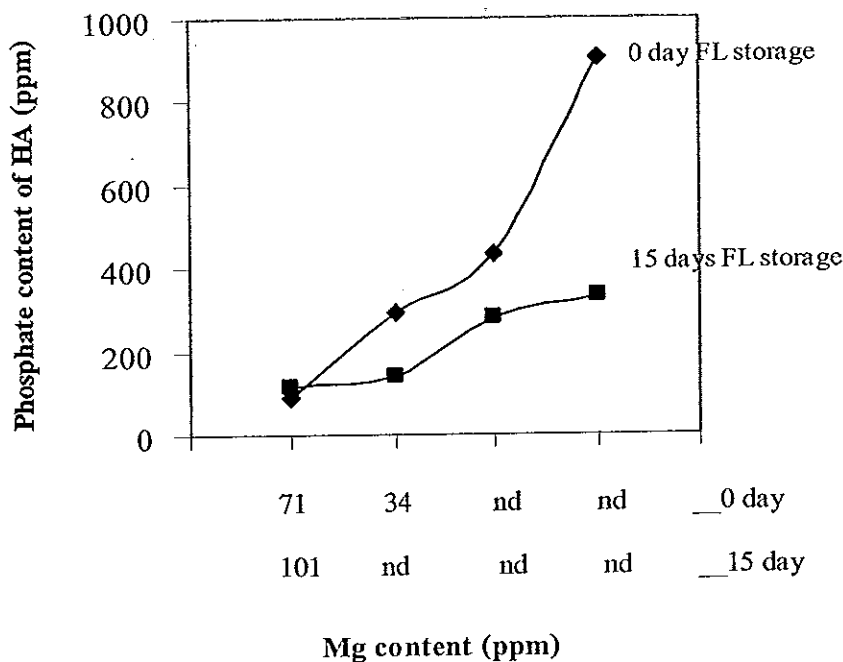
##### 4.2.1 ศึกษาผลกระทบต่อน้ำยางข้น

การศึกษผลกระทบของปริมาณ DAP ในน้ำยางสดที่มีผลต่อสมบัติน้ำยางข้น ทำการทดลองโดยเติม DAP ในน้ำยางสด 4 ระดับ จากระดับต่ำจนถึงมากเกินไป ในขั้นตอนก่อนการเซนตริฟิวส์เพื่อตกตะกอนแมกนีเซียม และผลกระทบจากระยะเวลาการเก็บของน้ำยางสด 0 วัน และ 15 วัน

###### 4.2.1.1 ปริมาณฟอสเฟต (Phosphate content)

ปริมาณ DAP ที่เติมในน้ำยางสดเพื่อตกตะกอนแมกนีเซียมในน้ำยางสด เพื่อควบคุมปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางข้นให้ไม่เกิน 40 ppm มีผลโดยตรงต่อปริมาณ

ฟอสเฟตในน้ำยางสดและน้ำยางข้น จากรูปที่ 4.12 เมื่อเติม DAP ในระดับต่างๆ 4 ระดับ คือ ค่า ปกติ สูงและมากเกินไป ปริมาณแมกนีเซียมลดลงเป็น 4 ระดับเช่นเดียวกันจากช่วง 100-200 ppm 0-100 ppm จนถึงตรวจวัดไม่ได้ด้วยเทคนิค EDTA-Titration แต่แสดงเป็นค่าปริมาณ ฟอสเฟตที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในน้ำยางข้นที่ได้จากน้ำยางสดเก็บนาน 0 วัน และ 15 วัน โดย ปริมาณฟอสเฟตน้ำยางข้นจากน้ำยางสดๆ (0 วัน) มีปริมาณมากตั้งแต่ 100-900 ppm แต่จาก น้ำยางสด 15 วัน ปริมาณฟอสเฟตอยู่ในช่วง 100-300 ppm ซึ่งอัตราการเติม DAP ในน้ำยางสด เพื่อลดแมกนีเซียม ใช้การคำนวณโดยขึ้นกับแมกนีเซียมในน้ำยางสดเริ่มต้นปฏิกิริยาระหว่าง แมกนีเซียมที่ลดลงและการเติม DAP มิได้ทำปฏิกิริยาสมมูลกันพอดี แต่ใช้ปริมาณ DAP น้อย กว่าปริมาณแมกนีเซียมที่ต้องการลด อาจเป็นเพราะปริมาณฟอสเฟตที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ในน้ำยางช่วยในการตกตะกอนแมกนีเซียมได้ จึงใช้ปริมาณ DAP ต่ำกว่าปฏิกิริยาสมมูล ปริมาณแมกนีเซียมที่เหลือจึงไม่เท่ากับที่คำนวณพอดี



รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสเฟตในน้ำยางข้นอายุ 30 วัน และปริมาณ แมกนีเซียมในน้ำยางข้นที่ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด 0 วัน และ 15 วัน

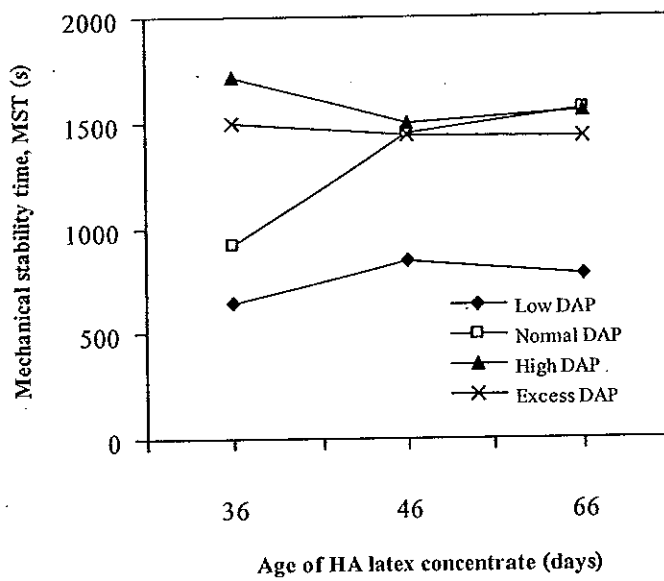
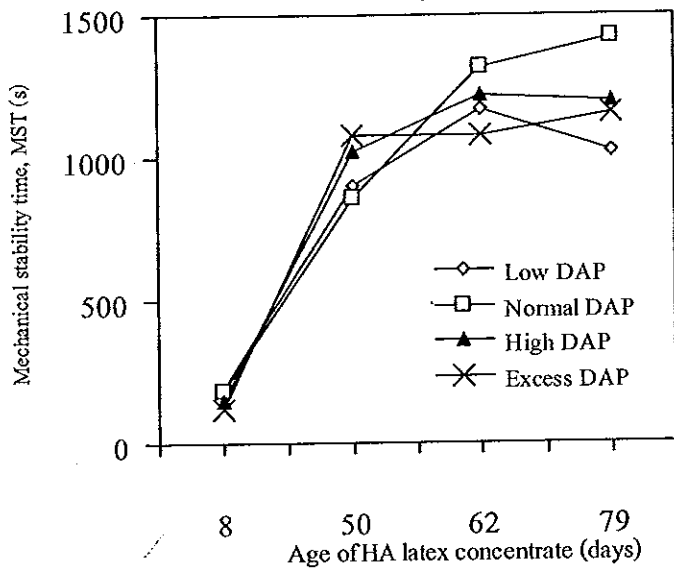
#### 4.2.1.2 ความเสถียรเชิงกล (MST)

เนื่องจากในทางปฏิบัติจริงการทำปฏิกิริยาของ DAP กับแมกนีเซียมใน น้ำยางสดไม่สามารถคำนวณได้พอดีในการลดปริมาณแมกนีเซียม แต่ใช้การคำนวณให้อยู่ช่วง ต่ำกว่าปริมาณแมกนีเซียมที่ต้องการในกระบวนการผลิตจริง จึงเป็นข้อสงสัยว่าการเติม DAP

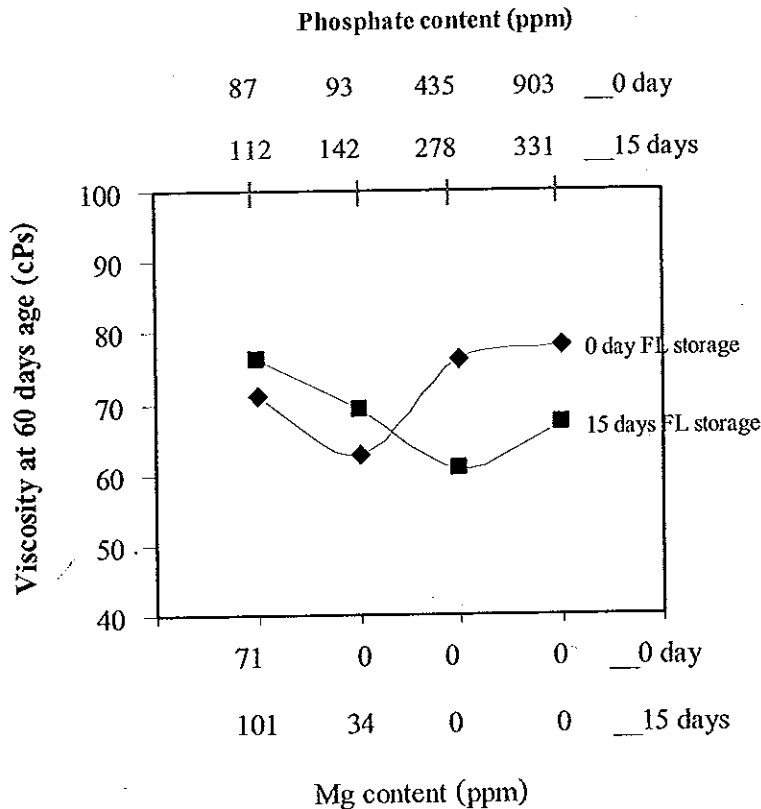
มากขึ้นไปอาจมีผลต่อสมบัติน้ำยางข้น จากรูป 4.13 (a) พบว่าน้ำยางข้นได้จากน้ำยางสดเก็บนาน 0 วัน มีค่า MST ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของระดับการเติม DAP ในน้ำยางสดจากระดับต่ำถึงมากเกินพอ แตกต่างกับรูป 4.13 (b) ซึ่งน้ำยางข้นที่ได้จากน้ำยางสดเติม DAP ปริมาณต่ำ มีค่า MST อยู่ในระดับต่ำเพียง 500-1,000 s เนื่องจากน้ำยางข้นที่ได้จากระยะเวลาการเก็บน้ำยางสด 15 วัน มีปริมาณแมกนีเซียม 101 ppm แต่จากน้ำยางสดเก็บนาน 0 วัน มีปริมาณแมกนีเซียม 71 ppm นั่นคือ เมื่อปริมาณแมกนีเซียมสูงกว่า 100 ppm มีผลให้เสถียรภาพน้ำยางต่ำ ค่า MST จึงต่ำ ซึ่งเกิดจากแมกนีเซียมไอออนเป็น divalent metal cation เกิดปฏิกิริยากับคาร์บอกซิเลตแอนไอออนที่ล้อมรอบอนุภาคยาง ทำลายเสถียรภาพของน้ำยาง โดยเกิดเป็นสบูของแมกนีเซียมที่ไม่ละลายน้ำ และไม่แตกตัวเป็นไอออน สามารถเกิดเป็นแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ตกตะกอนในน้ำ และเกิดพันธะระหว่างผิวของอนุภาคน้ำยาง (Karunanayake *et al.*, 2005) ดังนั้นการเติม DAP ในน้ำยางสดในปริมาณต่ำเกินไป จนมีปริมาณแมกนีเซียมเหลือในน้ำยางข้นมากกว่า 100 ppm จะส่งผลกระทบต่อ MST ของน้ำยางข้นต่ำกว่า 1,000 s และการเติม DAP ในระดับสูงและระดับมากเกินพอ ไม่มีผลต่อ MST ของน้ำยางข้น แม้ว่าปริมาณฟอสเฟตในน้ำยางข้นถึง 900 ppm และระยะเวลาเก็บน้ำยางสดนานขึ้นจาก 0 ถึง 15 วันไม่มีผลกระทบต่อ MST ของน้ำยางข้น

#### 4.2.1.3 ความหนืด (Viscosity)

จากรูป 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืด ปริมาณแมกนีเซียม และปริมาณฟอสเฟตของน้ำยางข้น เห็นได้ว่าน้ำยางข้นที่มีปริมาณแมกนีเซียม 71 และ 101 ppm จากระยะเวลาการน้ำยางสดเก็บ 0 วัน และ 15 วัน ตามลำดับ มีแนวโน้มความหนืดสูงขึ้นประมาณ 80 cPs ซึ่งเกิดจากพันธะไอออนิกระหว่างแมกนีเซียมไอออนกับโมเลกุลยาง (Tarachiwin, 2004) และสังเกตได้ว่าในน้ำยางข้นที่แสดงค่าปริมาณแมกนีเซียมตรวจวัดไม่ได้ (non detectable; nd) ประกอบกับมีปริมาณฟอสเฟตสูง 400-900 ppm น้ำยางข้นมีความหนืดสูงขึ้นเช่นกัน ซึ่งเกิดจากปลายสายโซ่โมเลกุลยางสามารถเกิดพันธะกับฟอสโฟไลปิดด้วยพันธะไอออนิกโดยไอออนของโลหะหรือเกิดผ่านหมู่ฟอสเฟต (Yunyongwattanakorn *et al.*, 2007) การเกิดพันธะมากขึ้นทำให้ปริมาณเจลสูงขึ้น (แสดงในรูปที่ 4.15 ในส่วนที่ 4.2.1.4) ส่งผลให้ความหนืดสูงขึ้น อย่างไรก็ตามปริมาณความหนืดที่เพิ่มขึ้นประมาณ 80 cPs จากปริมาณฟอสเฟตที่มากขึ้นเป็น 400-900 ppm แม้จะส่งผลต่อปริมาณเจลที่เพิ่มขึ้น แต่ไม่ส่งผลทำให้ค่า MST สูงขึ้น (จากผลการทดลองในส่วนที่ 4.2.1.2) และเมื่อพิจารณาปริมาณฟอสเฟตช่วง 142 278 และ 331 ppm กรณีไม่สามารถตรวจวัดปริมาณแมกนีเซียมได้ ไม่ทำให้ความหนืดของน้ำยางข้นเพิ่มขึ้น ดังนั้นสรุปได้ว่า ปริมาณแมกนีเซียมสูงระดับ 70 และ 100 ppm และกรณีปริมาณฟอสเฟตในน้ำยางข้นสูงมากกว่า 400 ppm มีผลทำให้ความหนืดของน้ำยางข้นเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ของความเสถียรเชิงกล (MST) ของน้ำยางชั้นและอายุน้ำยางชั้น  
จากระยะเวลาเก็บน้ำยางสด (a) 0 วัน และ (b) 15 วัน ตามลำดับ

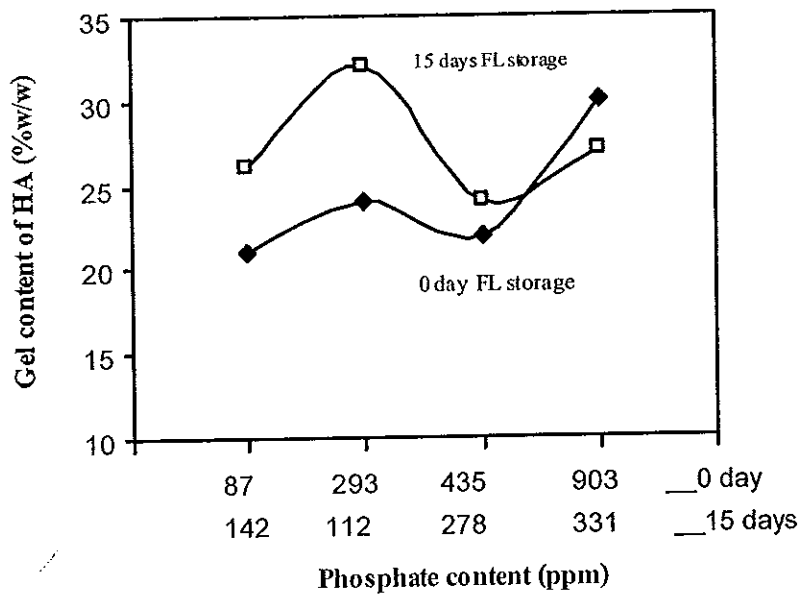


รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของน้ำยางชั้นอายุ 60 วัน ปริมาณแมกนีเซียมและปริมาณฟอสเฟตในน้ำยางชั้น

#### 4.2.1.4 ปริมาณเจล (Gel content)

จากที่กล่าวมาในข้างต้นปริมาณเจลมีความสัมพันธ์กับความหนืดของน้ำยางชั้น ซึ่งปัจจัยที่ทำให้ปริมาณเจลเพิ่มขึ้นนอกจากระยะเวลาเก็บน้ำยางสดที่ยืนย่นผลอีกครั้งในรูปที่ 4.15 แล้วปริมาณฟอสเฟตที่มากเกินไปถึง 900 ppm มีผลต่อการเกิดเจลมากขึ้นสังเกตได้จากปริมาณฟอสเฟตในน้ำยางชั้นต่ำกว่า 400 ppm ปริมาณเจลไม่แตกต่างกันมีค่าประมาณ 20% แต่เมื่อปริมาณฟอสเฟตสูงถึง 900 ppm ปริมาณเจลเพิ่มเป็น 30% อย่างชัดเจน แม้ว่าเป็นน้ำยางชั้นจากน้ำยางสดๆ ซึ่งปกติปริมาณเจลจะต่ำกว่าจากน้ำยางสดเก็บนาน 15 วัน อาจเป็นเพราะพันธะที่เกิดขึ้นระหว่างหมู่ฟอสเฟตและโมเลกุลยางต้องมีปริมาณฟอสเฟตมากเพียงพอจึงสามารถส่งผลกระทบต่อตรวจสอบปริมาณเจล





รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเจลของน้ำยางชั้นอายุ 60 วัน และปริมาณฟอสเฟตในน้ำยางชั้นที่ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด 0 วัน และ 15 วัน

#### 4.2.1.5 ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (VFA No.)

เมื่อปริมาณ DAP ถูกเติมมากขึ้นในน้ำยางสดจากระดับต่ำ ปกติ สูง และมากเกินพอ ค่า VFA No. ของน้ำยางชั้นแอมโมเนียสูงที่อายุน้ำยางชั้น 60 วัน ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ DAP ที่เติมในน้ำยางสด ปริมาณแมกนีเซียม ปริมาณฟอสเฟต และค่า VFA No. แสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ของน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียสูงที่ได้จากการเติม DAP ที่ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด 0 และ 15 วัน

DAP Level in FL	0 day field latex storage			15 days field latex storage		
	Magnesium content (ppm)	Phosphate content (ppm)	VFA No. of HA	Magnesium content (ppm)	Phosphate content (ppm)	VFA No. of HA
Low	71	87	0.0339	101	112	0.0305
Normal	34	293	0.0239	0	142	0.0285
High	0	435	0.0315	0	231	0.0348
Excess	0	903	0.0284	0	378	0.0326

#### 4.2.2 ศึกษาผลกระทบต่อการจัดตั้งน้ำยางskim

##### 4.2.2.1 ลักษณะก้อนยางskimหลังจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริก

จากตารางที่ 4.11 สังเกตว่าเมื่อปริมาณฟอสเฟตในน้ำยางชั้นเพิ่มขึ้น น้ำยางskimมีแนวโน้มจับตัวได้ยากขึ้น และในตารางที่ 4.12 แสดงการจับตัวของน้ำยางskimในระยะเวลาการเก็บน้ำยางสด 15 วัน ซึ่งโดยปกติน้ำยางskimจะไม่จับตัว แต่เห็นได้ว่าเมื่อน้ำยางชั้นมีปริมาณแมกนีเซียมสูง 101 ppm น้ำยางskimจับตัวเป็น flocculate ซึ่งอธิบายได้จากปริมาณฟอสเฟตแอนไอออนที่มากขึ้น สามารถเพิ่มเสถียรภาพน้ำยาง และในทางตรงกันข้าม

ตารางที่ 4.11 ผลกระทบของ DAP ต่อการจัดตั้งน้ำยางskimที่ระยะเวลาการเก็บรักษา้ำยางสด 0 วัน

Skim Properties				
DAP Level in field latex	Low	Normal	High	Excess
Mg content of HA (ppm)	71	34	0	0
Phosphate content of HA (ppm)	87	293	435	903
Coagulation	Crowd	Crowd	Flocculate	Flocculate

ตารางที่ 4.12 ผลกระทบของ DAP ต่อการจับตัวของน้ำยางสกิมที่ระยะเวลา  
การเก็บรักษาในยางสด 15 วัน

Skim Properties				
DAP Level in field latex	Low	Normal	High	Excess
Mg content of HA (ppm)	101	0	0	0
Phosphate content of HA (ppm)	112	142	231	378
Coagulation	Flocculate	Not coagulate	Not coagulate	Not coagulate

ปริมาณแมกนีเซียมที่มากขึ้นทำลายเสถียรภาพน้ำยาง อย่างไรก็ตาม ปริมาณแมกนีเซียมและปริมาณฟอสเฟตในน้ำยางสกิม อาจมีแนวโน้มเดียวกับในน้ำยางชั้น เมื่อสภาวะเดิม DAP ในน้ำยางสดมากขึ้น จึงทำการทดลองเพิ่มเติมเกี่ยวกับปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางสกิมมีผลต่อการจับตัวของน้ำยางสกิม โดยเติม DAP ในน้ำยางสกิม แล้วสังเกตการจับตัวของน้ำยางสกิม

จากตารางที่ 4.13 เมื่อระดับการเติม DAP ในน้ำยางสดมากขึ้น ปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางชั้นมีแนวโน้มต่ำลง และปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางสกิมมีแนวโน้มในทิศทางเดียวกัน แต่แสดงค่าสูงกว่าในน้ำยางชั้นมาก ดังนั้นแมกนีเซียมไอออนซึ่งเป็นส่วนที่ไม่ใช่ยาง (non-rubber) ประเภทหนึ่ง ซึ่งจะถูกแยกเข้าสู่ส่วนน้ำยางสกิมหลังเซนทริฟิวส์เช่นเดียวกับ  $\text{NH}_3$  ในตารางที่ 4.2 นั่นคือ สามารถอธิบายผลการทดลองในตารางที่ 4.11 ได้ว่าการเติม DAP ในน้ำยางสดระดับต่ำ แสดงปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางชั้นมากกว่า 100 ppm น้ำยางสกิมจะมีปริมาณแมกนีเซียมสูงเช่นเดียวกัน ส่งผลให้น้ำยางสกิมจับตัวดีกว่าปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางสกิมน้อย ซึ่งโดยปกติในระดับอุตสาหกรรมน้ำยางสกิมไม่มีการตรวจสอบปริมาณแมกนีเซียม จึงสามารถสังเกตแนวโน้มปริมาณแมกนีเซียมได้จากปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางชั้น

ตารางที่ 4.13 ความสัมพันธ์ของปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียสูง  
และน้ำยางskim (Titration technique)

Latex	Mg content (ppm)			
	DAP level in field latex			
	Low	Normal	High	Excess
HA latex	47	38	23	13
Skim latex	3,698	1,934	1,552	681

การศึกษาผลกระทบของปริมาณฟอสเฟตและปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางskimต่อการจับตัวของน้ำยางskim โดยเติม DAP ในน้ำยางskim และสมบัติน้ำยางskim ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TSC) ปริมาณฟอสเฟต ปริมาณแอส และปริมาณเถ้า (ash) ถูกวิเคราะห์เพื่อสังเกตความสัมพันธ์กับการจับตัวของน้ำยางskim ซึ่งแสดงผลการทดลองในตารางที่ 4.14 และ 4.15 เพื่อตรวจสอบและยืนยันผลการทดลองข้างต้น จากตารางที่ 4.14 เห็นได้ว่า ปริมาณฟอสเฟตในน้ำยางskim ที่เพิ่มขึ้น ทำให้น้ำยางskim จับตัวยากขึ้นเล็กน้อย สังเกตจาก phase separation time เพิ่มขึ้นเมื่อเติม DAP มากขึ้น โดยปริมาณฟอสเฟตมากกว่า 5,000 ppm ส่งผลให้น้ำยางskim จับตัวได้ยากขึ้น ซึ่งฟอสเฟตไอออนเป็นไอออนลบ สามารถเพิ่มประจุบนอนุภาคยางได้ ทำให้เสถียรภาพของน้ำยางskim เพิ่มขึ้น และพบว่าปริมาณแอสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณฟอสเฟตที่เพิ่มขึ้น จาก 6% เป็น 33-35% แสดงให้เห็นว่าฟอสเฟตไอออนที่เพิ่มขึ้นในน้ำยางskim สามารถเกิดพันธะกับโมเลกุลยางหรือส่วนที่ไม่ใช่ยางอื่น ๆ ได้ เนื่องจากปริมาณแอสที่เพิ่มขึ้นแต่น้ำยางskim จับตัวยากขึ้น เป็นที่น่าสังเกตว่าหากฟอสเฟตไอออนเกิดพันธะกับโมเลกุลยางน้ำยางskim น่าจะจับตัวได้ดีขึ้น อาจเป็นไปได้ว่าฟอสเฟตเกิดพันธะกับส่วนที่ไม่ใช่ยางอื่นในส่วนที่เป็นน้ำมากกว่าเกิดพันธะกับอนุภาคยาง ในทางตรงกันข้ามปริมาณเถ้าต่ำลงเมื่อเติม DAP ในน้ำยาง เนื่องจากไอออนของแมกนีเซียมในน้ำยางskim ลดลง ทำให้ปริมาณเถ้าซึ่งปั้งซีได้ถึงสารอินทรีย์ในยางลดลง สอดคล้องกับเมื่อปริมาณแมกนีเซียมน้อยลงน้ำยางskim จับตัวยากขึ้น ดังนั้นปริมาณแมกนีเซียมไอออน ซึ่งเป็น divalent ion หรือไอออนของโลหะอื่น ๆ ส่งผลต่อการจับตัวของน้ำยางskim อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.14 ผลกระทบของปริมาณ DAP ในน้ำยางskim ที่มีผลต่อการจับตัวของน้ำยางskim (อายุน้ำยางskim ประมาณ 0 วัน)

	Add DAP in skim latex (0 day age of skim latex)			
	No DAP 0%	+ DAP 0.014%	+ DAP 0.027%	+ DAP 0.078%
Skim latex weight	1000 g	1000 g	1000 g	1000 g
TSC (%)	3.53	3.49	3.51	3.50
Phosphate content (ppm)	3,762	5,226	10,208	21,726
Gel (%)	6.63	33.82	37.95	45.21
Ash (%)	0.41	0.39	0.35	0.29
Coagulation feature	Coagulate	Coagulate	Coagulate	Coagulate
Phase separation time	Immediately	60 s	32 s	45 s

จากตารางที่ 4.15 การเติมไอออนของแมกนีเซียมเพื่อศึกษาผลกระทบต่อการจับตัวของน้ำยางskim พบว่าปริมาณแมกนีเซียมไอออนในน้ำยางskim เพิ่มขึ้น สามารถปรับปรุงการจับตัวของน้ำยางskim ได้จากการรวมกันเป็นกลุ่มใหญ่และเหนียวติดกัน (crowd) เป็นจับตัวได้ (coagulate) นอกจากนี้ยังสังเกตได้ว่าปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางskim มีผลต่อการจับตัวของน้ำยางskim มากกว่าปริมาณฟอสเฟต เนื่องจากปริมาณแมกนีเซียมจาก 400 ถึง 2,000 ppm น้ำยางskim แสดงการจับตัวได้ดีขึ้นจาก flocculate เป็น coagulate แต่ปริมาณฟอสเฟตจาก 8,800 ลดเป็น 4,000 ppm จึงแสดงการจับตัวในลักษณะเดียวกัน ซึ่งช่วงความเข้มข้นแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด

ตารางที่ 4.15 ผลกระทบของปริมาณ DAP ในน้ำยางskim ที่มีผลต่อการจับตัวของน้ำยางskim (อายุน้ำยางskim ประมาณ 3 วัน)

	Add Mg / DAP in skim latex (3 days age of skim latex)				
	+Mg ion 2%	Mg ion 1%	+ DAP 0%	+DAP 0.3%	+DAP 0.5%
Skim latex weight	1000 g	1000 g	1000 g	1000 g	1000 g
TSC (%)	5.10	5.07	5.05	5.04	5.00
Phosphate content (ppm)	5,146	4,438	3,749	8,112	8,886
Mg content (ppm)	3,633	2,316	1,535	686	484
Coagulation feature	Coagulate	Coagulate	Crowd	Flocculate	Flocculate
Phase separation time	32 s	Immediately	1.5 min	50 s	1.35 min

### 4.2.3 สรุปผลการทดลอง

ปริมาณการเติม DAP ในน้ำยางสด มีผลโดยตรงต่อปริมาณแมกนีเซียมและปริมาณฟอสเฟตในน้ำยางข้น เนื่องจากการตกตะกอนแมกนีเซียมในรูป  $MgNH_4PO_4$  และเป็นการเติมสารประกอบฟอสเฟตในน้ำยาง จากการทดลองพบว่า ปริมาณแมกนีเซียมสูงในระดับ 100 ppm มีผลกระทบต่อสมบัติน้ำยางข้น ได้แก่ ความหนืดเพิ่มขึ้น และ MST ต่ำลง จากการเกิดพันธะไฮออนิก และการเติม DAP ในน้ำยางสดในปริมาณมากเกินไป จนปริมาณฟอสเฟต 400-900 ppm ทำให้เกิดเจลมากขึ้น ส่งผลให้เพิ่มความหนืดในน้ำยางข้น

ระยะเวลาการเก็บน้ำยางสด มีผลต่อสมบัติน้ำยางข้น ได้แก่ ปริมาณเจล ค่า MST ที่สูงขึ้นเช่นเดียวกับในส่วนที่ 4.1 แต่ระดับการเติมปริมาณ DAP ในน้ำยางสดหลังจากถูกเก็บในช่วงระยะเวลาต่างกัันก่อนเซนตริฟิวส์ ไม่เป็นปัจจัยเสริมที่ส่งผลต่อสมบัติน้ำยางข้น แต่ผลกระทบมาจากปริมาณ DAP เป็นหลัก เนื่องจากการเติมดีเอพีเป็นขั้นตอนใช้ระยะเวลาไม่เกิน 1 day ก่อนการเซนตริฟิวส์ ปริมาณ DAP ในน้ำยางสดหลังเก็บน้ำยางสดช่วงเวลาต่างกััน จึงไม่ส่งผลกระทบต่ออย่างใด

ปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางสกีมีผลโดยตรงต่อการจับตัวน้ำยางสกี เนื่องจากความ เป็น divalent cation ทำลายเสถียรภาพความเป็นประจุลบของอนุภาคยางได้ จึงทำให้น้ำยางสกีจับตัวได้ดีขึ้นเมื่อแมกนีเซียมในน้ำยางสกีมากขึ้น ปริมาณแมกนีเซียมและฟอสเฟตในน้ำยางสกี สอดคล้องกับปริมาณการเติม DAP ในน้ำยางสด โดยเมื่อเติม DAP ในปริมาณมากขึ้น ปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางสกีต่ำลง และปริมาณฟอสเฟตในน้ำยางสกีสูงขึ้น ส่งผลให้ น้ำยางสกีจับตัวยากขึ้น

### 4.3 ศึกษาผลกระทบของปริมาณแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ที่ระยะเวลาเก็บรักษา น้ำยางสด ต่าง ๆ ต่อสมบัติน้ำยางข้นและการจับตัวน้ำยางสกี

การศึกษาผลกระทบของปริมาณแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ในน้ำยางที่มีผลต่อสมบัติน้ำยางข้น ทดลองโดยเติมแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ในน้ำยางสดและในน้ำยางข้นความเข้มข้นต่างๆ โดยน้ำยางสดถูกรักษาสภาพด้วย  $NH_3$  0.35%w/w ร่วมกับ TZ 0.05%w/w เป็นระยะเวลา 0 และ 15 วัน น้ำยางสดถูกปรับสภาพด้วยการเติมแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ก่อนเซนตริฟิวส์เพื่อเพิ่มเสถียรภาพน้ำยาง ดังนั้นการศึกษาผลกระทบของระยะเวลาเก็บน้ำยางสด จึงไม่จำเป็นต้องศึกษาเป็นระยะเวลาเหมือน  $NH_3$  และ TZ ซึ่งเป็นสารรักษาสภาพน้ำยาง

### 4.3.1 ศึกษาผลกระทบต่อน้ำยางชั้น

#### 4.3.1.1 ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (VFA No.)

ปริมาณแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางชั้นมีผลกระทบต่อ VFA No. ของน้ำยางชั้น ซึ่งเห็นได้ชัดเจนจากผลการทดลองในตารางที่ 4.16 โดยที่ปริมาณแอมโมเนียมลอเรตมากขึ้น VFA No. ของน้ำยางชั้นต่ำลง ซึ่งแสดงแนวโน้มเดียวกันทั้งน้ำยางชั้นที่ได้จากน้ำยางสดเก็บ 0 และ 15 วัน เนื่องจากมีปริมาณแอมโมเนียมไอออนมากขึ้น ละลายในน้ำเหมือนสารละลาย  $\text{NH}_3$  จึงสามารถช่วยรักษาสภาพน้ำยางชั้นได้

ตารางที่ 4.16 ความสัมพันธ์ของปริมาณแอมโมเนียมลอเรต และ VFA No. ของน้ำยางชั้น อายุ 60 วัน

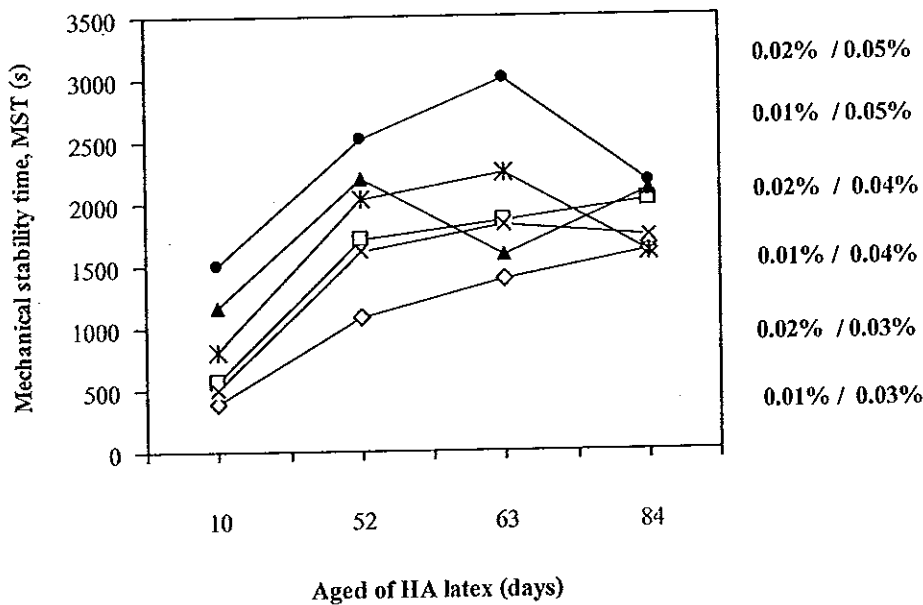
Field latex storage period (day)	Ammonium laurate in HA (%w/w)	VFA No. of HA	
		Ammonium laurate in FL latex (%w/w)	
		0.01	0.02
0	0.03	0.0332	0.0335
	0.04	0.0329	0.0320
	0.05	0.0308	0.0275
15	0.03	0.0316	0.0365
	0.04	0.0308	0.0316
	0.05	0.0306	0.0305

#### 4.3.1.2 ความเสถียรเชิงกล (MST)

ปริมาณแอมโมเนียมลอเรตหรือสบู่ใช้ในการปรับปรุงเสถียรภาพของน้ำยางในกระบวนการผลิตน้ำยางชั้น ซึ่งขั้นตอนอาจเติมในน้ำยางสดหรือในน้ำยางชั้น สมบัติน้ำยางชั้นที่มีผลกระทบโดยตรงจากการเติมแอมโมเนียมลอเรตในปริมาณต่างๆ กัน คือ ค่า MST ซึ่งในรูปที่ 4.13 แสดงค่า MST ของน้ำยางชั้นที่เพิ่มขึ้นตามอายุของน้ำยางชั้นและการเติมแอมโมเนียม-ลอเรตในน้ำยางสด 0.01% 0.02% และเติมในน้ำยางชั้น 0.03% 0.04% 0.05% โดยน้ำหนัก น้ำยาง เรียงลำดับค่า MST จากสูงไปต่ำ ตามลำดับ ดังนี้

1. น้ำยางชั้นที่เติมแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางสด 0.02% และเติมในน้ำยางชั้น 0.05% (0.02% / 0.05%) โดยน้ำหนักน้ำยาง

2. น้ำยางชั้นที่เติมแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางสด 0.01% และเติมในน้ำยางชั้น 0.05% (0.01% / 0.05%) โดยน้ำหนักน้ำยาง
3. น้ำยางชั้นที่เติมแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางสด 0.02% และเติมในน้ำยางชั้น 0.04% (0.02% / 0.04%) โดยน้ำหนักน้ำยาง
4. น้ำยางชั้นที่เติมแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางสด 0.01% และเติมในน้ำยางชั้น 0.04% (0.01% / 0.04%) โดยน้ำหนักน้ำยาง
5. น้ำยางชั้นที่เติมแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางสด 0.02% และเติมในน้ำยางชั้น 0.03% (0.02% / 0.03%) โดยน้ำหนักน้ำยาง
6. น้ำยางชั้นที่เติมแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางสด 0.01% และเติมในน้ำยางชั้น 0.03% (0.01% / 0.03%) โดยน้ำหนักน้ำยาง

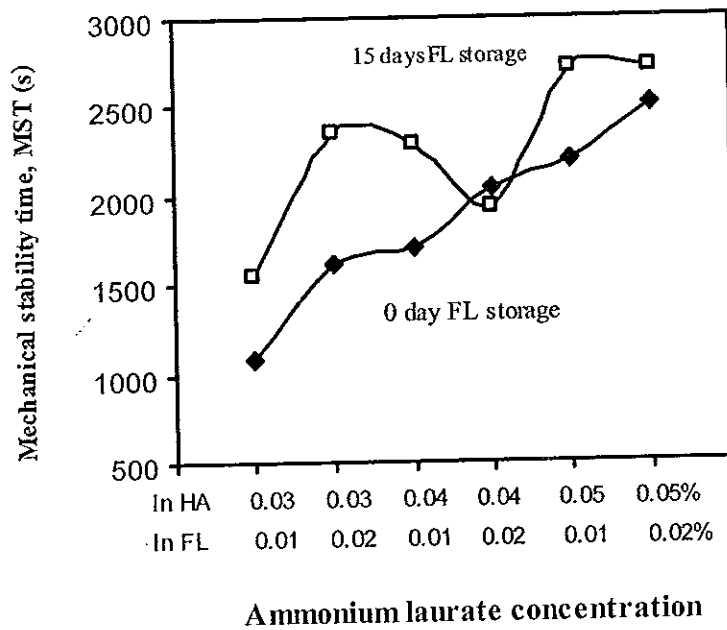


รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่าง MST ของน้ำยางชั้นและอายุน้ำยางชั้นของการเติมแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางที่ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด 0 วัน

เห็นได้ว่าน้ำยางชั้นที่ได้จากการเติมแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางสด 0.02% และเติมในน้ำยางชั้น 0.05% มีค่า MST สูงที่สุด และน้ำยางชั้นที่ได้จากการเติมแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางสด 0.01% และเติมในน้ำยางชั้น 0.03% มีค่า MST ต่ำที่สุด เนื่องจากการเติมแอมโมเนียมลอเรตมากที่สุดและน้อยที่สุดตามลำดับ นั่นคือปริมาณแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางชั้นมีผลต่อค่า MST ของน้ำยางชั้นมีผลมากกว่าแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางสด เนื่องจากการเติมแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางชั้นไม่มีการสูญเสียระหว่างเซนตริฟิวส์เหมือนการเติมแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางสด ซึ่งปริมาณแอมโมเนียมลอเรตอาจหายไปถึง 50% ปริมาณสบู่ที่เพิ่มเสถียรภาพของอนุภาคยาง จึงขึ้นกับความเข้มข้นของแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางชั้นเป็นหลัก



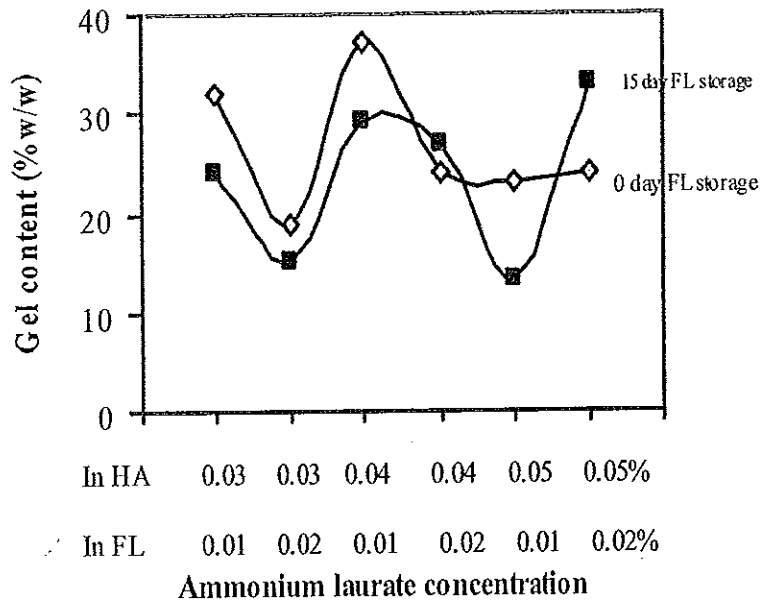
การเปรียบเทียบค่า MST ของน้ำยางชั้นที่เกิดจากแอมโมเนียมลอเรต และระยะเวลาเก็บน้ำยางสด แสดงในรูปที่ 4.16 ซึ่งเห็นแนวโน้มชัดเจนว่าเมื่อปริมาณแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางชั้นมากขึ้น และระยะเวลาเก็บน้ำยางสดนานขึ้น ค่า MST แนวโน้มสูงขึ้น จากการเกิดสบู่ของกรดไขมันได้เองตามธรรมชาติอย่างต่อเนื่อง (Walpalage *et al.*, 2007) จากกราฟค่า MST ของน้ำยางสดเก็บนาน 15 วัน สูงกว่าจากน้ำยางสดเก็บ 0 วัน อย่างเห็นได้ชัด



รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างความเสถียรเชิงกลของน้ำยางชั้น (MST) ของน้ำยางชั้นอายุ 52 วัน และปริมาณแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยาง

#### 4.3.1.3 ปริมาณเจล (Gel content)

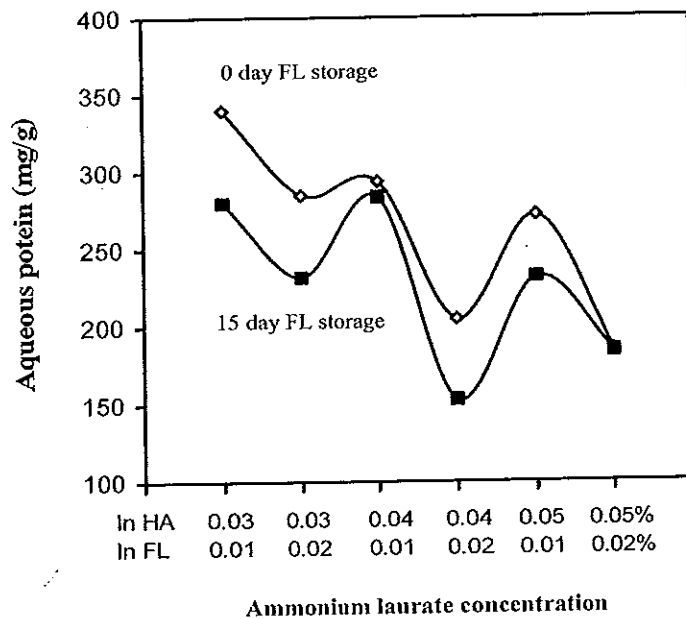
จากรูปที่ 4.18 ปริมาณเจลในน้ำยางชั้นไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณแอมโมเนียมลอเรตที่เติมในน้ำยาง



รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเจลของน้ำยางชั้นอายุ 50 วัน และปริมาณแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยาง

#### 4.3.1.4 ปริมาณโปรตีนละลายน้ำ (Aqueous extractable protein)

สมบัติน้ำยางชั้นที่ได้รับผลกระทบจากปริมาณแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางอย่างชัดเจน คือ ปริมาณโปรตีนละลายน้ำในน้ำยางชั้น เนื่องจากโครงสร้างของโปรตีนประกอบด้วยคาร์บอกซิเลตไอออนและกรดอะมิโน จึงถูกชะล้างด้วยแอมโมเนียมลอเรตซึ่งเป็นสบู่ของกรดคาร์บอกซิลิกเช่นกัน (Utama, *et al.*, 2005) และล้อมรอบแทนที่โปรตีนธรรมชาติในอนุภาคยาง น้ำยางจึงไม่เสียสภาพแม้ว่าโปรตีนถูกชะล้างออก โปรตีนที่ละลายน้ำได้ถูกชะล้างด้วยแอมโมเนียมลอเรตที่เติมในน้ำยางสด และถูกกำจัดไปกับน้ำสกิมในขั้นตอนการเซนตริฟิวส์ ดังนั้นในน้ำยางชั้นจึงมีปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้น้อยลงเมื่อเติมแอมโมเนียมลอเรตมากขึ้น สอดคล้องกับรูปที่ 4.19 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ในน้ำยางชั้นที่ลดลงตามปริมาณแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยาง ซึ่งมีแนวโน้มเดียวกันในน้ำยางชั้นที่ได้จากน้ำยางสดๆ และเก็บนาน 15 วัน



รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโปรตีนและละลายน้ำของน้ำยางชั้นอายุ 50 วัน และปริมาณแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยาง

#### 4.3.2 ศึกษาผลกระทบต่อการจับตัวน้ำยางskim

##### 4.3.2.1 ลักษณะก่อนยางskimหลังจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริก

จากตารางที่ 4.17 การเพิ่มปริมาณแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางสดจาก 0.01% เป็น 0.02%w/w มีผลต่อการจับตัวของน้ำยางskim ทำให้น้ำยางskimจับตัวยากขึ้น เนื่องจากปริมาณสบู่ในน้ำยางskimมีมากขึ้นด้วย เป็นผลให้ประจุลบของหมู่คาร์บอกซิเลตล้อมรอบอนุภาคยางskimมากขึ้น เสถียรภาพน้ำยางดีขึ้นจึงจับตัวด้วยกรดยากขึ้น ต้องใช้กรดมากขึ้นเพื่อให้ประจุบวกของกรดมากเพียงพอในการทำให้ประจุล้อมรอบอนุภาคยางskimกลายเป็นกลาง

ตารางที่ 4.17 ผลกระทบของแอมโมเนียมลอเรตต่อการจับตัวน้ำยางskim ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา น้ำยางสด 0 วัน

Skim Properties	Ammonium laurate in field latex	
	0.01%	0.02%
Coagulation	Coagulate	Crowd

จากตารางที่ 4.18 แนวโน้มการจับตัวของน้ำยางสกิมที่ได้จากน้ำยางสดเก็บนาน 15 วัน ยังคงไม่จับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น แม้ว่าเติมแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางสดในปริมาณปกติ คือ 0.01%w/w ซึ่งเป็นการยืนยันผลระยะเวลาการเก็บน้ำยางสด 15 วัน มีผลต่อการจับตัวของน้ำยางสกิมอีกครั้ง

ตารางที่ 4.18 ผลกระทบของแอมโมเนียมลอเรตต่อการจับตัวน้ำยางสกิม ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำยางสด 15 วัน

Skim Properties	Ammonium laurate in field latex	
	0.01%	0.02%
Coagulation feature	Not coagulate	Not coagulate

#### 4.3.3 สรุปผลการทดลอง

การเติมแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางสดและน้ำยางข้น มีผลต่อสมบัติน้ำยางข้น คือ MST และปริมาณโปรตีนละลายน้ำอย่างชัดเจน แต่ไม่มีผลกระทบต่อสมบัติอื่นๆ ดังนั้นการเลือกเติมปริมาณแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางสดหรือในน้ำยางข้มนั้น ต้องคำนึงถึงค่า MST ที่ต้องการเป็นสำคัญ และปริมาณแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางสดมีผลโดยตรงต่อการจับตัวของน้ำยางสกิม โดยปริมาณแอมโมเนียมลอเรตมากขึ้นเพิ่มเสถียรภาพในน้ำยางสกิม น้ำยางสกิมจึงจับตัวยาก และระยะเวลาเก็บน้ำยางสดนาน 15 วัน น้ำยางสกิมไม่จับตัว อาจเป็นเพราะเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น โปรตีนและฟอสโฟไลปิดที่รักษาเสถียรภาพในน้ำยางสด (Ho *et al.*, 1996) ในสภาวะที่เป็นเบส โปรตีนซึ่งมีสมบัติเป็นแอมโฟเทอริก มีสภาวะเป็นคาร์บอกซิเลตแอนไอออน (Training group of RRIM, 1982) ฟอสโฟไลปิดถูกไฮโดรไลซ์อยู่ในรูปสายโซ่โมเลกุลยาวคาร์บอกซิเลตแอนไอออน ฟอสเฟตแอนไอออน จึงเพิ่มสมบัติความเป็นคอลลอยด์ของอนุภาคยางได้มากขึ้น (Blackley, 1997) น้ำยางสกิมจึงมีเสถียรภาพมากขึ้นด้วย

#### 4.4 ศึกษาผลกระทบของปริมาณ TZ ที่ระยะเวลาเก็บรักษาน้ำยางสดต่างๆ ต่อสมบัติน้ำยางข้นและการจับตัวน้ำยางสกิม

##### 4.4.1 ศึกษาผลกระทบต่อน้ำยางสด

#### 4.4.1.1 ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (VFA No.)

สารรักษาสภาพน้ำยางร่วมกับ  $\text{NH}_3$  ที่นิยมใช้ในปัจจุบันในอุตสาหกรรมน้ำยางข้น คือ เตตระเมทิลไซบูแรมไดซัลไฟด์และซิงค์ออกไซด์ หรือ ทีเอ็มทีดี/ซิงค์ออกไซด์ (TMTD/ZnO) หรือ ทีแซด (TZ) ชาวสวนนิยมเรียกกันว่า ยาขาว มีฤทธิ์ฆ่าแบคทีเรีย (Ong, 1998) ซึ่งมีผลโดยตรงต่อปริมาณกรดไขมันระเหยได้ของน้ำยาง เนื่องจากคาร์โบไฮเดรตถูกออกซิไดซ์โดยกระบวนการเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์กลายเป็นกรดไขมันระเหยได้ จำพวกกรดอะซิติก กรดฟอร์มิก และกรดพรอพิโอนิก (Blackley, 1997) ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ของน้ำยางเป็นสมบัติน้ำยางที่สำคัญมาก ระบุในเกณฑ์ข้อกำหนดของมาตรฐาน ISO และเกณฑ์ข้อกำหนดระหว่างผู้ผลิตและผู้ลูกค้า เนื่องจากบ่งบอกคุณภาพของน้ำยางได้ว่ามีสภาพบูดเน่ามากน้อยเพียงใด หากกรดไขมันระเหยได้มีปริมาณสูง หมายถึงน้ำยางบูดเน่ามาก และยังมีผลต่อเสถียรภาพน้ำยางกรณี VFA No. สูง ในการศึกษาวิจัยนี้ศึกษาผลกระทบของปริมาณ TZ ในช่วงครอบคลุมการใช้งานจริงที่มีความเป็นไปได้ในการเติม TZ ของชาวสวน ซึ่งเดิมจากสวนยางพร้อมกับ  $\text{NH}_3$  ก่อนส่งโรงงาน คือ 0-0.080%w/w ร่วมกับ  $\text{NH}_3$  0.35%w/w ที่ระยะเวลาเก็บน้ำยางสดก่อนเซนตริฟิวส์ 0-30 วัน ค่า VFA No. ของน้ำยางสดแสดงในตารางที่ 4.19 จะเห็นว่าน้ำยางสดรักษาสภาพด้วย TZ ปริมาณมากขึ้นจาก 0-0.080%w/w VFA No. มีแนวโน้มต่ำลงตามระยะเวลาการเก็บของน้ำยางสด 0-30 วัน โดยที่เมื่อระยะเวลาเก็บน้ำยางสดเพิ่มขึ้นน้ำยางสดรักษาสภาพด้วย  $\text{NH}_3$  0.35%w/w เพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอที่จะยับยั้งการทำงานของแบคทีเรียได้ เห็นได้จากค่า VFA No. สูงขึ้นจาก 0.0521 เป็น 0.1403 และ 0.4541 เมื่อเก็บน้ำยางสด 15 และ 30 วัน ตามลำดับ ซึ่งน้ำยางสดยังไม่เสียสภาพจับเป็นก้อน แต่มีกลิ่นเหม็นเน่า ในทางปฏิบัติจึงไม่นำน้ำยางสดค่า VFA No. สูงมาก หรือบูดเน่าแล้วมาผลิตเป็นน้ำยางข้น เนื่องจากทำให้น้ำยางข้นมีคุณภาพต่ำ และจากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วย  $\text{NH}_3$  0.35%w/w ร่วมกับ TZ 0.025% มีค่า VFA No. ที่ระยะเวลาการเก็บของน้ำยางสด 15 และ 30 วัน สูงเช่นกัน โดยมีค่า 0.1002 และ 0.1069 ซึ่งเป็นน้ำยางสดมีปริมาณกรดมาก ส่งผลต่อเสถียรภาพของน้ำยาง การใช้  $\text{NH}_3$  0.35%w/w ร่วมกับ TZ 0.025% จึงเหมาะสำหรับใช้รักษาสภาพน้ำยางสด 0 วัน เท่านั้น เห็นได้จากค่า VFA No. ต่ำเพียง 0.0490 กล่าวคือ การรักษาสภาพน้ำยางสดที่เก็บนาน 15 และ 30 วัน เหมาะสมที่จะใช้  $\text{NH}_3$  0.35%w/w ร่วมกับ TZ 0.050 และ 0.080%w/w เนื่องจากน้ำยางสดมีค่า VFA No. ต่ำ โดยที่การใช้ TZ ในปริมาณมากขึ้นเหมาะสมในการรักษาสภาพน้ำยางสดที่เก็บเป็นระยะเวลานาน

ตารางที่ 4.19 ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ในน้ำยางสดที่ระยะเวลาการเก็บรักษา  
น้ำยางสด 0-30 วัน โดยรักษาสภาพด้วย TZ และ  $\text{NH}_3$  0.35%w/w

Field latex storage period (days)	Volatile fatty acid number of field latex (VFA No.)			
	TZ concentration with 0.35% $\text{NH}_3$ preservation in field latex (% w/w)			
	0	0.025	0.050	0.080
0	0.0521	0.0485	0.0490	0.0482
15	0.1403	0.1002	0.0695	0.0549
30	0.4541	0.1069	0.0742	0.0630

#### 4.4.2 ศึกษาผลกระทบต่อน้ำยางข้น

##### 4.4.2.1 ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (VFA No.)

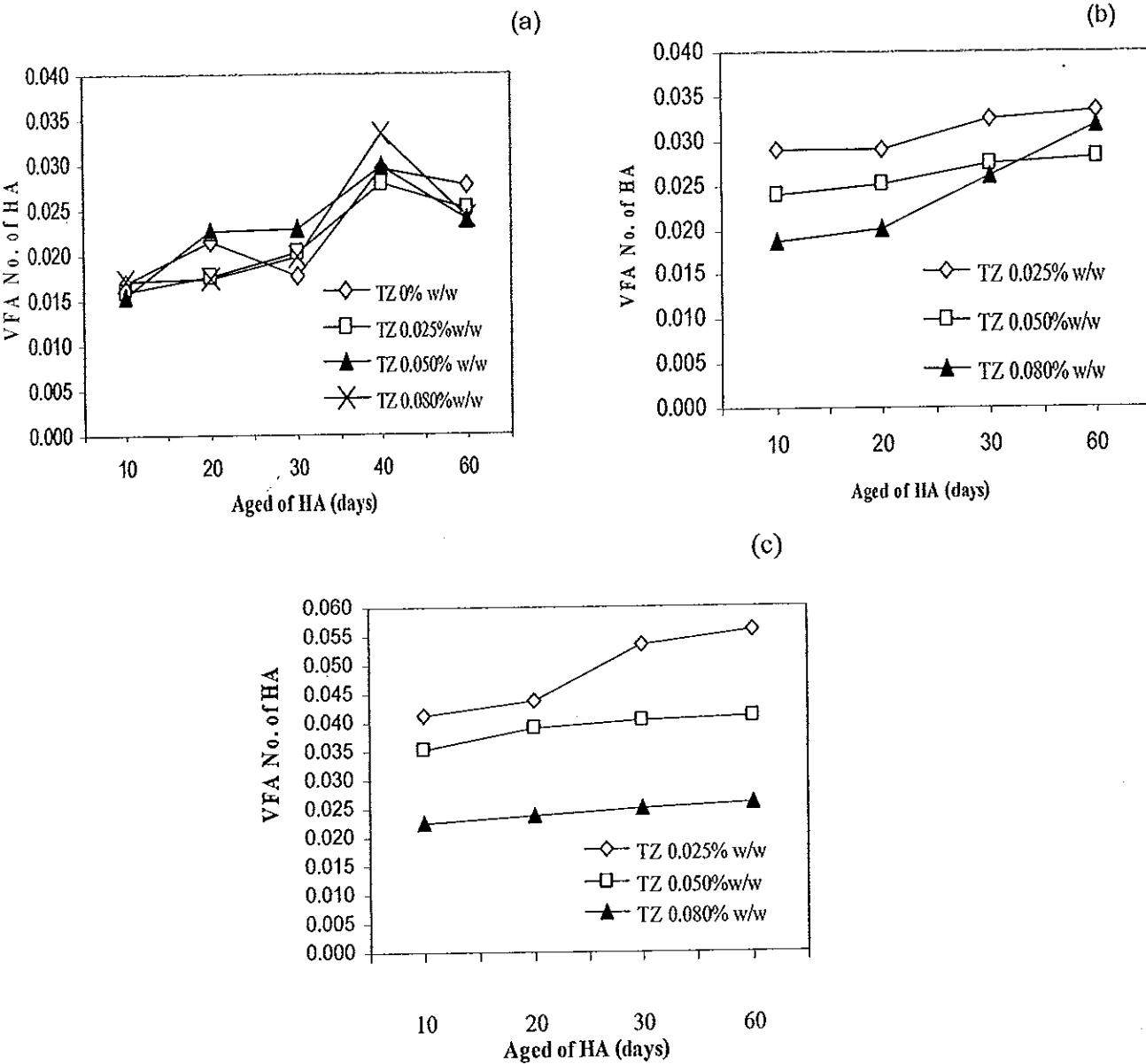
หลังจากน้ำยางสดในสภาวะรักษาสภาพด้วย  $\text{NH}_3$  0.35%w/w ร่วมกับ TZ 0-0.080%w/w ที่ถูกเก็บเป็นระยะเวลา 0 15 และ 30 วัน ถูกเซนตริฟิวส์เป็นน้ำยางข้น ค่า VFA No. ของน้ำยางข้นจากสภาวะต่างๆ แสดงในรูปที่ 4.20 (a) (b) และ (c)

จากรูป 4.20 (a) น้ำยางสดๆ ที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียและ TZ ความเข้มข้น 0 0.025 0.050 0.080%w/w เมื่อผ่านการเซนตริฟิวส์ ค่า VFA No. ของน้ำยางข้นไม่แตกต่างกัน แม้ว่าเก็บน้ำยางข้นถึง 60 วันหรือ 2 เดือน นั่นคือ น้ำยางสดๆ ไม่จำเป็นต้องใช้ TZ ในการรักษาสภาพร่วมกับแอมโมเนีย 0.35%w/w ในการผลิตน้ำยางข้น เนื่องจากน้ำยางถูกผลิตไม่เกิน 1 วัน หลังจากทิ้งไว้เพื่อตกตะกอนแมกนีเซียม แต่เมื่อน้ำยางสดเก็บนานขึ้นเป็น 15 และ 30 วัน ค่า VFA No. ของน้ำยางข้นแปรผกผันกับปริมาณ TZ ในน้ำยางสด เมื่อเติม TZ ในน้ำยางสด ปริมาณมากขึ้น ค่า VFA No. ในน้ำยางข้นต่ำลง แสดงในรูป (b) และ (c) โดยน้ำยางสดไม่เติม TZ มีค่า VFA No. สูงเกินกว่าจะผลิตน้ำยางข้นที่มีคุณภาพได้ จึงไม่นำมาเซนตริฟิวส์เป็นน้ำยางข้น และเมื่อน้ำยางสดเก็บนาน 15 วัน สภาวะเติม TZ 0.050%w/w และ 0.080%w/w ค่า VFA No. น้ำยางข้นอายุ 1 เดือน มีค่าไม่เกิน 0.025 แต่เมื่อเก็บน้ำยางสดนาน 30 วัน น้ำยางสดเติม TZ 0.080%w/w ค่า VFA No. ต่ำกว่า 0.025 ดังนั้นน้ำยางสดที่ถูกเก็บรักษานาน 15 วัน สามารถใช้ TZ 0.050%w/w รักษาสภาพน้ำยางสดจนกระทั่งน้ำยางข้นอายุ 1 เดือน แต่หากเก็บน้ำยางข้นนาน 2 เดือน ปริมาณ TZ 0.080%w/w เหมาะสมในการรักษาสภาพน้ำยางสดมากกว่า เพราะค่า VFA No. น้ำยางข้นต่ำกว่า 0.025 สำหรับน้ำยางสดเก็บนานจากสวน 30 วัน

ต้องใช้ TZ ถึง 0.080%w/w ร่วมกับ  $\text{NH}_3$  0.35%w/w ค่า VFA No. ของน้ำยาง จึงมีค่าไม่เกิน 0.025 ที่อายุน้ำยางชั้น 2 เดือน ดังนั้นในพื้นที่ที่ชาวสวนมีพฤติกรรมการเก็บน้ำยางสดก่อนนำส่งโรงงานเฉลี่ย 15 วัน การเติม TZ ในน้ำยางสดปริมาณ 0.080%w/w เป็นปริมาณที่เหมาะสมในการรักษาสภาพน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียสูงได้นานถึง 2 เดือน โดยค่า VFA No. ไม่เกิน 0.025 แต่ยังคงตรวจสอบสมบัติอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่า MST และความหนืดของน้ำยางชั้น

#### 4.4.2.2 ความเสถียรเชิงกล (MST)

TZ มีผลต่อเสถียรภาพน้ำยาง (Ong, 1998) เนื่องจากมีซิงค์ออกไซด์ไอออน ( $\text{Zn}^{2+}$ ) ซึ่งเป็นไอออนบวกทำลายเสถียรภาพไอออนลบรอบๆ อนุภาคยางได้ ปริมาณการเติม TZ ในน้ำยางสดมีผลกระทบต่อ MST ของน้ำยางชั้นแสดงในรูปที่ 4.21 (a) (b) และ (c) ในระยะเวลาการเก็บน้ำยางสด 0 15 และ 30 วัน ตามลำดับ เห็นได้ว่า ปริมาณ TZ ในน้ำยางสดมีผลต่อค่า MST ในน้ำยางชั้น โดยปริมาณ TZ มาก นั่นคือปริมาณ  $\text{Zn}^{2+}$  มาก MST ต่ำ จากรูป (a) น้ำยางชั้นที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วย TZ 0.050%w/w และ 0.080%w/w MST ต่ำกว่า 1,000 s แต่สูงกว่าเกณฑ์ 650 s ที่อายุยาง 2 เดือน จากรูป (b) น้ำยางชั้นได้จากน้ำยางสดเก็บนาน 15 วัน การเติม TZ 0.050%w/w และ 0.080%w/w มีค่า MST ไม่แตกต่างกัน และมีค่าสูงกว่าสภาวะน้ำยางสดเก็บ 0 วัน มาก โดยมีค่าช่วง 1,000-1,800 s ซึ่งเป็นผลจากระยะเวลาเก็บน้ำยางสด เนื่องจากฟอสโฟไลปิดถูกไฮโดรไลซ์เป็นสารต่างๆ เช่น คาร์บอกซิเลตแอนไอออนสายโซ่ยาว ฟอสเฟตแอนไอออน ซึ่งถูกดูดซับบนอนุภาคยาง จึงเพิ่มเสถียรภาพการเป็นคอลลอยด์ระหว่างการเก็บรักษาน้ำยาง (Blackley, 1997) ค่า MST จึงมากขึ้นเมื่อระยะเวลาเก็บน้ำยางนานขึ้น การเติม TZ 0.050%w/w ถึง 0.080%w/w จึงไม่ทำให้ค่า MST น้ำยางชั้นต่ำกว่า 650 s แต่อย่างไร แต่ในสภาวะน้ำยางสดถูกเก็บนานถึง 30 วัน การเติม TZ ในน้ำยางสด 0.050%w/w และ 0.080%w/w ทำให้ค่า MST ต่ำมากไม่ถึง 500 s แต่การเติม TZ 0.025%w/w MST สามารถเพิ่มขึ้นได้มากกว่า 1,000 s แม้ว่าค่า MST ของน้ำยางชั้นมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บน้ำยางสดที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อน้ำยางสดถูกเก็บนานถึง 30 วัน เจลเกิดมากขึ้นจากพันธะเชื่อมโยงระหว่างสายโซ่ยางตามธรรมชาติประกอบกับเกิดเจลจากพันธะไอออนิกกับซิงค์ไอออน น้ำยางชั้นจึงถูกลดเสถียรภาพมากกว่าผลจากการไฮโดรไลซ์ฟอสโฟไลปิด ค่า MST จึงต่ำ



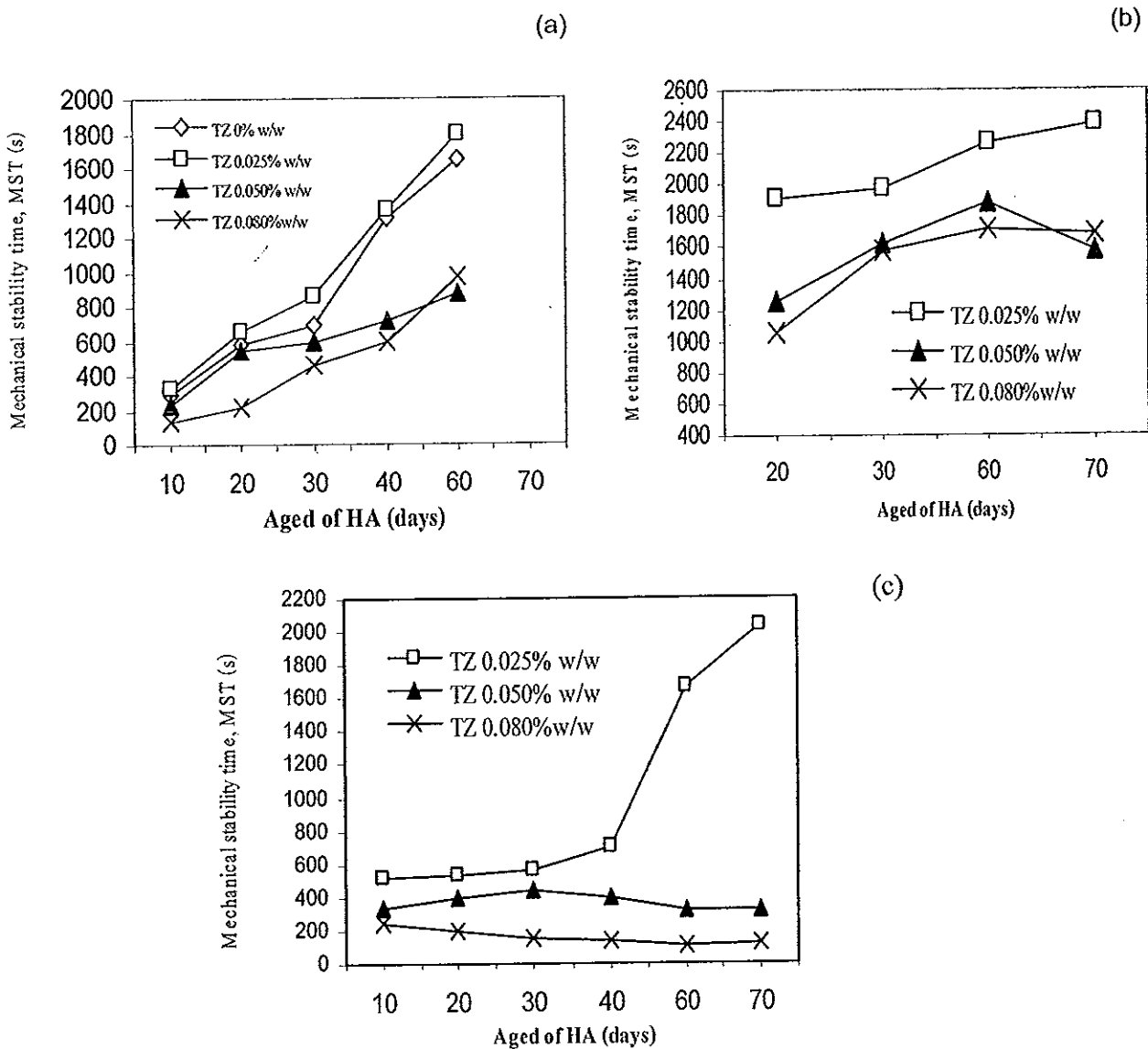
รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่าง VFA No. ของน้ำยางข้นและอายุน้ำยางข้นที่ได้จากน้ำยางสด รักษาสภาพด้วย  $\text{NH}_3$  0.35%w/w ร่วมกับ TZ ความเข้มข้นต่างๆ ที่ระยะเวลา เก็บน้ำยางสด 0-30 วัน: (a) 0 วัน (b) 15 วัน และ (c) 30 วัน

ดังนั้นหากน้ำยางสดเก็บนานถึง 30 วันควรเติม TZ เพียง 0.025%w/w แต่น้ำยางข้นมีค่า VFA No. สูงถึง 0.04 ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงน้ำยางสดเก็บนาน 30 วัน ขึ้นไป เพราะทำให้พบปัญหา สมบัติน้ำยางข้น MST ต่ำกว่า 500 s หรือ อาจแก้ไขโดยใช้ข้อมูลในข้อ 4.3 การเติมแอมโมเนียมลดกรดในน้ำยางสดหรือในน้ำยางข้นเพิ่มเติม เพื่อเพิ่มเสถียรภาพน้ำยางข้น



4.4.2.3 ความหนืด (Viscosity)

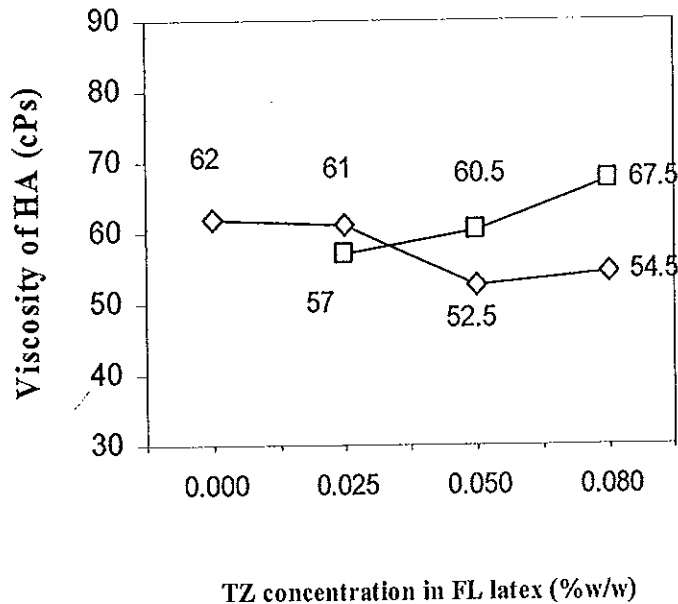
เนื่องจาก TZ มีผลกระทบต่อเสถียรภาพน้ำยางซึ่งอาจมีผลต่อความหนืดของ น้ำยางชั้น ความสัมพันธ์ของความหนืดน้ำยางชั้นและปริมาณ TZ ในน้ำยางสดที่ระยะเวลาเก็บน้ำยาง 0 วัน และ 15 วัน ในรูป 4.22 พบว่า เมื่อเก็บน้ำยางสด 0 วัน ปริมาณ TZ ไม่มีผลต่อความหนืดน้ำยางชั้น แต่เมื่อน้ำยางสดเก็บนานขึ้น เป็น 15 วัน ความหนืดน้ำยางชั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณ TZ ในน้ำยางสดจาก 57 เป็น 67 cPs เกิดจาก ไอออนของโลหะ Zn สร้างพันธะ ไอออนิกได้เพิ่มขึ้นตามปริมาณ TZ ที่มากขึ้น ระหว่างการเก็บรักษาน้ำยางสด



รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่าง MST ของน้ำยางชั้นและอายุน้ำยางชั้นที่ได้จากน้ำยางสด รักษาสภาพด้วย  $\text{NH}_3$  0.35%w/w ร่วมกับ TZ ความเข้มข้นต่างๆ ที่ระยะเวลา เก็บน้ำยางสด 0-30 วัน: (a) 0 วัน (b) 15 วัน และ (c) 30 วัน

โดยอาจเกิดจากไอออนของซิงค์และแอมโมเนียรวมตัวเป็นสารประกอบถูกดูดซับที่ผิว ของอนุภาคน้ำยาง ซึ่งจำนวนของซิงค์ที่ละลายน้ำได้จะขึ้นอยู่กับเกลือของกรดที่เกิดขึ้นตาม

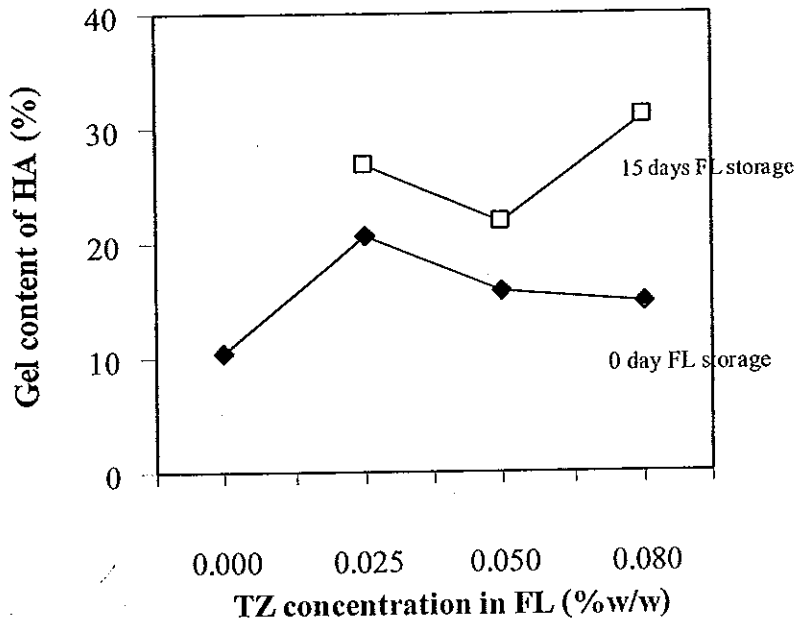
ธรรมชาติ จึงทำให้น้ำยางหนืดขึ้น (Wren W.G., 1942) ซึ่งอาจเกิดเป็นซิงค์เอมีนอะซิเตต ซึ่งเป็นสารทำลายเสถียรภาพน้ำยาง (Blackley, 1997)



รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของน้ำยางข้นและอายุน้ำยางข้นที่ได้จากน้ำยางสด รักษาสภาพด้วย  $\text{NH}_3$  0.35%w/w ร่วมกับ TZ ความเข้มข้นต่างๆ

#### 4.4.2.4 ปริมาณเจล (Gel content)

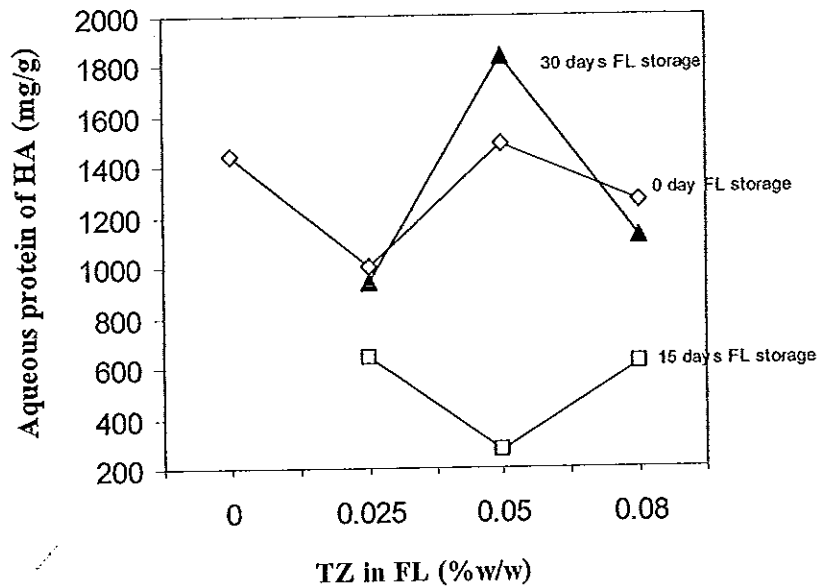
จากรูปที่ 4.23 จากน้ำยางสดเก็บ 0 วัน สภาวะไม่เติม TZ มีปริมาณเจลของน้ำยางข้นประมาณ 10% เมื่อเติม TZ ปริมาณเจลเพิ่มเป็น 15-20% แม้ว่ามีระยะเวลาเก็บน้ำยางสดเพียงสั้นๆ ก่อนเซนตริฟิวส์ เห็นได้ชัดเจนถึงผลกระทบของปริมาณเจลที่เพิ่มขึ้นจากพันธะไอออนิกโดยไอออนของโลหะ divalent และหมู่ฟังก์ชันบนสายโซ่โมเลกุลยาง (Tarachiwin, 2004) แต่ไม่มีผลต่อความหนืด (แสดงในข้อ 4.4.1.5) เมื่อระยะเวลาเก็บน้ำยางสดมากขึ้นเป็น 15 วัน ปริมาณเจลที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณ TZ และระยะเวลาเก็บน้ำยางสด ทำให้ความหนืดของน้ำยางข้นเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามปริมาณเจลที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากพันธะเชื่อมโยงระหว่างสายโซ่พอลิไอโซพรีนและอะตอมของซัลเฟอร์ในโมเลกุลของเตตระเมธิลไซยูแรมไดซัลไฟด์ด้วย (Kruger and McGill, 1992 and Coleman et al., 1973)



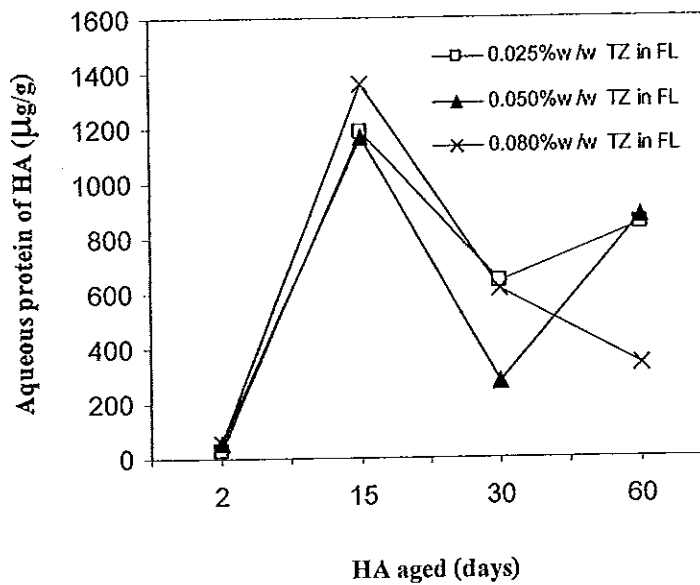
รูปที่ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเจลของน้ำยางชั้นและอายุน้ำยางชั้นที่ได้จากน้ำยางสด รักษาสภาพด้วย  $\text{NH}_3$  0.35%w/w ร่วมกับ TZ ความเข้มข้นต่างๆ

#### 4.4.2.5 ปริมาณโปรตีนละลายน้ำ (Aqueous extractable protein)

จากรูปที่ 4.24 ปริมาณ TZ ในน้ำยางสดไม่มีผลกระทบต่อปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ในน้ำยางชั้น เนื่องจากปริมาณโปรตีนไม่มีแนวโน้มชัดเจนตามปริมาณ TZ ที่เพิ่มขึ้น และระยะเวลาเก็บน้ำยางสดไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณโปรตีนละลายน้ำ แต่ระยะเวลาเก็บน้ำยางชั้นหรืออายุน้ำยางชั้น หลังจากผลิต 2 วัน ค่าปริมาณโปรตีนละลายน้ำต่ำไม่ถึง  $100 \mu\text{g/g}$  แสดงในรูป 4.25 แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไปปริมาณโปรตีนละลายน้ำเพิ่มขึ้นในทุกสภาวะการรักษาสภาพน้ำยางด้วย TZ 0.025-0.080%w/w แต่มีอัตราการเพิ่มขึ้นหรือลดลงไม่แน่นอน อธิบายได้ว่า โปรตีนถูกกำจัดออกในกระบวนการเซนตริฟิวส์จนเหลือในปริมาณน้อย และเพิ่มขึ้นได้ตามระยะเวลาที่เปลี่ยนไป อาจเกิดจากการละลายน้ำของโปรตีนบนอนุภาคยางออกมาในชั้นของเซรัมมากขึ้น แต่ไม่แปรผันตามอายุน้ำยางชั้น



รูปที่ 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ของน้ำยางชั้นอายุ 30 วัน และปริมาณ TZ ในน้ำยางสด



รูปที่ 4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนละลายน้ำได้และอายุน้ำยางชั้นที่ได้จากน้ำยางสด ระยะเวลาเก็บนาน 15 วัน รักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย 0.35%w/w ร่วมกับ TZ ความเข้มข้นต่างๆ

#### 4.4.3 ศึกษาผลกระทบต่อการจับตัวของน้ำยางสกิม

##### 4.4.3.1 ลักษณะก่อนยางสกิมและระยะเวลาการแยกชั้นยางและเซรัมหลังจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริก

จากตารางที่ 4.20 วิเคราะห์ปริมาณ Zn ในน้ำยางชั้น และน้ำยางสกิมที่ได้จากการเซนตริฟิวส์น้ำยางสด พบว่าปริมาณ Zn ที่เดิมในน้ำยางสดอยู่ในน้ำยางสกิมมากกว่าในน้ำยางชั้น เนื่องจาก Zn เป็นโลหะความถ่วงจำเพาะสูงกว่าน้ำยางชั้น จึงแยกออกมาพร้อมกับน้ำยางสกิมเป็นส่วนใหญ่

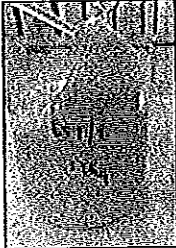
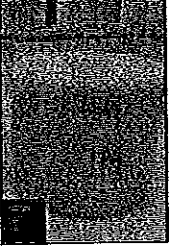
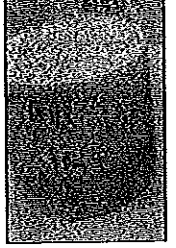
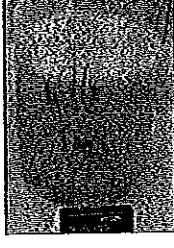
ตารางที่ 4.20 ปริมาณ Zn content ในน้ำยางสด น้ำยางชั้น และน้ำยางสกิมที่ได้จากน้ำยางสดระยะเวลาเก็บนาน 0 วัน

TZ 0.050% in FL latex condition	Zn content (ICP-AES Technique)	
	mg/l on latex	%w/w on TSC
Zn in FL latex	58.00	0.016
Zn in HA latex	28.49	0.005
Zn in Skim latex	43.88	0.088

จากตารางที่ 4.21 เป็นการตรวจสอบสมบัติของน้ำยางสกิมก่อนและหลังเติมกรดซัลฟิวริกของน้ำยางสกิมที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วย  $\text{NH}_3$  0.35%w/w และ TZ ปริมาณต่างๆ โดยตรวจสอบ TSC ปริมาณซิงค์ (Zn content) ปริมาณเถ้า (ash) ปริมาณเจล (gel content) ปริมาณฟอสเฟต (phosphate content) เพื่อสังเกตความสัมพันธ์ของการจับตัวของน้ำยางสกิม พบว่าปริมาณซิงค์ในน้ำยางสกิมตรวจสอบโดยเทคนิค Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy; ICP-AES) มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามปริมาณ TZ ที่เดิมในน้ำยางสด สอดคล้องกับค่าปริมาณเถ้า เนื่องจากมีสารอนินทรีย์โลหะหรือไอออนของซิงค์มากขึ้น แต่ไม่มีผลต่อค่าเจลของน้ำยางสกิมที่ได้จากน้ำยางสดเก็บนาน 0 วัน เนื่องจากซิงค์ไอออนยังไม่เกิดพันธะไอออนิกกับโมเลกุลยาง และได้ทำการศึกษาปริมาณฟอสเฟตในน้ำยางสกิมเพื่อสังเกตความสัมพันธ์กับการจับตัวของน้ำยางสกิม พบว่าปริมาณฟอสเฟตไม่แตกต่างกันจึงไม่ส่งผลต่อการจับตัวของน้ำยางสกิมเมื่อปริมาณ TZ ในน้ำยางสดมากขึ้น หลังจากเติมกรดซัลฟิวริก ลักษณะการจับตัวของน้ำยางสกิมในทุกสภาวะปริมาณ TZ จับตัวได้ แต่ลักษณะการจับตัวของน้ำยางสกิมที่ได้จากน้ำยางสดไม่เติม TZ ยางสกิมจับตัวเป็นก้อนใหญ่ทันที (coagulate) แต่จับตัวไม่หมดเนื่องจากน้ำเซรัมขุ่นขาวเพราะมีอนุภาคยางอยู่มากและไม่แยกชั้น

ระหว่างชั้นยางและเซรัม แต่น้ำยางสกิมที่ได้จากน้ำยางสดเติม TZ 0.025-0.080%w/w หลังเติมกรดจับตัวเป็นก้อนใหญ่ แต่ลักษณะการจับตัวเป็นกลุ่มติดกันไม่เป็นเนื้อเดียว และพบการแยกชั้นของเซรัมโดยการแยกชั้นเร็วขึ้นเมื่อปริมาณซิงค์มากขึ้น นั่นคือ TZ ที่เติมในน้ำยางสดมีผลต่อลักษณะการจับตัวของน้ำยางสกิมให้แสดงเป็นกลุ่มติดกัน ไม่เป็นก้อนใหญ่เนื้อเดียวกัน อาจเป็นเพราะซิงค์ไอออน สามารถรวบรวมอนุภาคยางเล็กๆ ให้รวมเป็นกลุ่มติดกับก้อนยางได้ ทำให้ลักษณะการจับตัวเป็นกลุ่มติดกัน

ตารางที่ 4.21 ผลกระทบของปริมาณ TZ ในน้ำยางสด ที่มีผลต่อการจับตัวของน้ำยางสกิมจากน้ำยางสดเก็บนาน 0 วัน

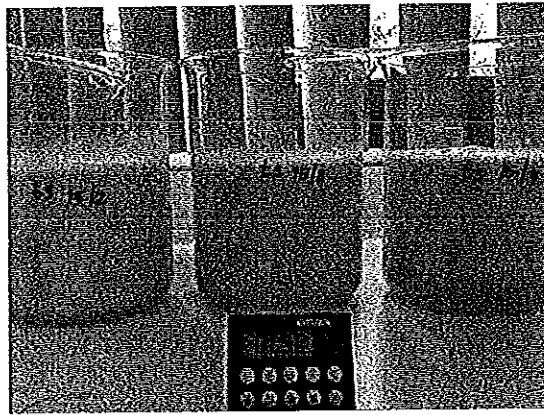
Skim latex properties	TZ in field latex (%w/w)			
	0	0.025	0.050	0.080
<u>Before sulphuric adding</u>				
TSC (%)	3.53	4.56	3.85	4.80
Zn content (ppm)	0.52	3.22	43.88	85.96
Ash (%)	0.24	0.32	0.33	0.37
Gel (%w/w)	20.38	11.48	14.44	22.68
Phosphate content (ppm)	3,762	2,686	2,867	2,741
<u>After sulphuric adding</u>				
Coagulation feature	Coagulate	Coagulate	Coagulate	Coagulate
Phase separation time	Not separate	5 min	5 min	3.4 min
				

จากตารางที่ 4.22 แสดงการจับตัวของน้ำยางสกิมที่ได้จากน้ำยางสดเก็บนาน 15 วัน พบว่าน้ำยางสกิมไม่จับตัว และระยะเวลาแยกชั้นยางและเซรัมเร็วขึ้นเมื่อปริมาณ TZ ในน้ำยางสดมากขึ้น นั่นคือ ปริมาณซิงค์ไอออนช่วยแนวโน้มนำการแยกชั้นเร็วขึ้น แต่ไม่ช่วยให้จับตัวได้ดีขึ้นในช่วงเติม TZ ในน้ำยางสด 0.025-0.080%w/w และผลของระยะเวลาเก็บน้ำยางสกิมทำให้

น้ำยางskimจับตัวยากขึ้นอีกที่ระยะเวลาเก็บนาน 30 วัน น้ำยางskimไม่แยกชั้นเมื่อเติมกรดซัลฟิวริกเพิ่มขึ้นถึง 2 เท่า ในทุกสภาวะการเติม TZ

ตารางที่ 4.22 ผลกระทบของ TZ ในน้ำยางสดต่อการจับตัวน้ำยางskim ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำยางสด 15 วัน

Skim Properties	TZ in field latex		
	0.025 %w/w	0.050 %w/w	0.080 %w/w
Coagulation feature	Not coagulate	Not coagulate	Not coagulate
Phase separation time	9 min	5.3 min	3 min



#### 4.4.4 สรุปผลการทดลอง

ปริมาณ TZ ในน้ำยางสดมีผลต่อสมบัติน้ำยางชั้นต่างๆ ได้แก่ VFA No. MST ความหนืดและเจล โดยเมื่อปริมาณ TZ มากขึ้น ค่า VFA No. MST ต่ำลง จากสมบัติการฆ่าเชื้อแบคทีเรียและความเป็นประจวบของปริมาณไอออนของโลหะ Zn ที่เพิ่มขึ้นลดเสถียรสภาพของน้ำยาง ระยะเวลาการเก็บน้ำยางสดเกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของความหนืดและเจลเมื่อปริมาณ TZ มากขึ้น เนื่องจากส่งเสริมการเกิดเจลจากพันธะไอออนิกทำให้ความหนืดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ปริมาณ TZ ที่เติมในน้ำยางสด หลังเซนตริฟิวส์ถูกแยกอยู่ในน้ำยางskimมากกว่าในน้ำยางชั้น น้ำยางskimที่ได้จากน้ำยางสดเติม TZ ตั้งแต่ 0-0.080%w/w ที่ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด 0 วัน สามารถจับตัวได้แต่ลักษณะการจับตัวต่างกัน โดยน้ำยางskimไม่มี TZ หลังเติมกรดได้ก้อนยางใหญ่เป็นเนื้อเดียว แต่เข้มข้นขุ่น ในน้ำยางskimจากน้ำยางสดเติม TZ ผลของ

Zn ในน้ำยางสกีม ทำให้ยางอนุภาคเล็กๆ ถูกรวบรวมเป็นกลุ่มติดกับก้อนยาง น้ำยางสกีมที่ได้จากน้ำยางสดเต็ม TZ 0.025-0.080%w/w ระยะเวลาเก็บนาน 15 และ 30 วัน ไม่จับตัว

#### 4.5 สรุปผลกระทบของสารเคมีและระยะเวลาเก็บน้ำยางสดที่มีต่อสมบัติของน้ำยางชั้นและการจับตัวของน้ำยางสกีม

ในการสรุปผลการทดลองส่วนที่ 4.5 เป็นการสรุปผลจากส่วนที่ 4.1-4.4 แสดงในลักษณะเปรียบเทียบผลกระทบของสารเคมีแต่ละชนิดที่มีผลต่อสมบัติของน้ำยางชั้นและการจับตัวของน้ำยางสกีมเพื่อความชัดเจนยิ่งขึ้น

##### 4.5.1 ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (VFA No.)

จากรูปที่ 4.26 แสดงการเปรียบเทียบชนิดสารเคมีในกระบวนการผลิตน้ำยางชั้นทั้ง 4 ชนิด คือ  $\text{NH}_3$  DAP แอมโมเนียมลอรเรต และ TZ ซึ่งแปรปริมาณเพิ่มขึ้น ในสภาวะน้ำยางสดเก็บนาน 15 วัน เพื่อศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่า VFA No. ของน้ำยางชั้นแอมโมเนียสูงที่อายุน้ำยางชั้น 60 วัน

ปริมาณ  $\text{NH}_3$  ในน้ำยางสด เพิ่มจาก 0.35% 0.60%w/w และ 0.80%w/w ตามลำดับ รักษาสภาพร่วมกับ TZ 0.05%w/w ค่า VFA No. มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 0.033 เป็น 0.037

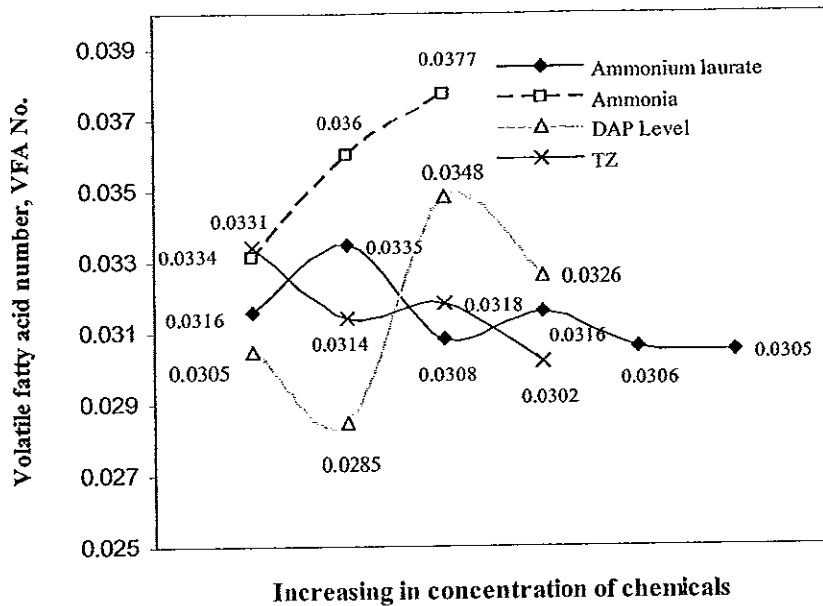
ปริมาณแอมโมเนียมลอรเรตในน้ำยางสดปริมาณ 0.01 และ 0.02%w/w ในน้ำยางชั้น 0.03-0.05%w/w ค่า VFA No. มีแนวโน้มต่ำลง แอมโมเนียมลอรเรตละลายน้ำทำให้เกิดแอมโมเนียมไอออนละลายในน้ำ เกิดเป็นแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ลักษณะเดียวกับสารละลายแอมโมเนีย และอาจเกิดจากความหนาแน่นของประจุไฟฟ้าและความต่างศักย์ อิเล็กโตรโคเนติกที่ผิวระหว่างอนุภาคยางและชั้นน้ำเพิ่มขึ้นทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้น (Blackley, 1997)

ปริมาณ TZ ที่เพิ่มขึ้นจาก 0 0.025 0.050 และ 0.080%w/w ค่า VFA No. มีแนวโน้มต่ำลง เนื่องจาก TZ เป็นสารยับยั้งการทำงานของแบคทีเรีย

ปริมาณ DAP ที่เพิ่มขึ้นไม่มีความสัมพันธ์กับ VFA No.

สารเคมีที่มีผลต่อค่า VFA No. ของน้ำยางชั้นมากที่สุดหลังเก็บน้ำยางชั้น 60 วัน คือ ปริมาณ  $\text{NH}_3$  ในน้ำยางสด ที่แสดงค่า VFA No. สูง เมื่อใช้รักษาสภาพน้ำยางสดสูงถึง 0.80%w/w





รูปที่ 4.26 ผลกระทบของปริมาณสารเคมีต่อค่า VFA No. ของน้ำยางข้น HA จากระยะเวลาเก็บน้ำยางสดเก็บ 15 วัน

#### 4.5.2 ความเสถียรเชิงกล (MST)

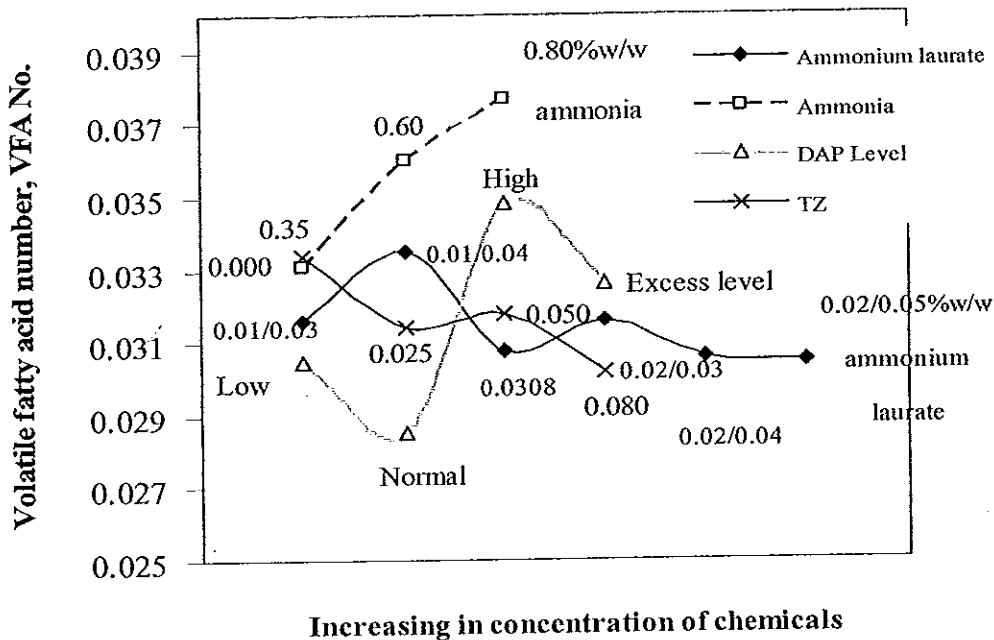
ปริมาณที่ใช้สารเคมีทุกชนิดในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นด้วยวิธีเซนตริฟิวส์มีผลต่อค่า MST ได้แก่  $\text{NH}_3$  DAP แอมโมเนียมลอเรตและ TZ แสดงในรูป 4.27

ปริมาณ  $\text{NH}_3$  มากขึ้นเป็น 0.60%w/w และ 0.80%w/w ที่ระยะเวลาเก็บน้ำยางสดนาน 15 วันขึ้นไป ค่า MST มีแนวโน้มต่ำกว่าปริมาณ  $\text{NH}_3$  0.35%w/w จากการเกิดเจลโดยพันธะไฮโดรเจนกับสายโซ่ยาง (แสดงรายละเอียดเพิ่มเติมใน 4.1.2) มีผลทำให้ค่า MST ของน้ำยางข้นลดลงมากกว่าสารเคมีชนิดอื่น โดยลดลงต่ำกว่า 1,000 s

การเติมปริมาณ DAP ต่ำเกินไป จนปริมาณแมกนีเซียม 100 ppm ทำให้ MST มีค่าต่ำ จากพันธะไอออนิกของโมเลกุลยางและไอออนของแมกนีเซียม ซึ่งเป็น divalent metal ion และปริมาณฟอสเฟตที่สูงถึง 900 ppm ไม่มีผลต่อค่า MST (แสดงรายละเอียดใน 4.2.1.2) ส่วนผลกระทบของปริมาณ DAP ที่เพิ่มขึ้นนั้น MST มีแนวโน้มลดลงเพียงเล็กน้อยจาก 1,300 ลดลงเป็น 1,080 s โดยประมาณ จึงไม่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ

แอมโมเนียมลอเรตเป็นสบู่ของกรดไขมัน สามารถเพิ่ม MST ได้โดยตรงจากการเพิ่มคาร์บอกซิเลตแอนไอออนล้อมรอบอนุภาคยาง เกิดแรงผลักกันมากขึ้น และปริมาณแอมโมเนียมลอเรตมีอิทธิพลต่อค่า MST ที่เพิ่มขึ้นของน้ำยางข้นมากที่สุด โดย MST มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 1,560 เป็น 2,500 s จากผลไอออนลบของลอเรตแอนไอออนที่ล้อมรอบอนุภาคยางมากขึ้นตามปริมาณแอมโมเนียมลอเรต

ปริมาณ TZ ในน้ำยางสดช่วงความเข้มข้น 0.025-0.080%w/w มีอิทธิพลให้ MST ลดลงรวดเร็วจากประมาณ 2,250-1,700 s เนื่องจากปริมาณซิงค์ไอออนที่มากขึ้น ลดเสถียรภาพความเป็นประจุลบคาร์บอกซิเลตแอนไอออนรอบอนุภาคยาง



รูปที่ 4.27 ผลกระทบของปริมาณสารเคมีต่อ MST ของน้ำยางชั้น HA อายุ 60 วัน จากระยะเวลาเก็บน้ำยางสดเก็บ 15 วัน

#### 4.5.3 ความหนืด (Viscosity)

ปริมาณสารเคมีในกระบวนการผลิตน้ำยางชั้น ได้แก่  $\text{NH}_3$  DAP TZ และระยะเวลาเก็บน้ำยางสดมีผลต่อความหนืดของน้ำยางชั้น โดยปริมาณและระยะเวลาเก็บมากขึ้น ความหนืดน้ำยางชั้นสูงขึ้น เนื่องจากการเกิดเจลที่มากขึ้น จากรูปที่ 4.28

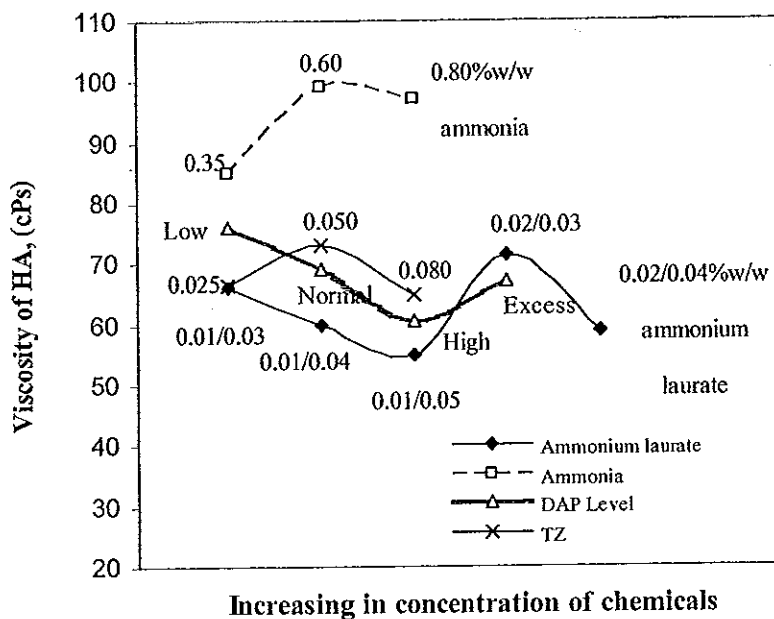
ปริมาณ  $\text{NH}_3$  มีผลต่อความหนืดของน้ำยางชั้นมากกว่าสารเคมีชนิดอื่นโดยเพิ่มขึ้นจาก 85 cPs เป็น 97 cPs เกิดจากพันธะไฮโดรเจนและพันธะไอออนิกระหว่างแอมโมเนียมไอออน ( $\text{NH}_4^+$ ) เมื่อ  $\text{NH}_3$  TZ และระยะเวลาเก็บน้ำยางสดมากขึ้น ซึ่งเกิดจากพันธะไฮโดรเจนและพันธะไอออนิกระหว่างแอมโมเนียมไอออน ( $\text{NH}_4^+$ ) กับโมเลกุลยาง

อิทธิพลของปริมาณ DAP มีแนวโน้มความหนืดต่ำลง และเพิ่มขึ้นอีกเมื่อปริมาณฟอสเฟต 900 ppm เนื่องจากปริมาณ DAP ส่งผลต่อปริมาณแมกนีเซียม ซึ่งหากปริมาณแมกนีเซียมมาก เกิดพันธะไอออนิกกับสายโซ่ยางมาก ส่งผลให้ความหนืดมากขึ้นเป็น 76 cPs จาก 69 cPs และเมื่อปริมาณฟอสเฟตสูงเกิดพันธะระหว่างหมู่ฟอสเฟตและโมเลกุลยาง

(Tarachiwin, 2004) โดยความหนืดเพิ่มจาก 60.5 cPs เป็น 67 cPs (แสดงรายละเอียดใน 4.1.1.5 4.2.1.3 และ 4.4.2.4)

ปริมาณแอมโมเนียมลอเรตเมื่อเติมเพิ่มในน้ำยางชั้นจาก 0.03-0.05% ความหนืดน้ำยางชั้นมีแนวโน้มลดลง นั่นคือสามารถลดความหนืดน้ำยางชั้นได้เมื่อเติมแอมโมเนียมลอเรตเพิ่ม แต่เมื่อเติมเพิ่มมากขึ้นอีกทั้งในน้ำยางสดและน้ำยางชั้น ความหนืดน้ำยางชั้นสูงขึ้นเล็กน้อยใกล้เคียงกับเริ่มต้น ดังนั้นการเติมแอมโมเนียมลอเรตมากเกินไป ไม่ช่วยลดความหนืดในน้ำยางชั้น

และผลกระทบจากปริมาณ TZ ความเข้มข้น 0.025-0.080%w/w ในน้ำยางสดต่อความหนืดเมื่อน้ำยางชั้นถูกเก็บนานถึง 60 วัน ไม่มีแนวโน้มชัดเจนเมื่อ TZ เพิ่มขึ้น โดยมีค่าในช่วง 65-75 cPs ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ความหนืดของน้ำยางชั้นปกติ นั่นคือ ปริมาณ TZ 0.08%w/w ในน้ำยางสด ไม่มีผลกระทบต่อความหนืดของน้ำยางชั้นแม้ว่าน้ำยางชั้นอายุถึง 2 เดือน



รูปที่ 4.28 ผลกระทบของปริมาณสารเคมีต่อ Viscosity ของน้ำยางชั้น HA อายุ 60 วัน  
จากระยะเวลาเก็บน้ำยางสดเก็บ 15 วัน

#### 4.5.4 ปริมาณเจล (Gel content)

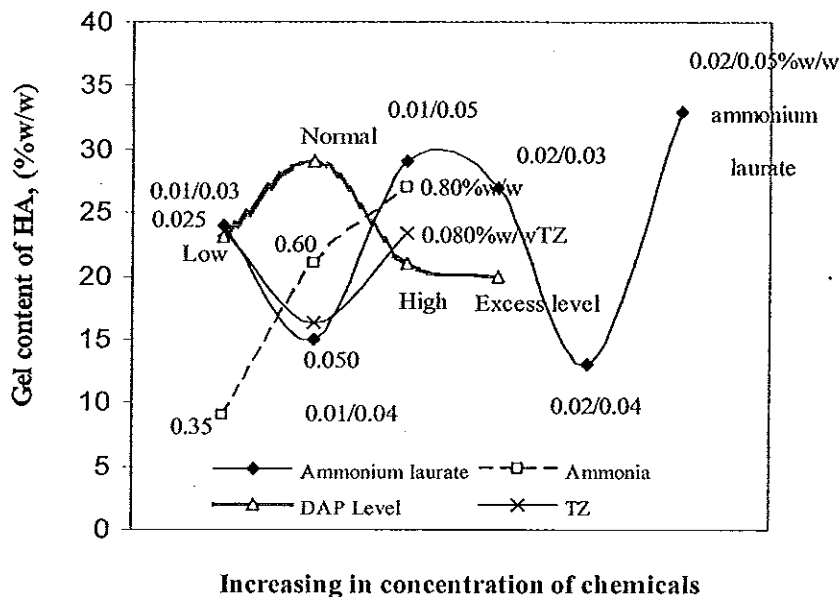
การเกิดเจลสอดคล้องกับความหนืดของน้ำยางชั้น เมื่อปริมาณ  $\text{NH}_3$  ปริมาณแมกนีเซียม ปริมาณ TZ และระยะเวลาเก็บน้ำยางสดมีผลกระทบต่อความหนืดน้ำยางชั้น จึงมีผลต่อปริมาณเจลด้วย แสดงในรูปที่ 4.29

เมื่อ  $\text{NH}_3$  มีปริมาณมากขึ้นในน้ำยางสดจาก 0.35-0.80%w/w ปริมาณเจลในน้ำยางข้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากการเกิดพันธะไฮโดรเจน โดยแสดงค่าปริมาณเจลจาก 7% เป็น 27%

ปริมาณ DAP ที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้เจลด้อยลงจากการลดปริมาณแมกนีเซียม นั่นคือ ยืนยันว่าปริมาณแมกนีเซียมส่งผลให้เกิดพันธะเชื่อมโยงซึ่งส่งผลให้เกิดเจลได้มากกว่าฟอสเฟต

ปริมาณแอมโมเนียมลอเรต และ TZ ไม่ส่งผลต่อการเกิดเจลอย่างมีนัยสำคัญเมื่อน้ำยางข้นถูกเก็บนานถึง 2 เดือน

ปัจจัยสำคัญของการเกิดเจล คือ ระยะเวลาเก็บน้ำยางนานขึ้น เกิดจากฟอสโฟไลปิดและโปรตีนถูกไฮโดรไลซ์มากขึ้นตามระยะเวลา จึงเกิดเจลผ่านฟอสโฟไลปิดและโปรตีน (แสดงรายละเอียดใน 4.1.1.6 4.2.1.4 4.3.2.3 และ 4.4.2.6)



รูปที่ 4.29 ผลกระทบของปริมาณสารเคมีต่อปริมาณเจลของน้ำยางข้น HA อายุ 60 วัน จากระยะเวลาเก็บน้ำยางสดเก็บ 15 วัน

#### 4.5.5 ปริมาณแมกนีเซียม (Mg content)

ปริมาณ DAP ระยะเวลาการเก็บของน้ำยางสดและระยะเวลาการเก็บของน้ำยางข้น มีผลต่อปริมาณแมกนีเซียม โดยเมื่อปริมาณ DAP หรือระยะเวลาเก็บน้ำยางมากขึ้น ปริมาณแมกนีเซียมลดลงจากการเกิดปฏิกิริยากับฟอสเฟตที่เติมหรือเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เกิดเป็น  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$  ตกตะกอนเป็นขี้แป้ง (แสดงรายละเอียดใน 4.1.1.2 และ 4.1.2.3)

$\text{NH}_3$  TZ และแอมโมเนียมลอเรตไม่มีผลกระทบต่อปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยาง

#### 4.5.6 ปริมาณฟอสเฟต (Phosphate content)

ปริมาณ DAP ระยะเวลาการเก็บของน้ำยางสดและระยะเวลาการเก็บของน้ำยางชั้น มีผลต่อปริมาณฟอสเฟตในน้ำยางเช่นเดียวกับปริมาณแมกนีเซียม เนื่องจากเป็นการเติมฟอสเฟตโดยตรงกรณีเติม DAP และเกิดไฮโดรไลซิสของฟอสโฟไลปิดเป็นฟอสเฟตไอออน และคาร์บอกซิเลตแอนไอออนมากขึ้นตามระยะเวลาที่มากขึ้น (แสดงรายละเอียดใน 4.1.1.3 และ 4.1.2.4)

$\text{NH}_3$  TZ และแอมโมเนียมลอเรตไม่มีผลกระทบต่อปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยาง

#### 4.5.7 ปริมาณโปรตีนละลายน้ำ (Aqueous extractable protein)

ปริมาณแอมโมเนียมลอเรต มีผลกระทบโดยตรงต่อปริมาณโปรตีนละลายน้ำในน้ำยางชั้น เนื่องจากแอมโมเนียมลอเรตเป็นสบู่ของกรดไขมัน คือ กรดลอริก ซึ่งเป็นหมู่คาร์บอกซิลเหมือนโปรตีนซึ่งประกอบด้วยคาร์บอกซิเลตไอออน และกรดอะมิโน จึงละลายโปรตีนออกจากอนุภาคยางได้ (แสดงรายละเอียดใน 4.3.1.4)

ระยะเวลาการเก็บน้ำยางสด สามารถลดโปรตีนละลายน้ำในน้ำยางชั้นได้ โดยโปรตีนรอบอนุภาคยางถูกไฮโดรไลซิสเป็นสบู่คาร์บอกซิเลตละลายออกมาในเซรัม และถูกกำจัดออกในกระบวนการเซนตริฟิวส์

#### 4.5.8 การจับตัวน้ำยางสกิม

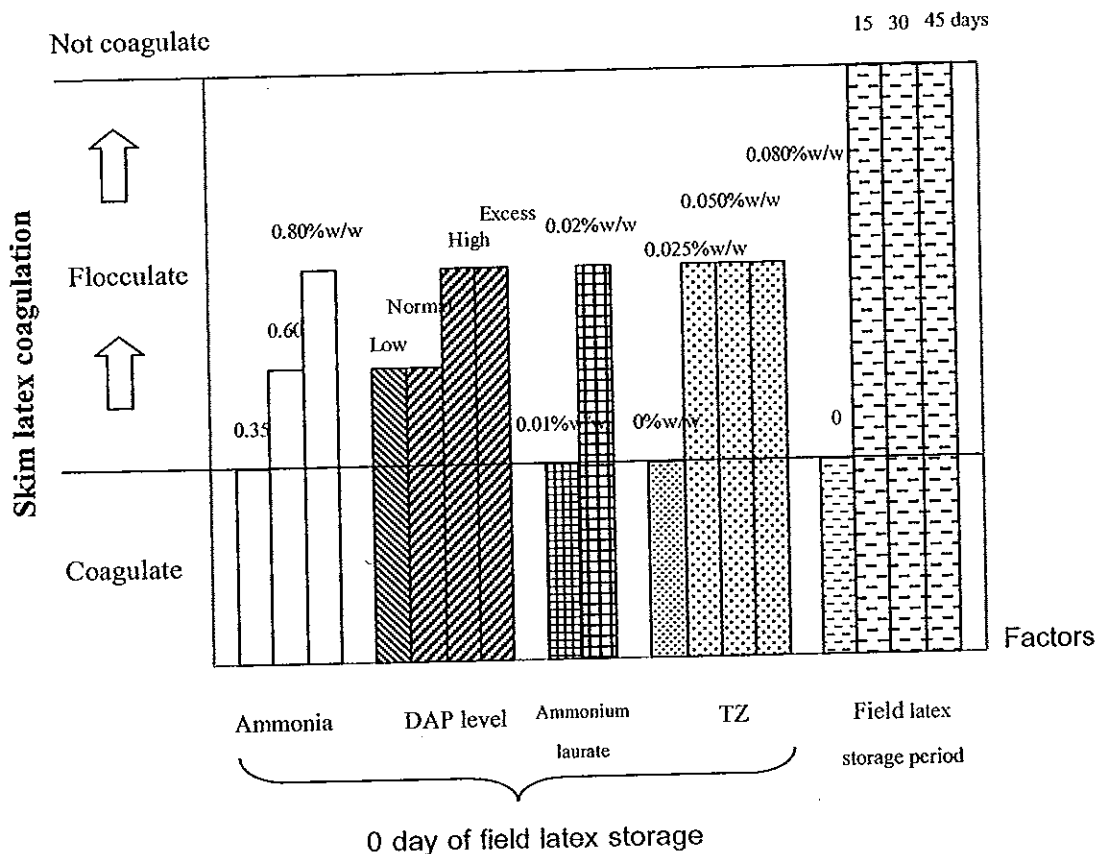
ในปัจจุบันยางสกิมบล็อกที่ผลิตได้จากน้ำยางสกิมเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีราคาดีและเป็นที่ต้องการของลูกค้า เนื้อยางในน้ำยางสกิมถูกรวบรวมด้วยการใช้กรดซัลฟิวริกเข้มข้นจับตัวจากการทำลายประจุของคอลลอยด์ เมื่อน้ำยางสกิมจับตัวยากจะเกิดการสูญเสียเนื้อยางเป็นยางเกรดต่ำหรือสูญเสียไปในระบบบำบัด ปัญหา น้ำยางสกิมไม่จับตัวถูกพบบ่อยขึ้น การศึกษาสาเหตุจากปริมาณสารเคมีและระยะเวลาเก็บน้ำยางสด ซึ่งศึกษาในส่วนของ 4.1.3 4.2.2 4.3.2 4.4.2 แสดงในรูปที่ 4.30 โดยแสดงผลกระทบของ  $\text{NH}_3$  ในน้ำยางสด 0.35-0.80%w/w ในน้ำยางสด ปริมาณ DAP ในน้ำยางสดระดับต่ำ ปกติ สูง และมากเกินไป ปริมาณแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางสดความเข้มข้น 0.01 และ 0.02%w/w ปริมาณ TZ ในน้ำยางสดจาก 0 0.025 0.050 และ 0.080%w/w และระยะเวลาเก็บน้ำยางสดจาก 0 ถึง 45 วัน โดยแสดงเป็นกราฟแบ่งระดับการจับตัวน้ำยางสกิมจากน้ำยางสกิมจับตัวปกติ (coagulate) เป็นจับตัวยาก (floculate) จนถึงระดับไม่จับตัว (not coagulate)

เมื่อปริมาณ  $NH_3$  เพิ่มขึ้น น้ำยางสกิมจับตัวยากขึ้น เนื่องจากต้องใช้ปริมาณกรดมากขึ้นในการปรับ pH ของน้ำยางให้ต่ำประมาณ 4-4.5 (เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี, 2541) (แสดงรายละเอียดเพิ่มเติมใน 4.1.3)

การเติมปริมาณ DAP ในระดับสูงจนถึงมากเกินไปในน้ำยางสดจนน้ำยางข้นไม่ สามารถวัดปริมาณแมกนีเซียมได้และมีปริมาณฟอสเฟตประมาณ 400 ppm ขึ้นไป หรือมี ปริมาณฟอสเฟตในน้ำยางสกิมประมาณ 8,000 ppm ทำให้น้ำยางสกิมจับตัวยากขึ้นเป็น flocculate (แสดงรายละเอียดใน 4.2.2)

ปริมาณแอมโมเนียมลอเรต เป็นการเพิ่มเสถียรภาพอนุภาคยางโดยสบู่ของกรด ไขมันโดยตรง น้ำยางสกิมจึงจับตัวยากขึ้นเป็น flocculate เมื่อปริมาณแอมโมเนียมลอเรตมาก ขึ้น (แสดงรายละเอียดใน 4.3.2)

ปริมาณ TZ มีผลทำให้น้ำยางสกิม เนื่องจากเมื่อไม่มี TZ ในน้ำยางสด น้ำยาง สกิมจับตัวเป็นก้อน แต่เข้มข้นไม่ใส (แสดงรายละเอียดใน 4.4.2) แต่เมื่อปริมาณ TZ มากขึ้น น้ำยางสกิมจับตัวเป็น flocculate แต่รวบรวมยางเล็กๆ ได้มากขึ้นเนื่องจากเข้มข้นกว่าไม่มี TZ



รูปที่ 4.30 ผลกระทบของปริมาณสารเคมีและระยะเวลาเก็บน้ำยางสดต่อการจับตัวของน้ำยางสกิม

ปัจจัยที่มีผลต่อการไม่จับตัวของน้ำยางสกิมอย่างมีนัยสำคัญ คือ ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด น้ำยางสกิมที่ได้จากน้ำยางสดเก็บ 0 วัน สามารถจับตัวได้ แต่เห็นได้ชัดว่าน้ำยางสกิมที่ได้จากเมื่อน้ำยางสดเก็บนาน 15 30 และ 45 วัน น้ำยางสกิมไม่จับตัว เนื่องจากฟอสโฟไลปิดและโปรตีนบนอนุภาคยางถูกไฮโดรไลซ์เป็นคาร์บอกซีเลตแอนไอออนและฟอสเฟตไอออนมากขึ้นเมื่อระยะเวลาเก็บน้ำยางสดนานขึ้น ซึ่งความเป็นประจุลบ ทำให้เกิดแรงผลักกันสามารถเพิ่มเสถียรภาพน้ำยางได้เป็นอย่างดี น้ำยางสกิมจึงไม่จับตัวเมื่อระยะเวลาเก็บน้ำยางสดนานขึ้น

#### 4.6 ศึกษาปัจจัยและการแก้ไขปัญหาน้ำยางสกิมไม่จับตัว

##### 4.6.1 ศึกษาปัจจัยด้านสารเคมีที่มีผลต่อการจับตัวของน้ำยางสกิม

ปัญหาการไม่จับตัวของน้ำยางสกิมเป็นปัญหาที่พบเป็นประจำทุกปีของบริษัทไทยรับเบอร์ลาเท็กซ์คอร์ปอเรชั่น (ประเทศไทย) จำกัด มหาชน ปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลกระทบต่อ การจับตัวของน้ำยางสกิม ได้แก่ ปริมาณสารเคมีในการผลิตน้ำยางข้น ระยะเวลาการเก็บน้ำยางสด ระยะเวลาเก็บน้ำยางสกิม ฤดูกาล และปริมาณไนโตรเจน จึงศึกษาวิจัยถึงสาเหตุในบางปัจจัย

##### 4.6.1.1 ศึกษาผลกระทบของปริมาณ $\text{NH}_3$ และระยะเวลาเก็บน้ำยางสดต่อ Nitrogen content และ Zeta potential ของน้ำยางสกิม

จากตารางที่ 4.23 น้ำยางสกิมที่สามารถจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกในปริมาณกรดปกติได้ มีเพียงน้ำยางสกิมจากน้ำยางสดเก็บ 0 วัน รักษาสภาพน้ำยางสดด้วย  $\text{NH}_3$  0.35%w/w และ 0.60%w/w เท่านั้น ในสภาวะอื่นนั้น น้ำยางสกิมไม่สามารถจับตัวได้ในสภาวะปกติ และเมื่อสังเกตความสัมพันธ์ระหว่างการจับตัวของน้ำยางสกิม ปริมาณไนโตรเจน (Nitrogen content) และ Zeta potential โดยทดสอบปริมาณไนโตรเจนจากน้ำยางสกิมที่ถูกจับตัวด้วยกรดแล้วอบแห้ง และทดสอบ Zeta potential ของน้ำยางสกิม เห็นได้ว่าน้ำยางสกิมที่จับตัวได้ปกติมีปริมาณไนโตรเจน 3% และ 5% โดยน้ำหนัก และน้ำยางสกิมจับตัวยากมีปริมาณไนโตรเจนช่วง 2.7-7.8% ซึ่งเห็นความสัมพันธ์ไม่ชัดเจนนัก และไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนกับระยะเวลาเก็บน้ำยางสด จึงระบุชัดเจนไม่ได้ว่าน้ำยางสกิมหากทำให้มีปริมาณไนโตรเจนต่ำลงประมาณ 3-5% สามารถจับตัวได้

ค่า Zeta potential ซึ่งแสดงความเป็นประจุรอบอนุภาคยาง ในช่วงแรกของการทดสอบตัวอย่างใช้น้ำ deionized ในการเจือจางตัวอย่าง สังเกตได้ว่า ค่าประจุน้อยลง ซึ่งตรงกันข้ามกับ

การจับตัวยากขึ้นของน้ำยางสกิม จึงใช้บัฟเฟอร์ในการเจือจางตัวอย่าง เพื่อลดประจุของแอมโมเนียมไอออนจากปริมาณ  $\text{NH}_3$  ที่ไม่เท่ากันของน้ำยางสกิม แต่ผลการทดสอบแสดงเป็นแนวโน้มเดียวกัน แต่มีค่าความเป็นประจุน้อยกว่า จากผลการทดลอง ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างค่า zeta potential ของน้ำยางสกิมกับระยะเวลาการเก็บน้ำยางสด และการจับตัวของน้ำยางสกิม และเมื่อน้ำยางสกิมเก็บนานขึ้นหรืออายุน้ำยางสกิมนานขึ้น จับตัวยากขึ้น แต่ผลค่า Zeta potential ของน้ำยางสกิม 10 วัน และ 18 วัน มีค่าไม่แตกต่างกันนัก ดังตารางที่ 4.24 ดังนั้นเป็นไปได้ว่า น้ำยางสกิมจับตัวยากหรือไม่จับตัว จากปริมาณ  $\text{NH}_3$  และระยะเวลาการเก็บของน้ำยางสด ไม่ใช่ผลของประจุที่มากขึ้นของน้ำยางสกิม

ตารางที่ 4.23 สมบัติน้ำยางสกิมและการจับตัวของน้ำยางสกิมอายุ 10 วัน จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วย  $\text{NH}_3$  ความเข้มข้น 0.35%-0.80%w/w ที่ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด 0-45 วัน

Field latex storage (day)	$\text{NH}_3$ of field latex (%)	$\text{NH}_3$ of skim latex (%)	Skim coagulation feature	Nitrogen content (%)	Zeta potential (mV)	
					Dilute with DI water	Dilute with buffer
0	0.35	0.18	Coagulate	4.99	-59.3	-
	0.60	0.20	Coagulate	3.97	-48.6	-
	0.80	0.42	Not coagulate	2.68	-39.6	-
15	0.35	0.19	Not coagulate	-	-47.9	-
	0.60	0.33	Not coagulate	7.77	-51.7	-
	0.80	0.70	Not coagulate	4.67	-45.4	-
30	0.35	0.14	Not coagulate	4.76	-56.1	-35.9
	0.60	0.17	Not coagulate	3.84	-50.5	-31.9
	0.80	0.30	Not coagulate	5.14	-64.7	-39.7
45	0.35	0.17	Not coagulate	4.85	-50.4	-31.9
	0.60	0.22	Not coagulate	5.36	-44.9	-28.0
	0.80	0.43	Not coagulate	3.74	-50.5	-30.3



ตารางที่ 4.24 การเปรียบเทียบค่า Zeta potential ของน้ำยางskimอายุ 10 และ 18 วัน  
ผลิตจากน้ำยางสดเก็บนาน 0 วัน

Ammonia concentration preserved in field latex (%)	Zeta potential (mV) of skim latex (Dilute with DI water)	
	10 days skim latex age	18 days skim latex age
	0.35	-59.3
0.60	-48.6	-45.2
0.80	-39.6	-41.4

ในตารางที่ 4.25 เป็นการศึกษาเพิ่มเติมของระยะเวลาเก็บน้ำยางskimหรืออายุ  
น้ำยางskimที่มีผลต่อการจับตัวของน้ำยางskim โดยศึกษาสมบัติอื่นๆ เพิ่มเติม ได้แก่ ปริมาณ  
ของแข็งทั้งหมด (TSC) ปริมาณฟอสเฟต (Phosphate content) ปริมาณเจล (Gel content)  
เพื่อสังเกตความสัมพันธ์กับการจับตัวของน้ำยางskimเมื่อระยะเวลาเก็บน้ำยางskimมากขึ้น โดย  
วัตถุประสงค์เป็นน้ำยางskimจากกระบวนการผลิตในโรงงาน พบว่า TSC และปริมาณฟอสเฟต ไม่มี  
ความสัมพันธ์กับการจับตัวมากขึ้นของน้ำยางskimที่เป็นผลจากระยะเวลาเก็บน้ำยางskim แต่  
เห็นได้ชัดเจนว่าปริมาณเจลมีแนวโน้มเกี่ยวกับการจับตัวมากขึ้นของน้ำยางskim เมื่อปริมาณเจล  
42% น้ำยางskimจับตัวได้ที่ปริมาณกรดซัลฟิวริก 0.65% โดยน้ำหนัก แต่เมื่อเก็บน้ำยาง 1 วัน  
ปริมาณเจลเพิ่มเป็น 64% ซึ่งน้ำยางskimเริ่มจับตัวมากขึ้นและเมื่อเก็บน้ำยางskim 3 วันขึ้นไป  
น้ำยางskimจะไม่จับตัว จึงทำการเติมกรดซัลฟิวริกเพิ่ม ส่งผลให้น้ำยางskimรวมตัวเป็นเม็ดเล็ก  
แต่ไม่จับตัว โดยปริมาณเจลเพิ่มเป็น 71-73% จากผลการทดลองข้างต้นพบว่า การเกิดเจลมี  
ความสัมพันธ์โดยตรงกับความหนืด เนื่องจากสายโซ่ยางเกิดพันธะเชื่อมโยงกันด้วยพันธะ  
ไอออนิกหรือพันธะไฮโดรเจนส่งผลให้น้ำยางหนืดขึ้น แต่เจลที่เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาเก็บน้ำยาง  
skimนานขึ้นกลับทำให้น้ำยางskimไม่จับตัว คาดว่าเจลที่เกิดขึ้นเป็นเจลที่เกิดจากส่วนที่ไม่ใช่ยาง  
ที่มีมากกว่าเนื้อยางในน้ำยางskim เกิดพันธะเชื่อมโยงระหว่างกันเอง ดังนั้นการลดปริมาณส่วน  
ที่ไม่ใช่ยางใน น้ำยางskim การตัดพันธะเชื่อมโยง หรือการขัดขวางการเกิดพันธะเชื่อมโยง อาจ  
ทำให้น้ำยางskimสามารถจับตัวได้แม้เก็บน้ำยางskimเป็นระยะเวลานาน ซึ่งสอดคล้องกับงาน  
วิจัยอื่นๆ เกี่ยวกับการลดโปรตีนในน้ำยางskimด้วยเอ็นไซม์หรือไซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งทำให้  
การจับตัวของน้ำยางskimได้ดีขึ้น เนื่องจากเป็นการลดส่วนที่ไม่ใช่ยางประเภทโปรตีน และทำ  
ให้น้ำยางskimจับตัวได้ดีขึ้น ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่า โปรตีนในน้ำยางskimเกิดพันธะเชื่อมโยง  
ระหว่างกัน ทำให้เกิดเจลมากขึ้นตามระยะเวลาที่มากขึ้น ส่งผลให้น้ำยางskimไม่จับตัว

ตารางที่ 4.25 ผลกระทบของระยะเวลาเก็บน้ำยางskimที่มีผลต่อการจับตัวของน้ำยางskim

Skim properties	Skim storage period (days)					
	0	1	3	5	7	10
TSC (%)	6.81	7.32	6.72	6.84		
Phosphate content	3,641	3,290	2,632	3,644		
Gel content (%)	41.92	64.45	70.79	72.62		
Acid amount (%)	0.65	0.65	0.65	0.70	0.65	0.70
Coagulation feature	Flocculate	Flocculate	Not	Fine	Not	Fine
Phase separation time	24 s	130 s	-	4 min	-	4 min

#### 4.6.2 การแก้ไขปัญหาน้ำยางskimไม่จับตัว

จากการศึกษาข้างต้นในส่วนที่ 4.1-4.4 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการไม่จับตัวของน้ำยางskim คือ ปริมาณ  $\text{NH}_3$  ปริมาณแอมโมเนียมลอเรต ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด และระยะเวลาเก็บน้ำยางskim ซึ่งผลกระทบของปริมาณสารเคมี และระยะเวลาเก็บน้ำยางskimเป็นปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ แต่ปัจจัยระยะเวลาการเก็บน้ำยางสด โรงงานน้ำยางข้นไม่สามารถควบคุมได้เนื่องจากเป็นพฤติกรรมการเก็บน้ำยางของชาวสวน และสาเหตุหนึ่งของการไม่จับตัวของน้ำยางskim คือ การเกิดเจลระหว่างโปรตีนในน้ำยางskim มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องศึกษาโดยวิธีการใช้เอ็นไซม์และโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการลดโปรตีนในยางskim มีข้อดีคือ สามารถลดโปรตีนได้ต่ำ น้ำยางskimจึงจับตัวได้ แต่ข้อเสียคือ ต้องใช้เวลาในการทำปฏิกิริยานานมากกว่า 2 วัน หรือใช้อุณหภูมิสูงกรณีใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (ไพโรจน์ กลิ่นพิทักษ์, 2538, พงศ์เพชรศิริอนันต์, 2540, เอกสิษฐ์ อนันต์เจริญวงศ์, 2541, ฤทธิรงค์ จุฬามาศย์, 2541 และ ศิริศักดิ์ สุขสุจริตพร, 2543) ซึ่งการแก้ไขปัญหาการไม่จับตัวของน้ำยางskimในระดับอุตสาหกรรม ต้องคำนึงถึงต้นทุน ความรวดเร็วเนื่องจากต้องผลิตต่อเนื่อง และสามารถใช้งานได้จริงในระดับอุตสาหกรรมเป็นหลัก ซึ่งหลักการทางกายภาพในการทำลายเสถียรภาพคอลลอยด์ เป็นลักษณะการใช้พลังงานมาก เช่น การต้ม การแช่แข็ง การกวนความเร็วรอบสูง เป็นวิธีที่มีต้นทุนการดำเนินการสูง หลักการทางเคมีจึงมีความเป็นไปได้ด้านต้นทุนมากกว่าในการใช้แก้ไขการไม่จับตัวของน้ำยางskim แบ่งเป็นประเภทสารเคมี ดังนี้ (Blackley, 1997)

1. กรด
2. สารอเล็กโตรไลต์ละลายน้ำ โดยเฉพาะเกลือของแคลเซียมไดวาเลนต์ และ

trivalent

3. สารอินทรีย์ไม่ชอบน้ำ
4. สารอินทรีย์ชอบน้ำ
5. สารประจุบวกแอกทีฟที่ผิว
6. พอลิเมอร์ละลายน้ำได้

สารเคมีกลุ่มที่ 1 นิยมใช้จับตัวน้ำยางสกิมในสภาวะปกติ กลุ่มที่ 3 4 และ 5 ไม่เหมาะสมในเชิงอุตสาหกรรมเนื่องจากข้อจำกัดด้านราคา และไม่ใช้สารเคมีจัดหาได้ทั่วไป ดังนั้นในการศึกษาถัดไปเป็นการศึกษาการจับตัวน้ำยางสกิมด้วยสารเคมีกลุ่มที่ 2 ประเภทเกลือ และกลุ่มที่ 6 พอลิเมอร์ชนิดต่างๆ และเอ็นไซม์ เพื่อทำลายความเป็นคอลลอยด์ของยางสกิม โดยคำนึงถึงความสามารถจับตัวได้ทันที ไม่ต้องใช้เวลานาน ใช้งานง่าย ไม่ยุ่งยาก และราคายอมรับได้ ซึ่งข้อเสียอาจได้ยางสกิมที่จับตัวกันไม่แน่นนัก จากหลักการทำงานของสารทั้ง 2 กลุ่ม โดยใช้ร่วมกับสารกลุ่มที่ 1 คือ กรดซัลฟิวริก

#### 4.6.2.1 ผลกระทบของสารจับตัวน้ำยางสกิมชนิดต่าง ๆ

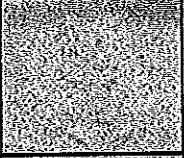
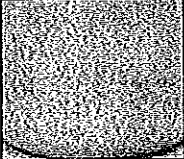
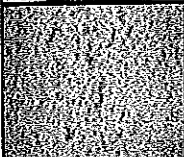
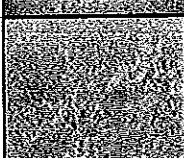
##### 4.6.2.1.1 ชนิดของสารช่วยจับตัว

1. เกลือ เกรดอุตสาหกรรม เช่น แคลเซียมไนเตรต แคลเซียมคาร์บอเนต แคลเซียมไฮดรอกไซด์
2. สารช่วยจับตัว (coagulant) เช่น สารส้ม เพอร์สซัลเฟต
3. พอลิเมอร์ชนิด พอลิอะคริลาไมด์ และพอลิเอมีน
4. เอ็นไซม์ปาเปนในยางมะละกอ

##### 4.6.2.1.2 การระบุระดับของลักษณะการจับตัวของสกิม

เนื่องจากยางสกิมที่จับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกและสารร่วมในการช่วยจับตัว ไม่มีเกณฑ์การทดสอบที่ระบุเป็นตัวเลขได้ จึงกำหนดการประเมินลักษณะยางสกิมที่จับตัวเป็นระดับต่างๆ ตามเกณฑ์การปฏิบัติงานของหน่วยผลิตสกิมของบริษัทไทยรับเบอร์ ลาคัทซ์คอร์ปอเรชั่น (ประเทศไทย) จำกัด มหาชน ดังตารางที่ 4.26 แสดงระดับการจับตัวของน้ำยางสกิมหลังเติมกรดซัลฟิวริก เรียงจากการจับตัวไม่ได้จนถึงจับตัวได้ ดังนี้

ตารางที่ 4.26 การกำหนดระดับลักษณะการจับตัวของสกิม

Coagulation Level	Coagulation evaluation	Coagulation feature	Feature	
1	Not coagulate	Pulpy skim coagulum		Not coagulate  ↓  Coagulate
2	Flocculate	Big and crumble skim coagulum		
3	Crowd	Crowd skim coagulum		
4	Coagulate	Packed tight skim coagulum		

ระดับ 1 น้ายางสกิมไม่จับตัว (No coagulation) สกิมมีลักษณะเม็ดละเอียดและคล้ายแป้ง

ระดับ 2 จับตัวดีขึ้น (Flocculate) สกิมจับเป็นกลุ่ม เม็ดร่วน

ระดับ 3 จับตัวแน่นขึ้น (Crowd) สกิมจับเป็นกลุ่มเม็ดใหญ่ขึ้น จับตัวแน่นและเหนียวขึ้น

ระดับ 4 จับตัวดี (Coagulate) สกิมจับตัวเป็นก้อนใหญ่ แน่น เหนียวติดกันเมื่อตักขึ้น

#### 4.6.2.1.3 ผลกระทบของเกลือและสารช่วยจับตัวต่อการจับตัวของน้ายางสกิม

ศึกษาสมบัติพื้นฐานของเกลือที่มีประจุ 2+ กลุ่มแคลเซียมไอออน ซึ่งเป็นสารเคมีช่วยจับตัวโดยการลดความหนาของชั้นประจุที่ล้อมรอบอนุภาคยางได้ดี ราคาถูก และใช้ทั่วไปในอุตสาหกรรมน้ำประปา หรือน้ำบาดาล

ตารางที่ 4.27 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลายเกลือและสารช่วยจับตัวความเข้มข้น 10% ความเป็นกรดต่างของเกลือแคลเซียม มีสมบัติเป็นเบส รวมถึงโซเดียมไฮดรอกไซด์ ส่วนสารช่วยจับตัว ได้แก่ สารส้มและเฟอร์รัสซัลเฟตมีฤทธิ์เป็นกรด ดังนั้น

คาดว่าสารที่มีฤทธิ์เป็นกรดใช้ปริมาณน้อยกว่ามีฤทธิ์เป็นเบส เนื่องจากสมบัติความเป็นกรดช่วยจับตัวน้ำยางสกิม

ตารางที่ 4.27 ความเป็นกรดต่างของเกลือและสารช่วยจับตัวชนิดต่าง ๆ

Type	Chemicals	pH of 10% solution
Salt	CaCO <sub>3</sub>	9.5
	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	8.3
	Ca(OH) <sub>2</sub>	11
Coagulant	Al(SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	3.0
	FeSO <sub>4</sub>	3.2
	NaOH	11.5

ทำการทดลองโดยใช้น้ำยางสกิม 200 g ในบีกเกอร์ กวนด้วยเครื่องกวนแมกเนติก เติมเกลือและหรือสารช่วยจับตัวร่วมกับกรดซัลฟิวริกเข้มข้น เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของชนิดและปริมาณสารเคมีที่ใช้ร่วมกับกรดซัลฟิวริก โดยประเมินจากขนาดของก้อนยาง ระยะเวลาการแยกชั้นยางและเซรัม และลักษณะความแน่นของก้อนยาง โดยสภาวะที่น้ำยางสกิมจับตัวได้ดีที่สุด คือ ก้อนยางใหญ่ จับตัวกันแน่น และแยกชั้นเร็ว ในราคาต้นทุนที่ใช้ได้จริงในระดับอุตสาหกรรม

จากตารางที่ 4.28 แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO<sub>3</sub>), แคลเซียมไนเตรต (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>), เฟอรัสซัลเฟต (FeSO<sub>4</sub>), โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และสารส้ม (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>) เป็นสารร่วมจับตัวที่มีประสิทธิภาพ โดยทำให้น้ำยางสกิมที่ไม่จับตัวเมื่อเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นเพียงอย่างเดียว กลายเป็นจับตัวได้ก้อนยางหลวม แต่อย่างไรก็ตามลักษณะยางสกิมที่ต้องการหลังใช้สารช่วยจับตัว เป้าหมายเป็นยางสกิมก้อนใหญ่แน่น (coagulate) ในลักษณะการจับตัวยางสกิมระดับ 4 หรือเหนียวติดกัน (Crowd) หรือในระดับ 3 ดังนั้นจึงศึกษาการใช้พอลิเมอร์ร่วมกับสารช่วยจับตัวและกรดซัลฟิวริกต่อไป

ตารางที่ 4.28 ลักษณะการจับตัวของน้ำยางสกิมเมื่อจับตัวด้วยเกลือหรือสารช่วยจับตัวร่วมกับกรดซัลฟิวริก

Code of salt	Acid	Salt conc. (%)	Coagulation feature		Coagulation level
			Feature of skim lump	Phase separation time	
-	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	Not coagulate	1 min 45 s	1
CaCO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.2	Flocculate	immediately	2
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.2	Flocculate	immediately	2
Ca(OH) <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.2	Not coagulate	40 s	1
NaOH	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.2	Flocculate	30 s	2
Ferrous sulphate	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.05	Flocculate	30 s	2
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.05	Flocculate	30 s	2

#### 4.6.2.1.4 ผลกระทบของพอลิเมอร์ต่อการจับตัวของน้ำยางสกิม

จากตารางที่ 4.29 สารพอลิเมอร์ชนิดพอลิอะคริลาไมด์ (Poly acrylamide polymer) ใช้สัญลักษณ์เป็น PAA ร่วมจับตัวกับกรด ให้ลักษณะการจับตัวยางสกิมได้ก้อนยางก้อนใหญ่ เป็นกลุ่มหลวมๆ (ระดับ 2) โดยใช้สารปริมาณน้อยมากเพียง 0.0004%w/w ร่วมกับกรดซัลฟิวริก มีการศึกษาวิจัยใช้สารช่วยจับตัวอื่นๆ ร่วมกับกรด เช่น เลซิธิน (ไซยะ คงมณี, 2540) แคลเซียมคลอไรด์และโซเดียมซิลิโคฟลูออไรด์ เอ็นไซม์ออกพติกคลิน (พงศ์เพชร สิริอนันต์, 2540) สารละลายโคเอตและสารละลายสบู่โซเดียมไดออกทิลซัลโฟซัคซิเนตเข้มข้น 10% (จรัญ พุ่มนง, 2537) ไฮดรอกซิลโพรพิลเมธิลเซลลูโลส (HPMC) ร่วมกับโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต (SDS) (Moonprasit *et al.*, 2008) โซเดียมพอลิอะคริเลต (สิวโรฒ บุญราศี, 2542) หรือสาร A704-A ซึ่งใช้แทนกรดซัลฟิวริก ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ปริมาณมาก ทำให้ต้นทุนสูง ผูกขาดกับผู้แทนจำหน่ายรายเดียว หรือจับตัวได้ไม่ดีกรณีน้ำยางไม่จับตัว จึงศึกษาชนิดของพอลิเมอร์เพิ่มเติม ได้แก่พอลิควอเทอร์นารีเอมีน และพอลิอะคริลาไมด์ ซึ่งพบว่า

พอลิเมอร์ชนิดพอลิอะคริลาไมด์ ช่วยให้น้ำยางสกิมจับตัวได้ดีขึ้นจากระดับไม่จับตัว (ระดับ 1) เป็นจับตัวได้ดีขึ้นเป็นกลุ่มก้อนอย่างร่วน (ระดับ 2) และใช้ปริมาณน้อยมากร่วมกับกรดซัลฟิวริก

ตารางที่ 4.29 ลักษณะการจับตัวของน้ำยางสกิมเมื่อจับตัวด้วยพอลิเมอร์จับตัวร่วมกับกรดซัลฟิวริก

Code of polymer	Acid	Adjust pH	coagulant conc. (%)	Coagulation feature		
				Feature of skim lump	Phase separation time	Coagulation level
-	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	-	Not coagulate	1 min 45 s	1
Envi <sup>1</sup>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Yes	0.2	Not coagulate	23 s	1
		No	0.2		6 min	
PA <sup>2</sup>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Yes	0.2	Flocculate	4 min	2
		No	0.2		4 min	
C480 <sup>3</sup>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Yes	0.2	Not coagulate	2.4 min	1
		No	0.2		5.5 min	
PAA <sup>4</sup>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Yes	0.0004	Flocculate	2 min	2
Remarks	<sup>1</sup> Envi	=	Polyquaternary amine cationic polymer			
	<sup>2</sup> C480	=	Polyacrylamide polymer 1			
	<sup>3</sup> PA	=	Polyacrylamide polymer 2			
	<sup>4</sup> PAA	=	Poly anionic acrylamide polymer			

อย่างไรก็ตาม แม็สารพอลิอะคริลาไมด์ (PAA) ใช้ปริมาณน้อยเพียง 0.0004% w/w ร่วมกับกรดซัลฟิวริก สามารถปรับปรุงการจับตัวของน้ำยางสกิมได้ในระดับ 2 คือ ยางสกิมรวมกลุ่มเป็นเม็ดร่วน และเมื่อเพิ่มปริมาณ PAA น้ำยางสกิมยังจับตัวได้ในระดับ 2 จึงศึกษาเพิ่มเติมในการใช้พอลิเมอร์ PAA ร่วมกับสารช่วยจับตัวอื่นและกรดซัลฟิวริก เพื่อปรับปรุงการจับตัวของยางสกิมถึงระดับ 3 หรือ 4

ตารางที่ 4.30 ลักษณะการจับตัวของน้ำยางสกิมเมื่อจับตัวด้วยพอลิเมอร์หรือสารช่วยจับตัวร่วมกับกรดซัลฟิวริก

Two coagulants	Acid	Adjust pH	Polymer conc. (%w/w)	coagulant conc. (%w/w)	Coagulation feature		
					Feature of skim lump	Phase separation time	Coagulation level
-	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	-	-	Not coagulate	42 s	1
PA +	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Yes	0.1	0.2	Flocculate	1 min	2
CaCO <sub>3</sub>							
PAA +	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Yes	0.0004	0.1	Crowd	immediately	3
CaCO <sub>3</sub>							
PAA + Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Yes	0.0004	0.1	Crowd	30 s	3

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.30 พบว่าการเติมสาร PAA 0.0004% โดยน้ำหนัก ร่วมกับแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO<sub>3</sub>) ให้การจับตัวน้ำยางสกิมเป็นก้อนใหญ่และแน่นกว่า (ระดับ 3) เติมพอลิเมอร์ PAA เพียงอย่างเดียว และแยกชั้นยางและเซรัมทันที หรือเติมสาร PAA 0.0004% โดยน้ำหนัก ร่วมกับสารส้ม (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>) ซึ่งจับตัวได้ก้อนยางแน่นขึ้น ใช้เวลาแยกชั้นช้ากว่าใช้ร่วมกับแคลเซียมคาร์บอเนต (ระดับ 3)

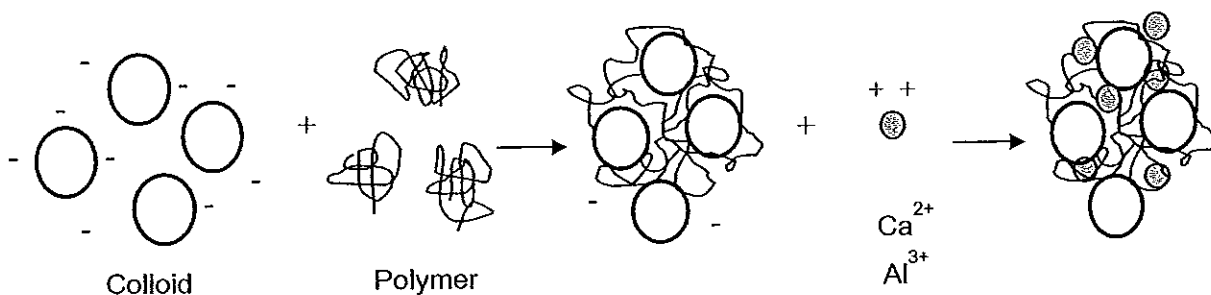
จึงศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลกระทบของแคลเซียมคาร์บอเนตและสารส้มร่วมกับกรดซัลฟิวริกต่อลักษณะก้อนยางสกิม ในตารางที่ 4.31 โดยการแปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตให้น้อยลงใช้ร่วมกับสารส้มปริมาณคงที่ เห็นได้ว่าเมื่อแคลเซียมคาร์บอเนตน้อยลง จาก 0.05%w/w เป็น 0.03%w/w ก้อนยางสกิมกลายเป็นก้อนเล็กกว่า (crumble) ใช้เวลาแยกชั้นจาก 40 s เป็น 2 min และมีแนวโน้มเดียวกันเมื่อลดปริมาณสารส้มเมื่อใช้ร่วมกับแคลเซียมคาร์บอเนต แต่ระยะเวลาแยกชั้นเร็วกว่า นั่นคือ แคลเซียมคาร์บอเนตและสารส้มมีผลต่อลักษณะก้อนยาง และการแยกชั้นยางและเซรัม โดยแคลเซียมคาร์บอเนตมีผลต่อการแยกชั้นมากกว่า เนื่องจากการเติมในปริมาณน้อยลงเท่ากัน แต่ใช้เวลาแยกชั้นนานกว่า ดังนั้นการใช้แคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารช่วยรวบรวมอนุภาคให้เป็นกลุ่มก่อนในการจับตัวน้ำยางสกิมร่วมกับ PAA และกรดซัลฟิวริก จึงเหมาะสมกว่าสารส้ม สืบเนื่องจากแนวโน้มระยะเวลาการแยกชั้นเซรัม



ตารางที่ 4.31 ลักษณะการจับตัวของน้ำยางสกิมเมื่อจับตัวด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตและสารส้ม  
ร่วมกับกรดซัลฟิวริก

Two coagulants	Acid	Adjust pH	CaCO <sub>3</sub> conc. (%w/w)	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> conc. (%w/w)	Coagulation feature		Coagulation level
					Feature of skim lump	Phase separation time	
CaCO <sub>3</sub> + Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		0.05	0.05	flocs	40 s	2
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	No	0.03	0.05	crumble	2 min	1
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		0.01	0.05	crumble	2 min	1
CaCO <sub>3</sub> + Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		0.05	0.05	flocs	40 s	2
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	No	0.05	0.03	crumble	15 s	1
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		0.05	0.01	crumble	15 s	1

จากกลไกการการเกิดฟล็อกของคอลลอยด์ด้วยพอลิเมอร์ (Tridib T. et al., 2006) และกลไกในการสร้างโคแอกกูเลชันด้วยสารส้ม (Amirtharajah และ Mill, 1982) สันนิษฐานกลไกการเกิดการจับตัวของน้ำยางสกิมด้วยพอลิเมอร์ร่วมกับแคลเซียมคาร์บอเนตหรือสารส้มในรูปที่ 4.31 ซึ่งอนุภาคยางสกิมถูกล้อมรอบด้วยสายโซ่โมเลกุลยาวของพอลิเมอร์เป็นกลุ่มก้อนยางเกาะกัน และเพิ่มขนาดของกลุ่มก้อนยางด้วย tri- divalent ion พอลิเมอร์สามารถคลายสายโซ่ได้มากขึ้นเมื่อเจือจาง จึงสามารถห่อหุ้มอนุภาคคอลลอยด์ได้ (Tridib T. et al., 2006) และไอออนบวกของเกลือทำหน้าที่ลดประจุรอบอนุภาคยาง และรวบรวมอนุภาคยางเล็กๆ ทำให้กลุ่มก้อนยางสกิมมีขนาดใหญ่ขึ้น



รูปที่ 4.31 สันนิษฐานกลไกการจับตัวของน้ำยางสกิมโดยใช้พอลิเมอร์ร่วมกับแคลเซียมคาร์บอเนตหรือสารส้ม

แต่อย่างไรก็ตามการใช้แคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารช่วยจับตัวน้ำยางสกิม มีปริมาณการใช้ 0.1% โดยน้ำหนักน้ำยางสกิม อาจเป็นปริมาณการที่มากเกินไป จึงทดลองลดต้นทุนสารเคมีด้วยการศึกษาผลกระทบของเอนไซม์ savinase และ papain จากยางมะละกอที่มีต่อการจับตัวของน้ำยางสกิมเพิ่มเติม เนื่องจากการใช้เอนไซม์คาดว่าสามารถใช้ปริมาณน้อยกว่ามาก จากตารางที่ 4.32 ทดสอบการจับตัวน้ำยางสกิมที่ไม่จับตัวด้วยเอนไซม์ 2 ชนิดในปริมาณ 0.001%w/w ระยะเวลาทำปฏิกิริยาดังแต่ 5 min ถึง 3 วัน จึงเติมกรดซัลฟิวริกทั้งเอนไซม์ Savinase และ Papain จากยางมะละกอ ปริมาณ 0.001% โดยน้ำหนัก แม้ว่าจะทำปฏิกิริยาดังแต่ 5 min จนถึง 3 วันก่อนเติมกรด ยังไม่สามารถจับตัวน้ำยางสกิมที่ไม่จับตัวได้

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.27-4.31 สภาวะที่เหมาะสมในการใช้ในการจับตัวยางสกิมในสายการผลิตคือสภาวะ PAA 0.0004% และแคลเซียมคาร์บอเนต 0.1% โดยน้ำหนัก ร่วมกับกรดซัลฟิวริกเข้มข้น และทำการทดลองในบ่อน้ำยางสกิมจำนวน 15 ตัน สามารถช่วยจับตัวน้ำยางสกิมได้ดีขึ้นจากสภาวะไม่จับตัวเลย สามารถปรับปรุงให้ยางเป็นก้อนในระดับสามารถแรงงานคนช่วยได้ จึงเปรียบเทียบต้นทุนสารเคมีที่เพิ่มขึ้นในการจับตัวเพื่อความชัดเจนในตารางที่ 4.33 ซึ่งพบว่า ต้นทุนสารเคมีเพิ่มขึ้นเพียง 0.30 บาทต่ออย่างสกิมบล็อก 1 kg เท่านั้น โดยไม่พบว่าลูกค้าแจ้งปัญหาในผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตามการพัฒนาการจับตัวยางสกิมที่ไม่จับตัวให้อยู่ในระดับจับตัวเป็นก้อนแน่น จึงควรดำเนินการศึกษาต่อไป

ตารางที่ 4.32 ลักษณะการจับตัวของน้ำยางสกีมเมื่อจับตัวด้วยเอนไซม์ savinase และ papain ร่วมกับกรดซัลฟิวริก (น้ำยางสกีมอายุ 1 วัน)

condition	Period of rxn	conc.1 (%w/w)	conc.2 (%w/w)	Skim coagulation feature		Evaluate
				Feature of skim lump	Phase separation time	
Control	-	-	-	pulpy	12 min	Not coagulate
Enz Sav	5 min	0.001	-	pulpy	-	Not coagulate
	1 day	0.001	-	pulpy	-	Not coagulate
Enz Sav + Fe <sup>2+</sup>	5 min	0.001	0.05	pulpy	-	Not coagulate
Enz Sav + CaCO <sub>3</sub>	5 min	0.001	0.05	pulpy	-	Not coagulate
Enz Pap	5 min	0.001	-	pulpy	5 min	Not coagulate
	5 min	0.005	-	pulpy	11 min	Not coagulate
	2 h	0.001	-	pulpy	2 min	Not coagulate
	1 day	0.001	-	pulpy	7 min	Not coagulate
	3 day	0.001	-	pulpy	10 min	Not coagulate

ตารางที่ 4.33 ต้นทุนสารเคมีในการจับตัวน้ำยางสกินที่ไม่จับตัว

Skim latex 15 tones (~750 kg dry skim)							
Chemicals	Appearances	Baht / kg	amount		Cost up		
			%	Dry wt (kg)	pet pond	per kg dry skim	
PAA	Powder	150	0.0004	0.06	9 ฿	219 ฿	0.3
CaCO <sub>3</sub>	Powder	14	0.1	15	210 ฿		

#### 4.6.3 สรุปผลการทดลอง

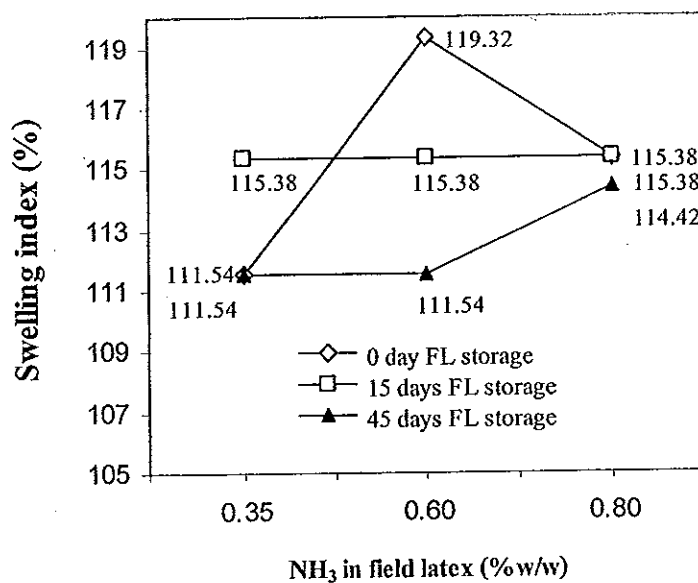
จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Zeta potential ปริมาณไนโตรเจนของน้ำยางสกิน และปัจจัยที่ส่งผลให้น้ำยางสกินจับตัวยาก ได้แก่ ปริมาณแอมโมเนีย ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด และระยะเวลาเก็บน้ำยางสกิน เพื่อหาสาเหตุของการจับตัวยากของน้ำยางสกิน ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่าง Zeta potential ปริมาณไนโตรเจนของน้ำยางสกิน และปริมาณ NH<sub>3</sub> ระยะเวลาการเก็บของน้ำยางสด และระยะเวลาการเก็บของน้ำยางสกิน ดังนั้นสาเหตุของการจับตัวยากของน้ำยางสกินไม่ได้เกิดจากความเข้มข้นของอนุภาคยางสกินและปริมาณไนโตรเจนที่คาดว่ามากขึ้น และจากการศึกษาเพิ่มเติมสมบัติของน้ำยางสกิน ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณฟอสเฟต ปริมาณเจล พบว่าปริมาณฟอสเฟตไม่มีความสัมพันธ์กับการจับตัวยากขึ้นของน้ำยางสกิน แต่ปริมาณเจลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการจับตัวยากของน้ำยางสกิน ซึ่งอาจเป็นได้ว่า เจลที่เกิดขึ้นเป็นเจลที่เกิดจากส่วนที่ไม่ใช่ยางที่มีมากกว่าเนื้อยางในน้ำยางสกิน เกิดพันธะเชื่อมโยงระหว่างกัน

วิธีแก้ไขการไม่จับตัวของน้ำยางสกินจากปัจจัยด้านระยะเวลาเก็บน้ำยางสด ระยะเวลาเก็บน้ำยางสกิน ที่มีความเหมาะสมด้านต้นทุนสารเคมี การปฏิบัติงานไม่ยุ่งยาก เลือกวิธีการใช้พอลิเมอร์ประเภทพอลิอะคริลาไมด์และแคลเซียมคาร์บอเนตร่วมกับกรดซัลฟิวริกเข้มข้นในการปรับปรุงน้ำยางสกินที่ไม่จับตัวกลายเป็นจับตัวเป็นกลุ่มก้อนยางสกิน โดยมีต้นทุนสารเคมีเพิ่มขึ้นเพียง 0.30 บาทต่อยางสกินบล็อก 1 kg เท่านั้น การปฏิบัติงานง่ายไม่ยุ่งยาก เพิ่มขึ้นตอนเพียงละลายพอลิเมอร์ และเติมสารเคมีลงในป้อนน้ำยางสกิน และไม่พบลูกค้าแจ้งปัญหาในผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตามหากต้องการพัฒนาระดับการจับตัวน้ำยางสกินไม่จับตัวให้เป็นก่อนแน่นอน ยังต้องทำการศึกษาต่อไป

#### 4.7 ศึกษาผลกระทบของ $\text{NH}_3$ , DAP, TZ และแอมโมเนียมลอเรตและระยะเวลาเก็บ น้ำยางสดที่มีต่อดัชนีการบวมตัวของฟิล์มน้ำยางคอมปาวด์

##### 4.7.1 ผลกระทบของปริมาณ $\text{NH}_3$ ในน้ำยางสดและระยะเวลาเก็บน้ำยางสดต่อดัชนี การบวมตัวของฟิล์มยางคอมปาวด์

จากรูปที่ 4.32 ปริมาณ  $\text{NH}_3$  ในน้ำยางสด และระยะเวลาเก็บน้ำยางสดไม่มีผลกระทบต่อดัชนีการบวมตัวของยางคอมปาวด์ เนื่องจากไม่มีความสัมพันธ์อย่างชัดเจน แม้ว่าน้ำยางสดถูกเก็บนานถึง 45 วัน โดยค่าดัชนีการบวมตัว 111% และ 119% ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

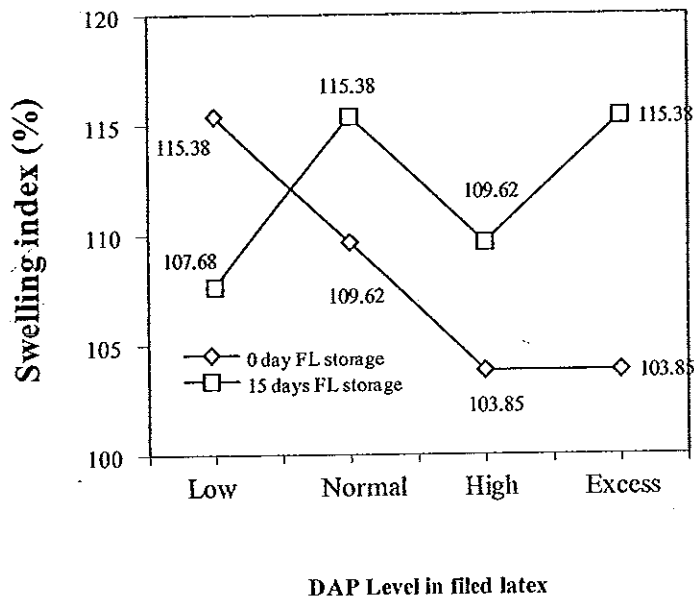


รูปที่ 4.32 ความสัมพันธ์ของดัชนีการบวมตัว (Swelling Index) ของน้ำยางคอมปาวด์ และปริมาณ  $\text{NH}_3$  ที่ระยะเวลาเก็บน้ำยาง 0-45 วัน ที่เวลาการปรม 18 h

##### 4.7.2 ผลกระทบของปริมาณ DAP ในน้ำยางสดและระยะเวลาเก็บน้ำยางสด ต่อดัชนีการบวมตัวของฟิล์มยางคอมปาวด์

น้ำยางสดระยะเวลาการเก็บ 0 วัน หรือน้ำยางสดผลิตทันที พบว่าเมื่อเติม DAP ระดับมากเกินไปจนมีปริมาณเฟอสเฟตประมาณ 900 ppm มีผลกระทบต่อดัชนีการบวมตัวของยางคอมปาวด์ แสดงในรูปที่ 4.33 โดยแนวโน้มดัชนีการบวมตัวต่ำลงเมื่อน้ำยางสดเติม DAP

มากขึ้น นั่นคือ น้ำยางคอมปาวด์มีระดับการวัลคาไนซ์มาก หรือเกิดพันธะเชื่อมโยงมาก เมื่อปริมาณฟอสเฟต 400-900 ppm แต่ไม่เห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีการบวมตัวอย่างชัดเจนเมื่อมีปริมาณฟอสเฟต 300 ppm ในสภาวะน้ำยางสดเก็บนาน 15 วัน ดังนั้นปริมาณฟอสเฟตในระดับ 400-900 ppm อาจทำให้เกิดพันธะเชื่อมโยงเพิ่มขึ้นในน้ำยางคอมปาวด์ จากการเกิดพันธะเชื่อมโยงไอออนิกด้วยพันธะ trivalent (Tarachiwin, 2004)

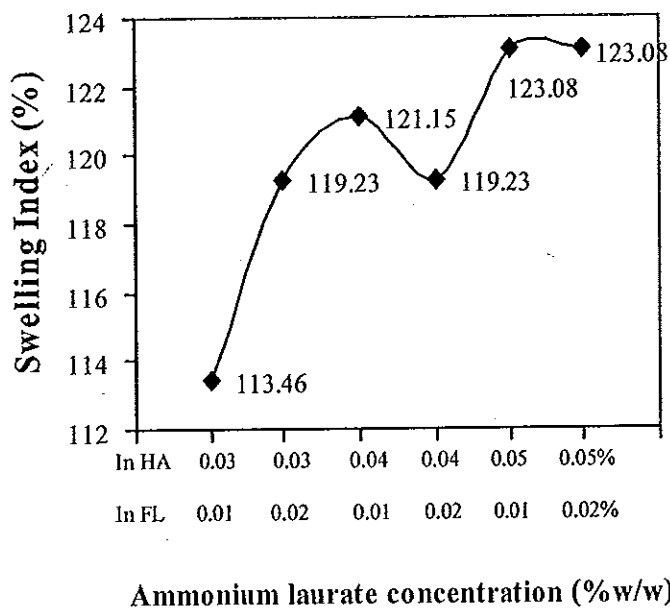


รูปที่ 4.33 ความสัมพันธ์ของดัชนีการบวมตัว (Swelling Index) ของน้ำยางคอมปาวด์ และปริมาณ DAP ที่ระยะเวลาเก็บน้ำยาง 0 และ 15 วัน เวลาใส่การบ่ม 18 h

#### 4.7.3 ผลกระทบของปริมาณแอมโมเนียมลอเรตต่อดัชนีการบวมตัวของฟิล์มยางคอมปาวด์

จากรูปที่ 4.34 เห็นได้ชัดเจนว่าดัชนีการบวมตัวมากขึ้นเมื่อปริมาณสบู่ในน้ำยางชันมากขึ้น โดยดัชนีการบวมตัวของน้ำยางคอมปาวด์ที่สภาวะเดิมแอมโมเนียมลอเรต 0.01%w/w ในน้ำยางสด และ 0.03%w/w ในน้ำยางชันมีค่า 113% ต่ำกว่าสภาวะที่มีปริมาณแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางสดและน้ำยางชันความเข้มข้นสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเติมแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางชันถึง 0.05%w/w สังเกตได้ว่ามีค่าดัชนีการบวมตัวสูงที่สุดเป็น 123% แต่อย่างไรก็ตามสภาวะค่าดัชนีการบวมตัว 119-123% ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อธิบายได้ว่าเมื่อน้ำยางมีปริมาณสบู่มากขึ้น น้ำยางมีการวัลคาไนซ์น้อยกว่า จึงใช้เวลาบ่มน้ำยางนานขึ้นเพื่อให้ค่าดัชนีการบวมตัวต่ำเพียงพอสำหรับการจุ่มฟิล์ม นั่นคือ เมื่อปริมาณแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางสูง ส่งผลให้เสถียรภาพน้ำยางชันเพิ่มขึ้น การเกิดพันธะเชื่อมโยงใน

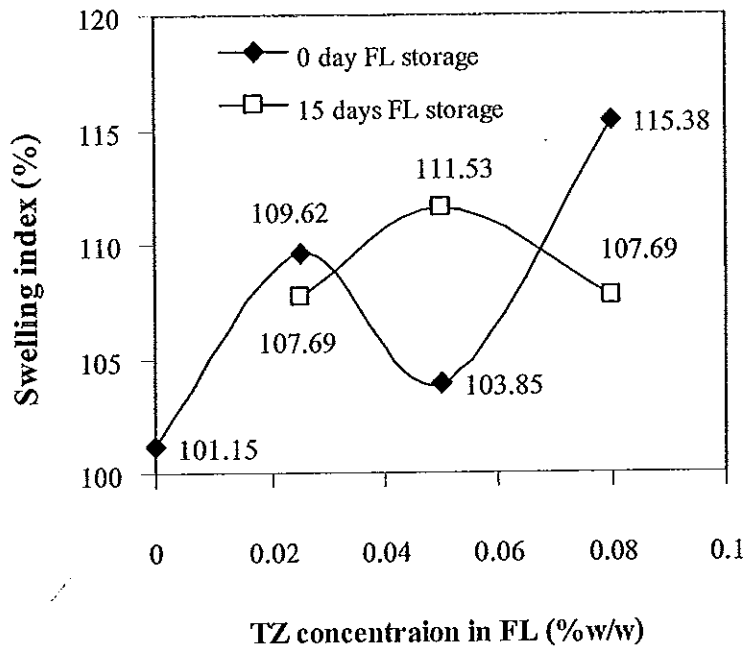
น้ำยางคอมปาวด์จึงยากขึ้น สังเกตจากค่าดัชนีการบวมตัวที่สูง และสังเกตได้ว่าปริมาณแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางชั้น มีผลกระทบต่อดัชนีการบวมตัวมากกว่าในน้ำยางสด เห็นได้จากเมื่อเติมแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางชั้นสูง 0.05%w/w ดัชนีการบวมตัวสูงกว่าในสถานะเดิม แอมโมเนียมลอเรต 0.03%w/w และ 0.04%w/w ชัดเจน แต่เมื่อปริมาณแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางสดมากขึ้นจาก 0.01%w/w เป็น 0.02%w/w ขณะที่ปริมาณแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางชั้นเท่ากัน ไม่เห็นความแตกต่างของดัชนีการบวมตัวชัดเจนนัก เนื่องจากไม่สูญเสียสบู่ไป กระบวนการเซนทริฟิวส์



รูปที่ 4.34 ความสัมพันธ์ของดัชนีการบวมตัว (Swelling Index) ของน้ำยางคอมปาวด์และปริมาณแอมโมเนียมลอเรตที่ระยะเวลาเก็บน้ำยาง 0 วัน เวลาในการปม 18 h

#### 4.7.4 ผลกระทบของปริมาณ TZ ต่อดัชนีการบวมตัวของฟิล์มยางคอมปาวด์

จากรูปที่ 4.35 ปริมาณ TZ ในน้ำยางสดที่มากขึ้นช่วงความเข้มข้น 0.025-0.080%w/w และระยะเวลาเก็บน้ำยางสดมากขึ้น ไม่มีผลต่อค่าดัชนีการบวมตัวของน้ำยางคอมปาวด์ เนื่องจากแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีการบวมตัวไม่มีความสัมพันธ์ต่อปริมาณ TZ ในน้ำยางสดที่เพิ่มขึ้น และระยะเวลาเก็บน้ำยางสดที่เพิ่มจาก 0 วัน เป็น 15 วัน



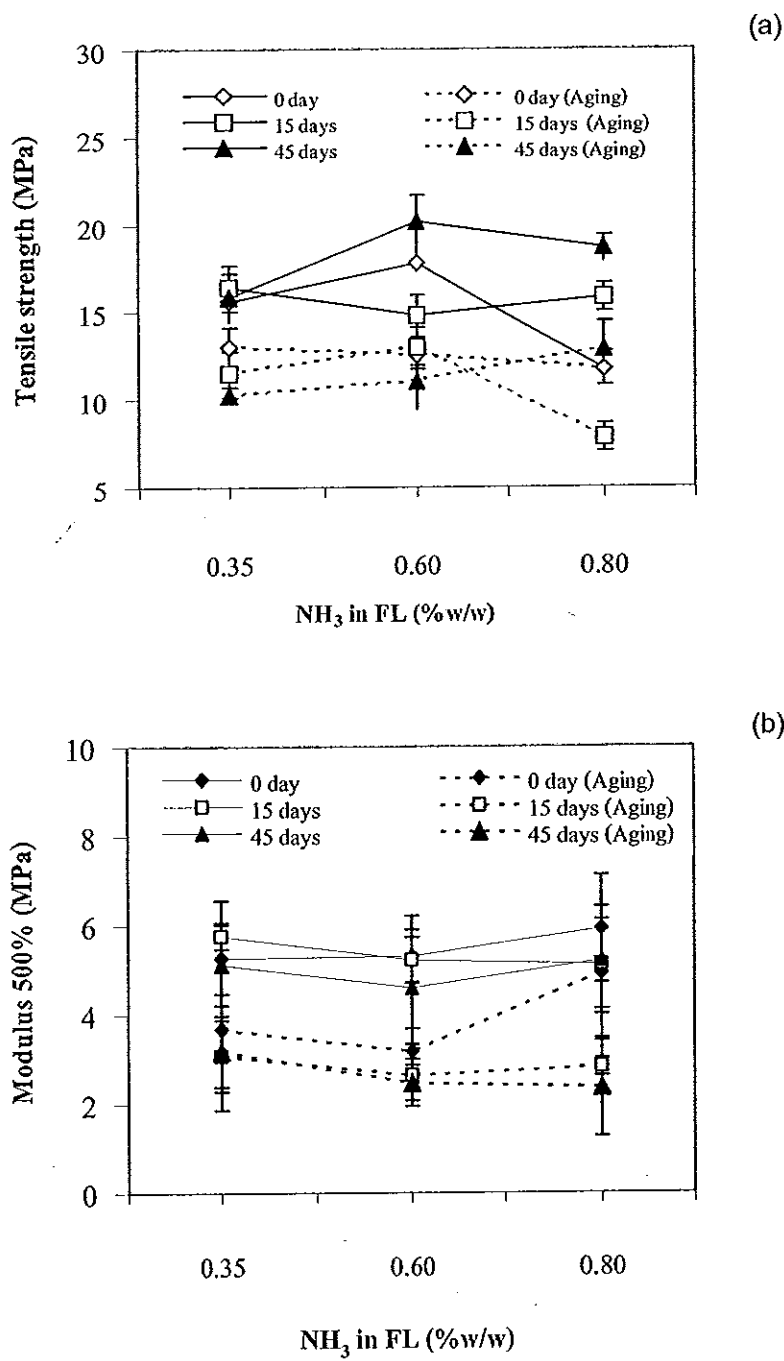
รูปที่ 4.35 ความสัมพันธ์ของดัชนีการบวมตัว (Swelling Index) ของน้ำยางคอมปาวด์ และปริมาณ TZ ในน้ำยางสดที่ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด 0 และ 15 วัน เวลาในการบ่ม 18 h

#### 4.8 ผลกระทบของปริมาณ $\text{NH}_3$ , DAP TZ แอมโมเนียมลอเรต และระยะเวลาเก็บน้ำยางสดต่อค่าความทนต่อแรงดึง และค่าโมดูลัสของฟิล์มยาง

##### 4.8.1 ผลกระทบของปริมาณ $\text{NH}_3$ ในน้ำยางสดและระยะเวลาเก็บน้ำยางสดต่อค่าความต้านทานแรงดึง และค่าโมดูลัสของฟิล์มยาง

จากรูป 4.36 (a) เห็นได้ว่าฟิล์มยางจากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วย  $\text{NH}_3$  ปริมาณสูง 0.80%w/w นาน 0 วัน ค่าความทนต่อแรงดึงของฟิล์มยางก่อนบ่มเร่งที่ได้จากการเก็บรักษา น้ำยางสด 0 วัน มีค่าต่ำ อาจเป็นเพราะฟิล์มยางไม่แข็งแรงเนื่องจากน้ำยางชั้นมีการเกิดเจลต่ำ



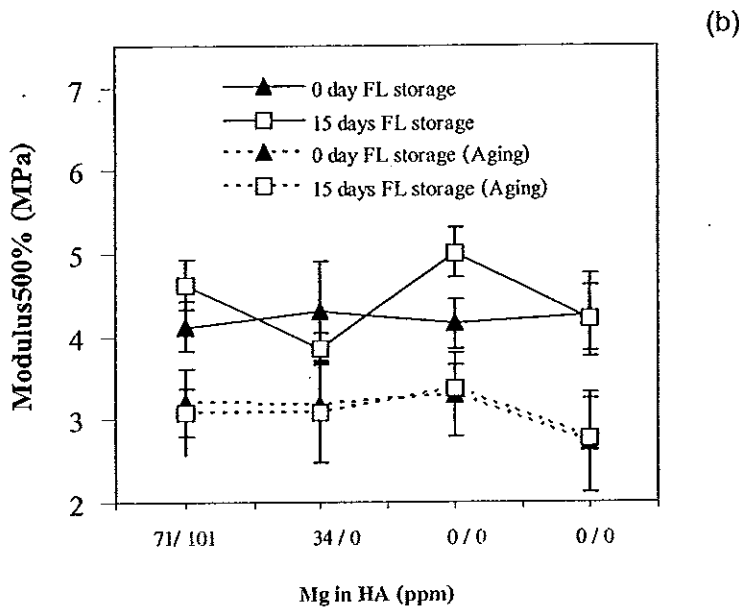
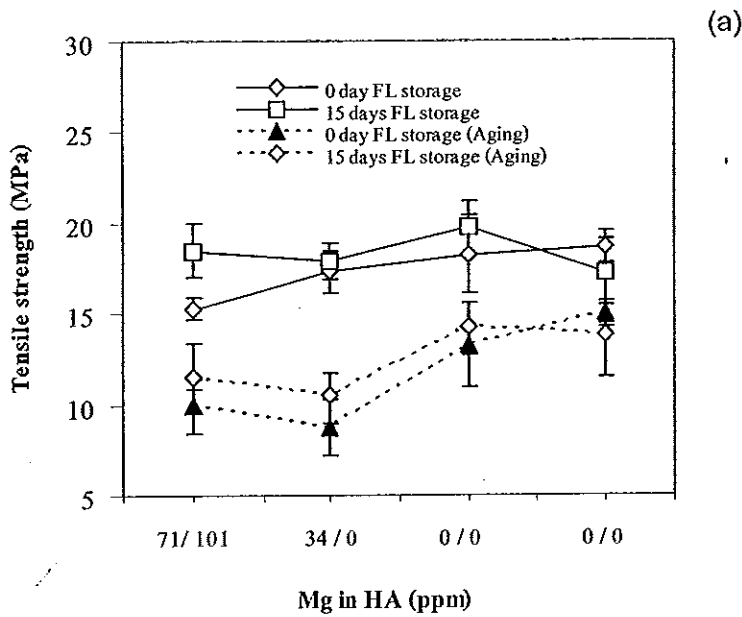


รูปที่ 4.36 ความสัมพันธ์ของสมบัติทางกายภาพของฟิล์มยางและปริมาณ  $\text{NH}_3$  ที่ระยะเวลาเก็บน้ำยาง 0-45 วัน ทั้งก่อนและหลังปมเร่ง  
(a) ความทนต่อแรงดึง (tensile strength) (b) โมดูลัส (modulus) 500%

เนื่องจากอายุน้ำยางน้อย และเสถียรภาพ (MST) ต่ำเนื่องจากแอมโมเนียสูง และเห็นได้ว่าเมื่อฟิล์มยางที่ได้จากน้ำยางสดระยะเวลาการเก็บนานขึ้นเป็น 45 วันมีค่าทนต่อแรงดึงสูงขึ้น อาจเนื่องจากเกิดเจลในน้ำยางชั้นสูงกว่า ช่วยส่งเสริมพันธะเชื่อมโยงในกระบวนการจุ่มฟิล์มยาง ระยะเวลาเก็บน้ำยางสดจึงมีผลต่อค่าทนต่อแรงดึงของฟิล์มยาง เมื่อเก็บน้ำยางสดนานขึ้น เจลเกิดมากขึ้นสามารถช่วยปรับปรุงค่าทนต่อแรงดึงของฟิล์มยางให้สูงขึ้นได้ ส่วนผลกระทบต่อโมดูลัส แสดงในรูป 4.36 (b) ปริมาณ  $\text{NH}_3$  ไม่มีผลต่อค่าโมดูลัสก่อนบ่มแรงแต่มีผลต่อค่าโมดูลัสหลังบ่มแรง โดยโมดูลัสของฟิล์มยางจากน้ำยางสดเก็บ 0 วัน รักษาสภาพด้วย  $\text{NH}_3$  0.80%w/w หลังบ่มแรงที่  $100^\circ\text{C}$  นาน 22 h สูงประมาณ 6 MPa ซึ่งอาจเป็นเพราะปริมาณ  $\text{NH}_3$  สูงเกิดเจลมากจึงใช้แรงดึงมากกว่า และระยะเวลาเก็บน้ำยางสดไม่มีผลต่อค่าโมดูลัสทั้งก่อนและหลังบ่มแรง

#### 4.8.2 ผลกระทบของปริมาณ DAP ในน้ำยางสดและระยะเวลาเก็บน้ำยางสดต่อค่าความทนต่อแรงดึง และค่าโมดูลัสของฟิล์มยาง

จากรูป 4.37 (a) และ (b) ปริมาณ DAP ไม่มีผลกระทบต่อค่าทนต่อแรงดึงและค่าโมดูลัสก่อนบ่มแรง แต่หลังบ่มแรงเมื่อปริมาณ DAP มากเกินพอระดับปริมาณฟอสเฟต 300-900 ppm สังเกตได้ว่าค่าทนต่อแรงดึงสูงขึ้น แต่ค่าโมดูลัสต่ำลง อาจเป็นเพราะปริมาณฟอสเฟตสูง สามารถเกิดพันธะเชื่อมโยงได้อีก ค่าทนต่อแรงดึงหลังบ่มแรงจึงสูง และเมื่อปริมาณฟอสเฟตมาก ฟิล์มยางนิ่มขึ้นจากค่าโมดูลัสหลังบ่มแรงต่ำลง โดยมีค่าประมาณ 2.5 MPa ต่ำกว่าสถานะอื่นที่มีค่าประมาณ 3 MPa ดังนั้นปริมาณ DAP มีผลกระทบต่อค่าทนต่อแรงดึงและค่าโมดูลัสหลังบ่มแรง ส่วนระยะเวลาเก็บน้ำยางสดไม่มีผลกระทบต่อสมบัติทางกายภาพของฟิล์มยางแบบจุ่ม



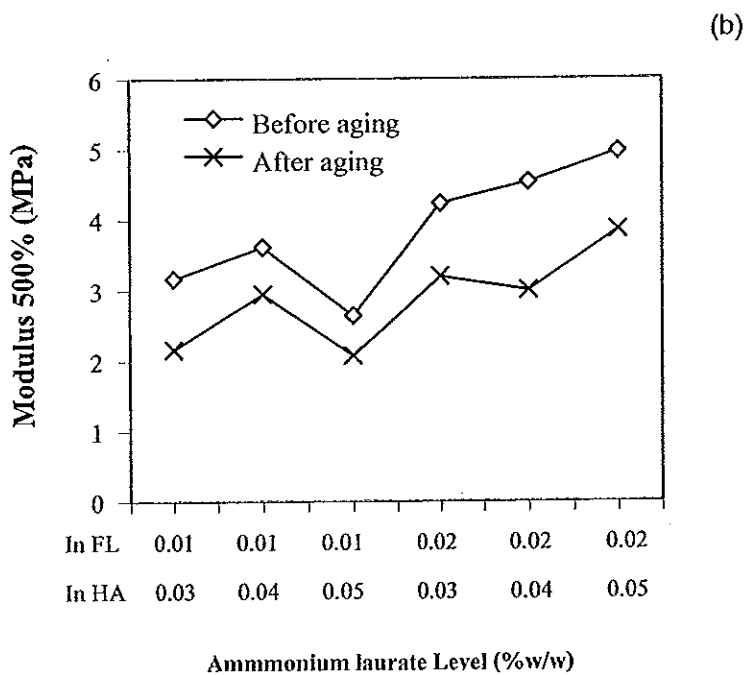
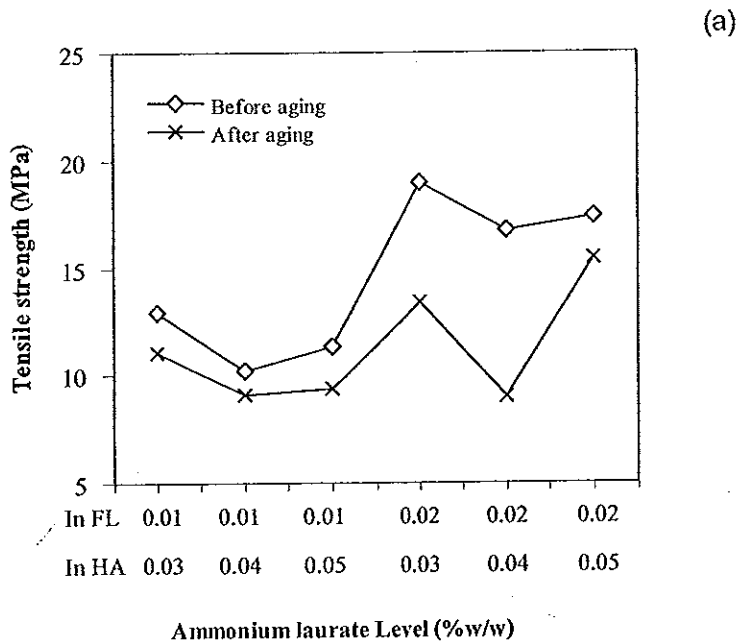
รูปที่ 4.37 ความสัมพันธ์ของสมบัติทางกายภาพของฟิล์มยางและปริมาณ DAP ที่ระยะเวลาเก็บน้ำยาง 0 วัน และ 15 วัน ทั้งก่อนและหลังบ่มเร่ง  
 (a) ค่าความทนต่อแรงดึง (tensile strength) (b) ค่าโมดูลัส (modulus) 500%

#### 4.8.3 ผลกระทบของปริมาณแอมโมเนียมลอเรตต่อค่าความทนต่อแรงดึง และค่าโมดูลัสของฟิล์มยาง

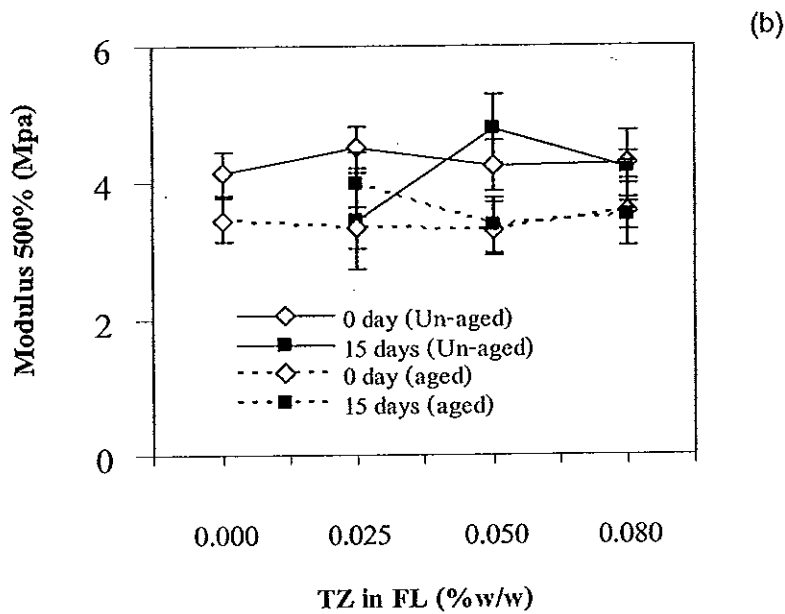
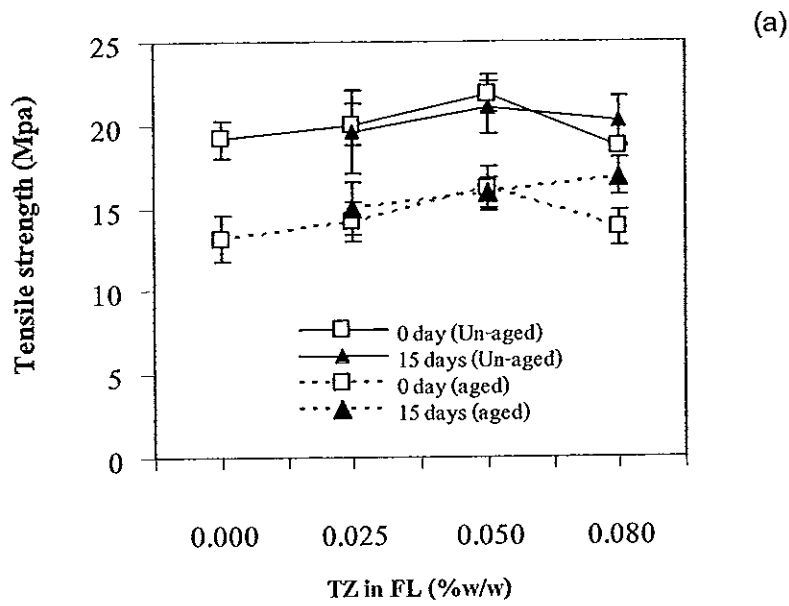
จากรูปที่ 4.38 (a) และ (b) พบว่า ปริมาณแอมโมเนียมลอเรตที่เพิ่มขึ้นใน น้ำยางสดและน้ำยางข้นมีผลให้ค่าทนต่อแรงดึง และค่าโมดูลัส 500% มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งก่อน บ่มแรงและหลังบ่มแรง เนื่องจากดัชนีการบวมตัวสูงเมื่อปริมาณสบู่มาก การพันธะเชื่อมโยงน้อย จึงเกิดพันธะเชื่อมโยงได้ในคู่อบเพิ่ม ค่าทนต่อแรงดึงและค่าโมดูลัสจึงสูง

#### 4.8.4 ผลกระทบของปริมาณ TZ ต่อค่าความทนต่อแรงดึง และค่าโมดูลัส ของฟิล์มยาง

หลังจากจุ่มฟิล์มยาง ทดสอบสมบัติทางกายภาพของฟิล์มยาง พบว่า ปริมาณ TZ ในน้ำยางสด และระยะเวลาเก็บน้ำยางสดนานถึง 15 วัน ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ ต่อค่าทนต่อแรงดึงและโมดูลัส 500% ของฟิล์มยาง ทั้งก่อนและหลังอบแรงที่อุณหภูมิ 100°C นาน 22 h สังเกตจากรูปที่ 4.39 (a) และ (b)



รูปที่ 4.38 ความสัมพันธ์ของสมบัติทางกายภาพของฟิล์มยางและปริมาณแอมโมเนียมลอเรต  
ที่ระยะเวลาเก็บน้ำยาง 0 วัน ทั้งก่อนและหลังปมเร่ง  
(a) ค่าความทนต่อแรงดึง (tensile strength) (b) โมดูลัส (modulus) 500%



รูปที่ 4.39 ความสัมพันธ์ของสมบัติทางกายภาพของฟิล์มยางและปริมาณ TZ  
ทั้งก่อนและหลังป่นแรงที่ 100°C นาน 22 h

(a) ค่าความทนต่อแรงดึง (tensile strength) (b) โมดูลัส (modulus) 500%

#### 4.8.5 สรุปผลการทดลอง

ปริมาณแอมโมเนีย DAP และ TZ ในน้ำยางสด และระยะเวลาเก็บน้ำยางสดไม่มีผลกระทบต่อดัชนีการบวมตัว (swelling index) ของน้ำยางคอมปาวด์

ปริมาณแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางสูง ส่งผลให้เสถียรภาพน้ำยางชั้นเพิ่มขึ้น การเกิดพันธะเชื่อมโยงในน้ำยางคอมปาวด์จึงยากขึ้น สังเกตจากค่าดัชนีการบวมตัวที่สูง และสังเกตได้ว่าปริมาณแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางชั้น มีผลกระทบต่อดัชนีการบวมตัวมากกว่าในน้ำยางสด เห็นได้จากเมื่อเติมแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางชั้นสูง

หลังจากนำน้ำยางคอมปาวด์จุ่มฟิล์มบนแผ่นกระจก จากนั้นทดสอบสมบัติทางกายภาพของฟิล์มยางจากสภาวะปริมาณสารเคมีและระยะเวลาเก็บน้ำยางสดต่างๆ พบว่าเมื่อปริมาณ  $\text{NH}_3$  ในน้ำยางสดความเข้มข้น 0.80%w/w ค่าความทนต่อแรงดึงของฟิล์มยาง ทั้งก่อนและหลังบ่มเร่งมีค่าต่ำกว่าฟิล์มยางของปริมาณ  $\text{NH}_3$  0.35%w/w และ 0.60%w/w อาจเป็นเพราะฟิล์มยางไม่แข็งแรง เนื่องจากน้ำยางชั้นมีเสถียรภาพต่ำ (MST) เมื่อ  $\text{NH}_3$  สูง อีกปัจจัยหนึ่งคือปริมาณฟอสเฟตที่มากเกินไปถึง 900 ppm ในน้ำยางชั้นทำให้ค่าทนต่อแรงดึงหลังบ่มเร่งสูงขึ้น ปริมาณแอมโมเนียมลอเรตส่งผลต่อค่าทนต่อแรงดึงเช่นกัน เนื่องจากการวัลคาไนซ์ต่ำในช่วงเวลาการบ่ม จึงสามารถวัลคาไนซ์ขณะอบได้มากขึ้น ฟิล์มจึงแข็งแรง ค่าทนต่อแรงดึงจึงสูงขึ้นทั้งก่อนและหลังบ่มเร่ง ส่วนปริมาณ TZ ไม่มีผลต่อค่าทนต่อแรงดึงของฟิล์มยาง

ส่วนค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 500% ปริมาณ  $\text{NH}_3$  และ DAP มีผลต่อค่าโมดูลัสหลังบ่มเร่ง โดยโมดูลัสของฟิล์มยางจากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วย  $\text{NH}_3$  0.80%w/w หลังบ่มเร่งมีค่าสูง อาจเป็นเพราะปริมาณ  $\text{NH}_3$  สูงเกิดเจลมากใช้แรงดึงมากกว่า และเมื่อปริมาณ DAP สูง ค่าโมดูลัสหลังบ่มเร่งต่ำลง ปัจจัยที่ทำให้ค่าโมดูลัสของฟิล์มยางทั้งก่อนและหลังบ่มเร่งเพิ่มขึ้นได้ คือ ปริมาณแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยาง

ระยะเวลาเก็บน้ำยางสดมีผลต่อค่าทนต่อแรงดึงเล็กน้อยที่ระยะเวลาเก็บน้ำยางสดนาน 45 วัน และมีผลต่อค่าโมดูลัสทั้งก่อนและหลังบ่มเร่งโดยฟิล์มยาง โดยมีค่าทนต่อแรงดึง และค่าโมดูลัสต่ำกว่าที่ระยะเวลาเก็บนาน 0 วัน และ 15 วัน อาจเนื่องจากระยะเวลาเก็บน้ำยางสดนาน แต่ค่าเสถียรภาพเชิงกล (MST) ต่ำ จึงใช้แรงดึงน้อยกว่าที่ระยะยืด 500% แม้ว่าปริมาณเจลสูง

อย่างไรก็ตามปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพฟิล์มยางอย่างมีนัยสำคัญ คือ ปริมาณ  $\text{NH}_3$  ในน้ำยางสด 0.80%w/w ที่ระยะเวลาเก็บนาน 45 วัน ส่งผลให้ค่าทนต่อแรงดึงต่ำ ปริมาณแอมโมเนียมลอเรตที่น้อยเกินไปอาจทำให้ค่าทนต่อแรงดึง และโมดูลัสต่ำ

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

#### 5.1 ผลกระทบของสารเคมีและระยะเวลาเก็บน้ำยางสดที่มีต่อสมบัติน้ำยางสด

##### 5.1.1 ปริมาณ $\text{NH}_3$

สภาวะรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยแอมโมเนีย 0.35%w/w ร่วมกับ TZ 0.05%w/w เป็นปริมาณที่เพียงพอในการรักษาสภาพน้ำยางสดก่อนเซนทรีฟิวส์ได้นานถึง 45 วัน โดยมีปริมาณกรดไขมันระเหยได้ไม่เกิน 0.05 เมื่อเปรียบเทียบกับรักษาสภาพด้วยปริมาณแอมโมเนียที่เพิ่มขึ้นเป็น 0.60%w/w และ 0.80%w/w ร่วมกับ TZ ค่าปริมาณกรดไขมันระเหยได้แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย และปริมาณแอมโมเนียที่เพิ่มขึ้นในน้ำยางสดไม่มีผลกระทบต่อปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางสดที่ลดลงและปริมาณฟอสเฟตในน้ำยางสดที่เพิ่มขึ้น

##### 5.1.2 ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด

เมื่อระยะเวลาเก็บน้ำยางสดนานขึ้นจาก 0-45 วัน ปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางสดมีปริมาณลดลง จากการเกิดเป็นซีบั๋ง ซึ่งเป็นสารประกอบของแมกนีเซียม ฟอสเฟต และแอมโมเนีย ( $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$ ) ซึ่งสามารถเกิดได้เองตามธรรมชาติเนื่องจากปริมาณฟอสเฟตในน้ำยางสดขึ้นกับระยะเวลาเก็บน้ำยางสดที่มากขึ้น และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 15 วันแรก จาก 50-200 ppm เพิ่มขึ้นเป็น 800-1,100 ppm เกิดจากการไฮโดรไลซิสฟอสโฟไลปิดในส่วนอนุภาคยางและส่วนเซรัม เป็นฟอสเฟตไอออน กลีเซอรอล คาร์บอกซิเลตแอนไอออน และเบสของสารอินทรีย์ จึงสามารถตรวจวัดปริมาณฟอสเฟตเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาเก็บน้ำยางมากขึ้น ปริมาณฟอสเฟตของน้ำยางสดไม่มีความสัมพันธ์ชัดเจนกับปริมาณแอมโมเนียที่ใช้รักษาสภาพน้ำยาง

#### 5.2 ผลกระทบของสารเคมีและระยะเวลาเก็บน้ำยางสดที่มีต่อสมบัติน้ำยางข้น

##### 5.2.1 ปริมาณ $\text{NH}_3$

เป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปริมาณกรดไขมันระเหยได้ของน้ำยางข้นมากที่สุด น้ำยางข้นที่มีคุณภาพในเกณฑ์ของบริษัทไทยรับเบอร์ลาเทคซ์คอร์ปอเรชั่น (ประเทศไทย) จำกัด มหาชน ต้องมีค่าปริมาณกรดไขมันระเหยได้ของน้ำยางข้นไม่เกิน 0.025 ซึ่งสามารถผลิตจากน้ำยางสดเก็บรักษาที่ระยะเวลา 0 วัน หรือน้ำยางสด ๆ รักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย



0.35-0.80%w/w ร่วมกับ TZ 0.05%w/w จนกระทั่งอายุน้ำยางชั้น 2 เดือน แต่เมื่อน้ำยางสด ถูกเก็บนาน 15 30 และ 45 วัน ถูกเซนทริฟิวส์เป็นน้ำยางชั้น คุณภาพน้ำยางชั้นที่มีปริมาณกรดไขมันระเหยได้ไม่เกิน 0.025 มีอายุที่ 50 วัน 40 วัน และ 30 วัน ตามลำดับ นั่นคือ น้ำยางสดที่เก็บไม่นาน สามารถผลิตเป็นน้ำยางชั้นคุณภาพดี ไม่บูดเน่าสังเกตจากปริมาณกรดไขมันระเหยได้ของน้ำยางชั้นไม่เกิน 0.025 เป็นระยะเวลาจนถึง 2 เดือน แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณา ค่า MST ของน้ำยางชั้นได้จากการเก็บน้ำยางสดเป็นระยะเวลา 0-45 วัน รักษาสภาพด้วย แอมโมเนีย 0.35%w/w ร่วมกับ TZ 0.05%w/w มีค่าสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องมากกว่า 1,000 s เป็นคุณภาพน้ำยางชั้นปกติ แต่ถ้ารักษาสภาพด้วยแอมโมเนียสูงเป็น 0.60%w/w และ 0.80%w/w ไม่เหมาะสมที่เก็บน้ำยางสดถึง 45 วัน เนื่องจากค่า MST ของน้ำยางชั้นต่ำกว่า 500 s เป็นผลจากค่าปริมาณกรดไขมันระเหยได้สูง

### 5.2.2 ปริมาณ DAP

ปริมาณการเติม DAP ในน้ำยางสด มีผลโดยตรงต่อปริมาณแมกนีเซียมและปริมาณฟอสเฟตในน้ำยางชั้น เนื่องจากเป็นการตกตะกอนแมกนีเซียมในรูป  $MgNH_4PO_4$  และเป็นการเติมสารประกอบฟอสเฟตในน้ำยาง พบว่าปริมาณแมกนีเซียมสูงในระดับ 100 ppm มีผลกระทบต่อสมบัติน้ำยางชั้น ได้แก่ ความหนืดเพิ่มขึ้น และ MST ต่ำลง จากการเกิดพันธะไอออนิก และการเติม DAP ในน้ำยางสดในปริมาณมากเกินไป จนปริมาณฟอสเฟต 400-900 ppm ทำให้เกิดเจลมากขึ้น อาจเป็นเพราะพันธะที่เกิดขึ้นระหว่างหมู่ฟอสเฟตและโมเลกุลของยาง ส่งผลให้เพิ่มความหนืดในน้ำยางชั้น ปริมาณฟอสเฟตที่มากเกินไปจนถึง 900 ppm ไม่มีผลกระทบต่อค่า MST ของน้ำยางชั้น

### 5.2.3 ปริมาณแอมโมเนียลอเรต

ปริมาณแอมโมเนียลอเรตในน้ำยาง มีผลกระทบต่อค่า MST ของน้ำยางชั้นมากที่สุด เนื่องจากแอมโมเนียลอเรตเป็นสบู่ของกรดไขมัน ลอเรตแอนไอออนสามารถเพิ่มประจุลบล้อมรอบอนุภาคยาง และปริมาณแอมโมเนียลอเรตในน้ำยางชั้นยังมีผลต่อ VFA No. ของน้ำยางชั้น เมื่อปริมาณมากขึ้น ค่า VFA No. ต่ำลง เมื่อปริมาณแอมโมเนียลอเรตในน้ำยางชั้นมากขึ้น ค่า VFA No. ต่ำลง เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของแอมโมเนียลอเรตแอนไอออนสามารถช่วยรักษาสภาพน้ำยางชั้นได้ และมีผลกระทบต่อปริมาณโปรตีนละลายน้ำ เนื่องจากชะล้างโปรตีนออกจากอนุภาคยางได้ และล้อมรอบแทนที่โปรตีนธรรมชาติในอนุภาคยางด้วยลอเรตแอนไอออน น้ำยางจึงไม่เสียสภาพแม้ว่าโปรตีนถูกชะล้างออก ปริมาณโปรตีนละลายน้ำน้อยลงเมื่อเติมแอมโมเนียลอเรตมากขึ้น ส่วนปริมาณเจล ปริมาณฟอสเฟตในน้ำยางชั้นไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณแอมโมเนียลอเรตที่เติมในน้ำยาง อย่างไรก็ตามปริมาณแอมโมเนียลอเรตที่เหมาะสมในการเติมในน้ำยางสดและน้ำยางชั้น ให้พิจารณาจากความต้องการ หรือขัดข้องกับลูกค้าแต่

ละรายเป็นหลัก แต่โดยทั่วไปต้องการค่า MST ช่วง 900-1,200 s ซึ่งสำหรับบริษัทไทยรับเบอร์ลาเท็กซ์คอร์ปอเรชั่น (ประเทศไทย) จำกัด มหาชน วัตถุประสงค์ใช้น้ำยางสดรับเข้ามีอายุเฉลี่ยประมาณ 15 วัน การเติมแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางสดปริมาณ 0.01%w/w และในน้ำยางข้นปริมาณ 0.03%w/w หรือน้อยกว่าเล็กน้อย เป็นปริมาณที่เพียงพอในการผลิตน้ำยางข้นให้มีค่า MST ภายใน 1,200 s แต่ปัจจุบันมีการคำนึงถึงปริมาณโปรตีนละลายน้ำในน้ำยางข้นเพิ่มขึ้น เนื่องจากต้องการปริมาณโปรตีนละลายน้ำในน้ำยางข้นปริมาณต่ำ ซึ่งขึ้นกับปริมาณโปรตีนในน้ำยางสดด้วย เพราะน้ำยางสดมีโปรตีนไม่เท่ากันในแต่ละฤดูกาล ดังนั้นการเลือกเติมปริมาณแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางสดหรือในน้ำยางขนนั้น นอกจากค่า MST อาจต้องคำนึงถึงการลดปริมาณโปรตีนละลายน้ำด้วย

#### 5.2.4 ปริมาณ TZ

ปริมาณ TZ ในน้ำยางสด นอกจากมีผลต่อค่า VFA No. ของน้ำยางสดและน้ำยางข้นโดยตรงแล้ว ยังมีผลต่อค่า MST และความหนืดในน้ำยางข้น โดยค่า MST มีแนวโน้มต่ำลงเมื่อปริมาณ TZ มากขึ้น เนื่องจากปริมาณซิงค์ไอออนมากขึ้น เกิดเจลจากพันธะไอออนิกกับโมเลกุลยางทำให้เสถียรภาพของน้ำยางต่ำลง แต่ในปริมาณ TZ ช่วง 0.025-0.08%w/w ไม่มีผลต่อค่า MST มากนักในกรณีน้ำยางสดถูกเก็บไม่เกิน 1 เดือน และความหนืดจะสูงขึ้นประมาณ 10 cPs ซึ่งอาจเกิดจากสารประกอบระหว่างซิงค์กับแอมโมเนียมไอออนถูกดูดซับอยู่ที่ผิวของอนุภาคยาง เกิดเป็นซิงค์เอมีนอะซิเตต ซึ่งเป็นสารทำลายเสถียรภาพน้ำยาง น้ำยางจึงหนืดขึ้น อย่างไรก็ตามปริมาณ TZ ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณโปรตีนละลายน้ำในน้ำยางข้น ปริมาณ TZ ที่เหมาะสมในการรักษาคุณภาพน้ำยางสดร่วมกับแอมโมเนีย 0.35%w/w ที่ระยะเวลาเก็บน้ำยางสดนานเฉลี่ย 15 วัน โดยมีค่า VFA No. ในน้ำยางข้นไม่เกิน 0.025 ที่อายุน้ำยางข้น 2 เดือน ปริมาณ TZ ที่เหมาะสม คือ 0.50%w/w โดยค่า MST อยู่ในเกณฑ์ปกติ แต่สำหรับน้ำยางสดเก็บนานถึง 30 วัน ปริมาณ TZ ที่เหมาะสม คือ 0.80%w/w แต่เนื่องจากค่า MST มีค่าต่ำกว่า 500 s จึงต้องเติมแอมโมเนียมลอเรตเพิ่มในน้ำยางเพื่อช่วยเพิ่มค่า MST

#### 5.2.5 ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด

ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด มีผลกระทบต่อสมบัติน้ำยางข้นหลายประการ คือ ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ ค่า MST ปริมาณแมกนีเซียม ปริมาณฟอสเฟต ปริมาณเจล และความหนืดของน้ำยางข้น โดยปริมาณกรดไขมันระเหยได้เพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาเก็บนานขึ้น เนื่องจากการทำงานของแบคทีเรีย ค่า MST ของน้ำยางข้น เพิ่มขึ้นสูงที่สุดที่ระยะเวลาการเก็บน้ำยางสดนาน 15 วัน เนื่องจากเมื่อระยะเวลาเก็บน้ำยางสดนานขึ้น เกิดสปูคาร์บอเนตและไอออนของกรดไขมัน และฟอสเฟตไอออนได้มากขึ้น ความเป็นประจุมากขึ้น เสถียรภาพน้ำยางจึงดีขึ้น แต่เมื่อเก็บนานเกินถึง 30 วัน และ 45 วัน ค่า MST เริ่มต่ำลง เนื่องจากเกิดเจล การเกิด

เชื่อมโยงกันสายโซ่โมเลกุลยาง และความหนืดในน้ำยางมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บน้ำยางสด ปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางชั้นมีผลโดยตรงกับเสถียรภาพของน้ำยางชั้น เนื่องจากความเป็น divalent metal ion ลดเสถียรภาพคาร์บอกซิเลตแอนไอออน และเกิดเจลกับโมเลกุลยาง แต่มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาเก็บน้ำยางชั้น ในน้ำยางชั้นมีปริมาณแมกนีเซียมไอออนน้อยกว่า ในน้ำยางสด จึงมีอัตราการลดลงต่ำกว่า ส่วนปริมาณฟอสเฟตสัมพันธ์โดยตรงกับอายุน้ำยางชั้น เช่นกัน โดยเพิ่มขึ้นเมื่ออายุน้ำยางชั้นเพิ่มขึ้นที่อัตราการเพิ่มมากขึ้นในช่วง 30-60 วัน อัตราการเพิ่มขึ้นไม่มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการเก็บน้ำยางสด เนื่องจากเกิดการไฮโดรไลซิสของกรดไขมันได้มากขึ้นเมื่อระยะเวลาเก็บน้ำยางนานขึ้น ซึ่งเกิดทั้งคาร์บอกซิเลตแอนไอออน และฟอสเฟตไอออน และปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความหนืดของน้ำยางชั้นอย่างมีนัยสำคัญ คือระยะเวลาเก็บน้ำยางสด โดยเมื่อเก็บนานขึ้นปริมาณเจลมากขึ้น ความหนืดจึงมากขึ้น และพบว่าความหนืดมีความสัมพันธ์กับปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางชั้นอย่างมีนัยสำคัญจากการเกิดพันธะไอออนิกระหว่างไอออนของแมกนีเซียมและสายโซ่โมเลกุลยาง

### 5.3 ผลกระทบของสารเคมีและระยะเวลาเก็บน้ำยางสดที่มีต่อการจับตัวน้ำยางสกิม

#### 5.3.1 ปริมาณ $\text{NH}_3$

ความเข้มข้นแอมโมเนียในน้ำยางสด มีผลกระทบต่อการจับตัวของน้ำยางสกิม โดยความเข้มข้นแอมโมเนียในน้ำยางสดสูง ส่งผลต่อปริมาณแอมโมเนียในน้ำยางสกิมที่สูงขึ้น ปริมาณกรดที่ใช้ในการปรับความเป็นกรดต่างมากขึ้น เมื่อน้ำยางสกิมไม่จับตัวการเติมกรดซัลฟิวริกเพิ่มประมาณ 1-3 เท่า สามารถปรับปรุงการจับตัวของน้ำยางสกิมได้ในกรณีเป็นน้ำยางสกิมได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียต่ำเท่านั้น

#### 5.3.2 ปริมาณ DAP

ปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางสกิมมีผลโดยตรงต่อการจับตัวน้ำยางสกิม เนื่องจากความเป็น divalent cation ทำลายเสถียรภาพความเป็นประจุลบของอนุภาคยางได้ จึงทำให้ น้ำยางสกิมจับตัวได้ดีขึ้นเมื่อแมกนีเซียมในน้ำยางสกิมมาก ปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางสกิม สอดคล้องกับปริมาณการเติม DAP ในน้ำยางสด หากเติม DAP ในน้ำยางสดมาก แมกนีเซียม ในน้ำยางสกิมต่ำลงมากด้วย ทั้งปริมาณแมกนีเซียมและปริมาณฟอสเฟตในน้ำยางสกิมมีผลต่อการจับตัวของน้ำยางสกิม เนื่องจากแมกนีเซียมไอออนสามารถลดเสถียรภาพน้ำยางและฟอสเฟตสามารถเพิ่มเสถียรภาพน้ำยางสกิม น้ำยางสกิมที่มีปริมาณต่ำสูง แสดงถึงการมีสารอินทรีย์สูง รวมถึงแมกนีเซียมไอออน ซึ่งทำให้น้ำยางสกิมจับตัวดีขึ้น ดังนั้นปริมาณต่ำในน้ำยางสกิม สามารถป้องกันการจับตัวยากของน้ำยางสกิมได้

### 5.3.3 ปริมาณแอมโมเนียมลอเรต

ปริมาณแอมโมเนียมลอเรตในน้ำยางสดมีผลโดยตรงต่อการจับตัวของน้ำยางสกิม โดยปริมาณแอมโมเนียมลอเรตมากขึ้น เพิ่มเสถียรภาพในน้ำยางสกิม น้ำยางสกิมจึงจับตัวยาก และระยะเวลาเก็บน้ำยางสดนาน 15 วัน น้ำยางสกิมไม่จับตัว อาจเป็นเพราะเมื่อระยะเวลาผ่านไป โปรตีนและฟอสโฟไลปิดซึ่งเป็นส่วนที่ไม่ใช่ยางจำนวนมากในน้ำยางสกิม เพิ่มสมบัติความเป็นคอลลอยด์ของอนุภาคยางได้มากขึ้น จากการที่โปรตีนซึ่งมีสมบัติเป็นแอมโฟเทอริก ในสภาวะที่เป็นเบสจะอยู่ในรูปคาร์บอกซิเลตแอนไอออน และฟอสโฟไลปิดถูกไฮโดรไลซ์ อยู่ในรูปสายโซ่โมเลกุลยาวคาร์บอกซิเลตแอนไอออน และฟอสเฟตแอนไอออน น้ำยางสกิมจึงมีเสถียรภาพมากขึ้น แสดงให้เห็นถึงการจับตัวยากของน้ำยางสกิมได้

### 5.3.4 ปริมาณ TZ

ปริมาณ Zn ที่เติมในน้ำยางสด เมื่อเซนตริฟิวส์พบปริมาณ Zn อยู่ในส่วนน้ำยางสกิมมากกว่าในน้ำยางชั้น เพราะเป็นโลหะความถ่วงจำเพาะสูงกว่าน้ำยางชั้น จึงแยกออกมาพร้อมกับน้ำยางสกิมเป็นส่วนใหญ่ เมื่อเปรียบเทียบการจับตัวของน้ำยางสกิมในสภาวะที่มี TZ และไม่มี TZ พบว่าลักษณะการจับตัวแตกต่างกัน โดยน้ำยางสกิมไม่มี TZ มีลักษณะจับตัวเป็นก้อนแน่น เสร้ขั้วขาวขุ่น จากการมีเม็ดยางเหลือในขั้วหลังจากเติมกรด แต่เมื่อในน้ำยางสดมี TZ ในปริมาณ 0.025%-0.080%w/w น้ำยางสกิมจับตัวกันลักษณะเป็นก้อนยางเกาะกลุ่มกัน เห็นการแยกชั้นขั้วใส ซึ่งหมายถึงซิงค์ไอออนที่อยู่ในน้ำยางสกิมช่วยจับตัวเม็ดยางเล็กๆ ได้หมด เนื่องจากอาจเกิดพันธะกับส่วนที่ไม่ใช่ยางอื่นๆ เป็นเจลขัดขวางการจับตัวของอนุภาคยางสกิม จึงเกิดเป็นลักษณะก้อนยางเกาะกลุ่มกัน

### 5.3.5 ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด

ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญกับการจับตัวของน้ำยางสกิม โดยระยะเวลาเก็บรักษาน้ำยางสด 15 วันขึ้นไป น้ำยางสกิมไม่จับตัวเมื่อเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น สาเหตุการไม่จับตัวของน้ำยางสกิม หลังจากเก็บน้ำยางสดนาน อาจเนื่องจากปริมาณคาร์บอกซิเลตแอนไอออน และฟอสเฟตไอออนในน้ำยางมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาเก็บน้ำยาง ซึ่งเป็นไอออนที่เพิ่มความเสถียรของน้ำยาง และเมื่อเซนตริฟิวส์ ส่วนแอนไอออนซึ่งเป็นส่วนที่ไม่ใช่ยาง ถูกกำจัดออกมาในส่วนของน้ำยางสกิมมากกว่าอยู่ในน้ำยางชั้น เสถียรภาพน้ำยางสกิมเพิ่มมากขึ้น จึงจับตัวยากขึ้น การเติมกรดในปริมาณมากขึ้นเพื่อช่วยจับตัวยาง ช่วยปรับปรุงการจับตัวได้เล็กน้อยเท่านั้นในกรณีที่น้ำยางสดรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียความเข้มข้นต่ำ ซึ่งส่งผลให้ปริมาณแอมโมเนียในน้ำยางสกิมต่ำลงด้วย

#### 5.4 การศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการจับตัวของน้ำยางสกิม

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Zeta potential ปริมาณไนโตรเจนของน้ำยางสกิม และปัจจัยที่ส่งผลให้น้ำยางสกิมจับตัวยาก ได้แก่ ปริมาณแอมโมเนีย ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด และระยะเวลาเก็บน้ำยางสกิม เพื่อหาสาเหตุของการจับตัวยากของน้ำยางสกิม ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่าง Zeta potential ปริมาณไนโตรเจน และปริมาณแอมโมเนียของน้ำยางสกิม ระยะเวลาเก็บของน้ำยางสด และระยะเวลาเก็บของน้ำยางสกิม ดังนั้นสาเหตุของการจับตัวยากของน้ำยางสกิมจึงไม่ใช่ความเป็นประจุของอนุภาคยางสกิมและปริมาณไนโตรเจนที่คาดว่ามากขึ้น และจากการศึกษาเพิ่มเติมสมบัติของน้ำยางสกิม ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณฟอสเฟต ปริมาณเจล ปริมาณแก้ว พบว่าปริมาณฟอสเฟตที่เพิ่มขึ้นในน้ำยางสกิมถึง 8,000 ppm ทำให้น้ำยางสกิมจับตัวยากขึ้น ปริมาณเจลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการจับตัวยากของน้ำยางสกิม ซึ่งอาจเป็นได้ว่า เจลที่เกิดขึ้นเป็นเจลที่เกิดจากส่วนที่ไม่ใช่ยางที่มีมากกว่าเนื้อยางในน้ำยางสกิม เกิดพันธะเชื่อมโยงระหว่างกันเอง และปริมาณแก้วที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำยางสกิม ซึ่งอาจเป็นโลหะหรือไอออนของโลหะ เช่น แมกนีเซียม ทำให้น้ำยางสกิมจับตัวได้ดีขึ้น

#### 5.5 แนวทางการแก้ไขปัญหการไม่จับตัวของน้ำยางสกิม

เนื่องจากความเป็นประจุของอนุภาคยางสกิม และปริมาณไนโตรเจน ไม่มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาเก็บน้ำยางสดและน้ำยางสกิม ซึ่งส่งผลต่อการจับตัวยากของน้ำยางสกิม และสาเหตุอาจมาจากการเกิดพันธะระหว่างส่วนที่ไม่ใช่ยางในน้ำยางสกิม เนื่องจากปริมาณเจลที่เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาเก็บน้ำยางสกิมมากขึ้นแต่น้ำยางสกิมจับตัวยากขึ้น จากงานวิจัยเกี่ยวกับการลดปริมาณโปรตีนเพื่อแก้ไขปัญหาน้ำยางสกิมไม่จับตัว โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือพอลิเมอร์ในปริมาณ 3% และ 0.2% ตามลำดับ ซึ่งเป็นปริมาณสูง ส่งผลให้มีต้นทุนด้านสารเคมีสูง หรือใช้เอ็นไซม์ ซึ่งใช้ในปริมาณน้อยแต่เกิดปัญหา สามารถแก้ไขให้น้ำยางสกิมจับตัวเป็นก้อนแน่นได้ แต่พบปัญหาในขั้นตอนการอบยางสกิม หรือไม่ทนต่อการออกซิเดชัน จึงเลือกแนวทางแก้ไขการไม่จับตัวของน้ำยางสกิมที่มีความเหมาะสมด้านต้นทุนสารเคมี การปฏิบัติงานไม่ยุ่งยาก และไม่พบปัญหาในการอบหรือคุณภาพยางสกิม โดยการใช้พอลิเมอร์ประเภทพอลิอะคริลาไมด์และแคลเซียมคาร์บอเนตร่วมกับกรดซัลฟิวริกเข้มข้นในการปรับปรุงน้ำยางสกิมที่ไม่จับตัวเป็นจับตัวเป็นกลุ่มก้อนยางสกิมเกาะกัน โดยมีต้นทุนสารเคมีเพิ่มขึ้นเพียง 0.30 บาท ต่อยางสกิมบล็อก 1 kg การปฏิบัติงานง่ายไม่ยุ่งยาก เพิ่มขึ้นตอนเพียงละลายพอลิเมอร์ และเติมสารเคมีลงในบ่อน้ำยางสกิม ไม่พบปัญหาขณะอบยางสกิม และไม่พบลูกค้ำแจ้งปัญหาในผลิตภัณฑ์

## 5.6 ผลกระทบของสารเคมีและระยะเวลาเก็บน้ำยางสดที่มีต่อดัชนีการบวมตัวของน้ำยางคอมปาวด์

### 5.6.1 ปริมาณแอมโมเนีย

$\text{NH}_3$  ในน้ำยางสดความเข้มข้น 0.35-0.80%w/w ไม่มีผลกระทบต่อดัชนีการบวมตัวของยางคอมปาวด์

### 5.6.2 ปริมาณ DAP

เมื่อเติม DAP ปริมาณมากในน้ำยางสด ส่งผลให้ปริมาณฟอสเฟตในน้ำยางชั้นมีค่า 400-900 ppm ส่งผลกระทบต่อดัชนีการบวมตัวของยางคอมปาวด์ โดยดัชนีการบวมตัวต่ำลงเนื่องจากฟอสเฟตเกิดพันธะกับโมเลกุลยางได้ ทำให้การเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลของยางสูงขึ้น ระดับการวัลคาไนซ์จึงต่ำลง

### 5.6.3 ปริมาณแอมโมเนียมลอรเรต

เมื่อปริมาณแอมโมเนียมลอรเรตในน้ำยางสูงขึ้น ส่งผลให้เสถียรภาพน้ำยางชั้นเพิ่มขึ้น การเกิดพันธะเชื่อมโยงในน้ำยางคอมปาวด์จึงยากขึ้น โดยค่าดัชนีการบวมตัวสูง และสังเกตได้ว่าปริมาณแอมโมเนียมลอรเรตในน้ำยางชั้น มีผลกระทบต่อดัชนีการบวมตัวมากกว่าในน้ำยางสด เห็นได้จากเมื่อเติมแอมโมเนียมลอรเรตในน้ำยางชั้นสูง ดัชนีการบวมตัวสูงกว่าในสภาวะเติมแอมโมเนียมลอรเรตในน้ำยางสดเพิ่มขึ้น นั่นคือ ใช้เวลาการบ่มน้ำยางคอมปาวด์มากขึ้น เพื่อให้มีการบวมตัวต่ำเพียงพอสำหรับการจุ่มฟิล์มยางธรรมชาติ

### 5.6.4 ปริมาณ TZ

ปริมาณ TZ ในน้ำยางสดที่มากขึ้น ส่งผลต่อปริมาณ TZ ที่มากขึ้นในน้ำยางชั้นด้วย เมื่อปริมาณ TZ ในน้ำยางชั้นมากขึ้น ไม่มีผลต่อค่าดัชนีการบวมตัวของน้ำยางคอมปาวด์

### 5.6.5 ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด

ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด 0-45 วัน ไม่มีผลกระทบต่อดัชนีการบวมตัวของน้ำยางคอมปาวด์

## 5.7 ผลกระทบของสารเคมีและระยะเวลาเก็บน้ำยางสดที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของฟิล์มยาง

เมื่อนำน้ำยางคอมปาวด์จุ่มฟิล์มบนแผ่นกระจก สังเกตสมบัติทางกายภาพของฟิล์มยาง ได้แก่ ค่าความทนต่อแรงดึง และโมดูลัส 500% ก่อนปมแรงและหลังปมแรง ที่อาจได้รับผลกระทบจากสภาวะปริมาณสารเคมีและระยะเวลาเก็บน้ำยางสด

### 5.7.1 ปริมาณ $\text{NH}_3$

เมื่อฟิล์มยางที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียในความเข้มข้น 0.80%w/w ระยะเวลาเก็บรักษา 0 วัน ค่าความทนต่อแรงดึงของฟิล์มยางก่อนปมแรงมีค่าต่ำกว่าฟิล์มยางจากน้ำยางสดเก็บนาน 45 วัน อาจเป็นเพราะฟิล์มยางไม่แข็งแรงเนื่องจากน้ำยางชั้นมีการเกิดเจลต่ำเนื่องจากอายุน้ำยางน้อย และเสถียรภาพ (MST) ต่ำเมื่อแอมโมเนียสูง และเห็นได้ว่าเมื่อฟิล์มยางที่ได้จากน้ำยางสดระยะเวลาการเก็บนานขึ้นเป็น 45 วันมีค่าความทนต่อแรงดึงสูงขึ้น อาจเนื่องจากเกิดเจลในน้ำยางชั้นสูงกว่า ช่วยส่งเสริมพันธะเชื่อมโยงในกระบวนการจุ่มฟิล์มยาง และปริมาณแอมโมเนียสูงในน้ำยางสดมีผลต่อค่าโมดูลัส หลังปมแรงที่อุณหภูมิ  $100^\circ\text{C}$  นาน 22 h มีค่าสูง อาจเป็นเพราะปริมาณแอมโมเนียสูงในน้ำยางธรรมชาติ ทำให้เกิดเจลในน้ำยางธรรมชาติ และส่งผลต่อสมบัติเชิงกลใช้แรงดึงมากขึ้นของฟิล์มยางธรรมชาติ ที่ระยะยืด 500%

### 5.7.2 ปริมาณ DAP

ปริมาณฟอสเฟตที่มากเกินไปถึง 900 ppm ในน้ำยางชั้นทำให้ค่าความทนต่อแรงดึงหลังปมแรงสูงขึ้น และค่าโมดูลัสหลังปมแรงต่ำลง

### 5.7.3 ปริมาณแอมโมเนียมลอรเรต

ปริมาณแอมโมเนียมลอรเรตเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ ค่าความทนต่อแรงดึง และค่าโมดูลัสของฟิล์มยางทั้งก่อนและหลังปมแรงเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการวัลคาไนซ์ต่ำในช่วงเวลาการปม จึงสามารถวัลคาไนซ์ขณะอบได้มากขึ้น ความแข็งแรงของฟิล์มยางธรรมชาติเพิ่มขึ้น ค่าความทนต่อแรงดึงจึงสูงขึ้นทั้งก่อนและหลังปมแรง

### 5.7.4 ปริมาณ TZ

ปริมาณ TZ ไม่มีผลต่อค่าความทนต่อแรงดึงและค่าโมดูลัส 500% ของฟิล์มยาง

### 5.7.5 ระยะเวลาเก็บน้ำยางสด

ระยะเวลาเก็บน้ำยางสดมีผลต่อค่าความทนต่อแรงดึงเล็กน้อย โดยฟิล์มยางที่ได้จากการเก็บน้ำยางสดนานขึ้น ค่าความทนต่อแรงดึงสูงขึ้นจากการเกิดเจลที่มากขึ้น แต่ไม่มีผลต่อค่าโมดูลัสทั้งก่อนและหลังบ่มแรงของฟิล์มยาง

อย่างไรก็ตามปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพฟิล์มยางอย่างมีนัยสำคัญ คือ ปริมาณแอมโมเนียในน้ำยางสด 0.80%w/w ที่ระยะเวลาเก็บนาน 0 วัน ส่งผลให้ค่าความทนต่อแรงดึงต่ำ และปริมาณแอมโมเนียมลอเร็ตที่น้อยเกินไปอาจทำให้ค่าความทนต่อแรงดึง และโมดูลัสต่ำ

## 5.8 ข้อเสนอแนะ

1. อย่างไรก็ตามหากต้องการพัฒนาระดับการจับตัวน้ำยางสกิมไม่จับตัวให้เป็นก้อนแน่ ยังต้องทำการศึกษาต่อไป โดยคำนึงถึงต้นทุนสารเคมีและความยุ่งยากในการปฏิบัติงานในระดับอุตสาหกรรมเป็นหลัก
2. การทดลอง plug in-plug out ในสายการผลิตของถุงมือ เป็นวิธีเตรียมขึ้นตัวอย่างถุงมือที่ใกล้เคียงการปฏิบัติงานจริงมากที่สุด ซึ่งทำให้การทดสอบสมบัติทางกายภาพของถุงมือใกล้เคียงกว่าลักษณะเป็นฟิล์มยาง และสามารถทดสอบเปรียบเทียบการรั่วได้ในเบื้องต้น
3. ตรวจสอบสมบัติของยางสกิมที่เตรียมได้โดยวิธีใช้พอลิเมอร์ร่วมในการจับตัวน้ำยางสกิม



### บรรณานุกรม

- กรมโรงงานอุตสาหกรรม. . อุตสาหกรรมยางพารา: กรรมวิธีการผลิต. เข้าถึงได้จาก:  
[http://www2 . diw.go.th/\\_Standard/Web/pane\\_files/Industry1 2. asp](http://www2.diw.go.th/_Standard/Web/pane_files/Industry1_2.asp) ( วันที่ สืบค้น  
 24 พฤษภาคม 2552).
- กระทรวงสาธารณสุข. 2552. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่องถุงมือสำหรับการตรวจโรค:  
 คุณภาพ มาตรฐาน ข้อกำหนดของถุงมือสำหรับการตรวจโรค. เข้าถึงได้จาก:  
[http://dmsic.moph.go.th/quality/quality1\\_73.htm](http://dmsic.moph.go.th/quality/quality1_73.htm) (วันที่สืบค้น 18 สิงหาคม 2552)
- กิตติ ประสานวงศ์วุฒิ. 2538. การปรับปรุงการควบคุมเสถียรภาพเชิงกลของน้ำยางธรรมชาติ.  
 วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพอลิเมอร์,  
 มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ.
- จรัญ พุ่มนง. 2537. ผลของสบู่ออกฤทธิ์จับตัวน้ำยางสกิม. บทคัดย่องานวิจัยระดับปริญญาตรีปี  
 การศึกษา 2537 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาเทคโนโลยียาง  
 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. เข้าถึงได้จาก: [http://www.sat.psu.  
 ac.th/polymer/standard](http://www.sat.psu.ac.th/polymer/standard) (วันที่สืบค้น 8 มีนาคม 2551).
- จิตรลดา สารสัสดีกุล และจิตต์ลัดดา ศักดาภิพาณิชย์. 2548. ที่มาของสมบัติคอลลอยด์ของอนุภาค  
 จากธรรมชาติ. เข้าถึงได้จาก: [http://www.scisoc.or.th/stt/31/sec\\_e/paper/stt31\\_  
 E0133.pdf](http://www.scisoc.or.th/stt/31/sec_e/paper/stt31_). (วันที่สืบค้น 28/7/2552)
- ไชยะ คงมณี. 2540. การจับตัวน้ำยางสกิม. บทคัดย่องานวิจัยระดับปริญญาตรีปีการศึกษา 2540  
 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาเทคโนโลยียาง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยา  
 เขตปัตตานี. เข้าถึงได้จาก: <http://www.sat.psu.ac.th/polymer/standard> (วันที่สืบค้น  
 13 มกราคม 2551).
- ถุงมือยาง. กรมส่งเสริมการค้าส่งออก กระทรวงพาณิชย์. เข้าถึงได้จาก: [http://mdit.pbru.ac.th/sme  
 /Details/InvestmentExamples/1016.doc](http://mdit.pbru.ac.th/sme) (วันที่สืบค้น 29 มิถุนายน 2552).

นวรรตน์ มโนมัยสันติภาพ. 2537. การจับตัวน้ำยางสกิมจากแหล่งต่างๆ และการจับตัว. บทคัดย่อ งานวิจัย ระดับปริญญาตรีปีการศึกษา 2537 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขา เทคโนโลยียาง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. เข้าถึงได้จาก: <http://www.sat.psu.ac.th/polymer/standard> (วันที่สืบค้น 8 มีนาคม 2551).

ฝ่ายวิจัยและพัฒนา บ.ไทยรับเบอร์ลาเท็กซ์ กรุ๊ป จำกัด. 2545. คู่มือปฏิบัติงาน RDW-50: วิธีหาปริมาณเฟอสเฟตในน้ำยางธรรมชาติ.

ฝ่ายวิจัยและพัฒนา บ.ไทยรับเบอร์ลาเท็กซ์ กรุ๊ป จำกัด. 2549. คู่มือปฏิบัติงาน RDW-68: การทดสอบ %Swelling ของน้ำยางคอมปาวด์ (QST).

พงษ์ธร แซ่ฮุย. 2547. ยาง ชนิด สมบัติ และการใช้งาน. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค). พิมพ์ครั้งที่ 1.: กรุงเทพฯ.

พงศ์เพชร ศิริอนันต์. 2540. ผลของสารจับตัวต่อปริมาณโปรตีนในน้ำยางสกิม. บทคัดย่อ งานวิจัย ระดับปริญญาตรีปีการศึกษา 2540 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาเทคโนโลยียาง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. เข้าถึงได้จาก: <http://www.sat.psu.ac.th/polymer/standard> (วันที่สืบค้น 8 มีนาคม 2551).

พรศักดิ์ สมรโกรสรกิจ. กระบวนการโคแอกกูเลชัน (Coagulation) และฟล็อกคูเลชัน (Flocculation) ฝ่ายควบคุมคุณภาพน้ำ ส่วนวิเคราะห์ จัดการสิ่งแวดล้อม กองจัดการสิ่งแวดล้อมและมลพิษ เข้าถึงได้จาก: <http://www.mwa.co.th/download/etc01/coagulation.pdf> (วันที่สืบค้น 18 กรกฎาคม 2552).

ไพโรจน์ กลิ่นพิทักษ์ พรสิทธิ์ วงศ์บุญชริก และโยธิน ชีวงศ์. 2538. การผลิตยางโปรตีนต่ำจากน้ำยางพาราโดยใช้เอ็นไซม์ปาเปนและอัลคาเลส. รายงานการวิจัยระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปัตตานี.

ภูษิต รักษา. 2537. ความเสถียรของน้ำยางธรรมชาติ. บทคัดย่อ งานวิจัยระดับปริญญาตรีปีการศึกษา 2537 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาเทคโนโลยียาง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. เข้าถึงได้จาก: <http://www.sat.psu.ac.th/polymer/standard> (วันที่สืบค้น 14 มีนาคม 2551).

ฤทธิรงค์ จุฑามาศย์. 2541. การลดโปรตีนในยางสกีมโดยใช้เอ็นไซม์. บทคัดย่องานวิจัยระดับปริญญาตรีปีการศึกษา 2541 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาเทคโนโลยียาง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. เข้าถึงได้จาก: <http://www.sat.psu.ac.th/polymer/standard> (วันที่สืบค้น 8 มีนาคม 2551).

วราภรณ์ ขจรไชยกูล. 2549. ยางธรรมชาติ: การผลิตและการใช้งาน (Natural Rubber: Production and Applications) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). พิมพ์ครั้งที่ 1.: กรุงเทพฯ.

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2552. ยางธรรมชาติ. เข้าถึงได้จาก: <http://th.wikipedia.org/wiki/ยางธรรมชาติ> (วันที่สืบค้น 29 มิถุนายน 2552).

ศิริศักดิ์ สุขสุจริตพร. 2543. การตรวจลักษณะเฉพาะและการรวบรวมยางอนุภาคขนาดเล็กจากหางน้ำยางธรรมชาติ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พอลิเมอร์, มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ.

ศูนย์วิจัยยางสงขลา สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. 2532. วิธีการทดสอบน้ำยาง. พิมพ์ครั้งที่ 3: กรุงเทพฯ.

ศูนย์วิจัยยางสงขลา สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. 2545. วิธีการทดสอบน้ำยาง. พิมพ์ครั้งที่ 4: กรุงเทพฯ.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมยางไทย. 2552. ข้อมูลจากสถิติยางของประเทศไทย. เข้าถึงได้จาก: [http://www.rubbercenter.org/stat\\_thai.php](http://www.rubbercenter.org/stat_thai.php) (วันที่สืบค้น 24 พฤษภาคม 2552).

สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. 2538. คู่มือมาตรฐานยางแท่งเอสทีอาร์. พิมพ์ครั้งที่ 1.: กรุงเทพฯ.

สรุวุฒิ ว่องสิริชนม์. 2524. การปรับปรุงคุณภาพของยางสกีม วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต (ศึกษาศาสตร์) สาขาเทคโนโลยียาง คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เสาวนิต ใจสมุทร. 2536. การไม่จับตัวของน้ำยางสกีม: การแก้ปัญหา. บทคัดย่องานวิจัยระดับปริญญาตรีปีการศึกษา 2536 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาเทคโนโลยียาง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. เข้าถึงได้จาก: <http://www.sat.psu.ac.th/polymer/standard> (วันที่สืบค้น 8 มีนาคม 2551).

เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี. 2541. การผลิตยางธรรมชาติ. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. กรุงเทพฯ.

เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี, วิไลรัตน์ ชีวะเศรษฐกรรม และปิยะพร สอนจันทร์. 2549. สมบัติของน้ำยางธรรมชาติที่เก็บรักษาด้วยแอมโมเนียและสบู่อลเวต. เข้าถึงได้จาก: <http://www.stkc.go.th/redirect.php?id=3406&g=stportal>. (วันที่สืบค้น 15 กรกฎาคม 2552).

เอกสิทธิ์ อนันต์เจริญวงศ์. 2541. การเพิ่มความเข้มข้นของน้ำยางสกิมที่ลดไนโตรเจน. บทคัดย่อ งานวิจัยระดับปริญญาตรีปีการศึกษา 2541 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาเทคโนโลยียาง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. เข้าถึงได้จาก: <http://www.sat.psu.ac.th/polymer/standard> (วันที่สืบค้น 8 มีนาคม 2551).

Amirtharajah, A. and Mills, K.M. 1982. Rapid-mix design for mechanisms of alum coagulation, J. AWWA : 210-216.

ASTM D 412-98a Standard Test Method for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomer-Tension.

ASTM D 3578 - 05 Standard Specification for Rubber Examination Gloves.

ASTM D 5712: 99 Standard Test Methods for Analysis of Aqueous Extractable Protein in Natural Rubber and Its products using the Modified Lowry method.

Baimark, Y. 1998. A study to elucidate surface structure of rubber particles in natural rubber latex. A master thesis in department of chemistry in polymer science Thailand; Faculty of science, Mahidol University. Bangkok, Thailand.

Bateman, L. 1963. The chemistry and physics of rubber-like substance. Maclelaren and Sons Ltd., London.

Blackley, D.C. 1997. Polymer Lattices, Vol. 1. 2<sup>nd</sup> Ed. Chapman & Hall: London.

Blackley, D.C. 1997. Polymer Lattices, Vol. 2. 2<sup>nd</sup> Ed. Chapman & Hall: London.

Coleman, M.M., Shelton, J.R., Koenig, J.L. 1973. Raman and ESR spectroscopic studied of accelerator system. II. Thermal degradation vulcanizing systems and its significant to vulcanization mechanisms. *Rubber Chem Technol*, 45: 957.

Eng, A., Susumu, E., Kawahara, S., and Tanaka, Y. 1994. Structural Characteristics of Natural Rubber-Role of Ester Groups. *J. Appl. Polym. Sci.: Appl. Polym. Symposium*. 53: 5-14.

Ho, C.C., Subramaniam, A., and Yong, W.M. 1976. Lipid associated with the particles in Hevea latex. In: *International Rubber Conference Rubber Research Institute of Malaysia, Kuala Lumpur., Vol. 2. Kuala Lumpur: pp 441-56.*

Ho, C.C., Kondo T., Muramutsu, N, and Ohshima, H. 1996. Surface structure of natural rubber latex particle from electrophoretic mobility data. *Colloid interface Science* 178: 442-5.

Important Facts in Latex. เข้าถึงได้จาก: <http://www.latexglove.info/manufacturing.php>  
(accessed 29/6/2009)

ISO 35-1995: Latex rubber, natural, concentrate - Determination of mechanical stability.

ISO 124-1997: Latex, rubber - Determination of total solids content.

ISO 126-1995: Latex, rubber, natural concentrate - Determination of dry rubber content.

ISO 506-1992 (E): Rubber latex, natural, concentrate - Determination of volatile fatty acid number.

ISO 1652-1985: Natural rubber latex - Determination of viscosity.

ISO 2004-1997: Natural rubber latex concentrate - Centrifuge or creamed, ammonia-preserved types - Specification.

- Kakubo, T., Matsuura, Kawahara, S., and Tanaka, Y. 1998. Origin of characteristic properties of natural rubber-Effect of fatty acids on crystallization of *cis*-1,4- polyisoprene. *Rubber Chem. Technol.* 71, 70.
- Kruger, F.W.H., and McGill, W.J. 1992. A study of curative interactions in *cis*-1,4-polyisoprene. VII. Network mature reactions in the *cis*-1,4-polyisoprene/tetramethylthiuram disulfide/zinc oxide system. *J. Appl. Polym. Sci.*, 45: 573.
- Karunanayake, L., and Priyanthi Perera, G. M. 2006. Effect of magnesium and phosphate ions on the stability of concentrated natural rubber latex and properties of natural rubber latex-dipped products. *J. Appl. Polym. Sci.* 99: 3120-3124.
- Petri, C. and Pendle, T.D. 1997. Developments in Stabilisers for Natural Rubber Latex Compounds Information center of natural rubber. *Natuurrubber*. <http://www.rubberstichting.info/art2nr9.html> (accessed 15/06/09).
- Moonprasith, N., Sa-nganthomarong, P., Kongkaew, C. and Loykulnant, S. 2008. Effect of gelation on hydroxypropylmethycellulose in skim natural rubber latex serum. *Metals, Materials and Minerals*. 18(2): 89-91.
- Miller, L.P. 1973. *Phytochemistry*, New York:Van Nostrand Reinhold company, 2: 310.
- Nithi-Uthai, B., Nithi-Uthai, P., Wititsuwannakul, R., Promna, J., and Boonrasri, S. 1999. Uncoagulation Problem of skim latex. *Proc. 7<sup>th</sup> Seminar on Elastomer*. Bangkok.
- Ong, C.O. 1974. High Quality Rubber From Skim Latex, *Proc. Rubber. Res. Inst.*: 243.
- Robert, A.D. 1988. *Natural rubber science and technology*. Oxford University Press: New York.
- Rossini, M., Garcia, Garrido J., and Galluzzo, M. 1999. Optimization of the coagulation-flocculation treatment: influence of rapid mix parameters. *Water Research*. 33(8): 1817-1826.

Rubber Research Institute of Malaysia. 1979. RRIM Training manual on latex and rubber analysis Malaysia: Kuala Lumpur.

Samor.com. 2552. วิธีการผลิตน้ำยางชั้นของไทย. เข้าถึงได้จาก: [www.yangpara.com/Plant/rubbermethod.htm](http://www.yangpara.com/Plant/rubbermethod.htm). (วันที่สืบค้น 29 มิถุนายน 2552).

Sasidharan, K.K., Joseph, R., Palaty, S. 2005. Effect of vulcanization time and storage on the stability and physical properties of sulphur-prevulcanized natural rubber. J. App. Polym. Sci. 97: 1804-1811.

Siti, Maznah K., Baharin, A., Hanafi, I., Azhar, M.E., and Mas Rosemal Haim, M.H. 2008. Effect of soaking in potassium hydroxide solution on curing, tensile properties and extractable protein content of natural rubber films. Polym. Test. 27: 1013-1016.

Southern Non-Formal Education. เรื่องที่ 2 สารเคมีสำหรับผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง. เข้าถึงได้จาก: <http://south.nfe.go.th/elearning/courses/8/02paraproduc001.htm> (วันที่สืบค้น 29 กรกฎาคม 2552).

Tanaka, Y. Eng, A. H., Ohya, N., Tangpakdee, J., Kawahara, S. and Wilituwannakul, R. 1996. Initiation of rubber biosynthesis in *Hevea brasiliensis*: Characterization of initiating species by structural analysis. Phytochemistry. 41(6): 1501-1505.

Tanaka, Y. Kawahara, S. and Tangpakdee, J. 1997. Structural characterization of natural rubber. Kaut. Gumm. Kunst. 50:6.

Tangpakdee, J. 1998. Structure characterization of natural rubber: Analysis of biosynthesis mechanism, branching formation and role of rubber in Hevea tree. Ph.D. Thesis in department of material systems engineering. Faculty of technology, Tokyo University and technology, Japan.

Tangpakdee, J., and Tanaka, Y. 1998. Branching in natural rubber. J. Rubb. Res. 1(1):14-21.

- Tarachiwin, L., 2004. Structural characterization of Natural Rubber from *Hevea Brasiliensis*. Ph.D. Thesis, Polymer Science and Technology Faculty of Science, Mahidol University. Bangkok.
- Training group of Rubber Research Institute of Malaysia. 1982. Rubber processing Lecture note for diploma of Natural rubber processing: Kuala Lumpur.
- Tridib, T., and Bhudeb, R. 2006. Flocculation : A New Way to Treat the Waste Water. *J. Physical Sciences* 10: 93-127.
- Utama, M., Herwinarni, Sumarti, M., Siswanto, Suharyanto, and Ruslim S. 2009. Trial production of free protein allergen surgical gloves from irradiated natural rubber latex on factory scale. เข้าถึงได้จาก: [http://digilib.batan.go.id/atom-indonesia/fulltex/v31-n2-7-2005/Marga\\_Utama.pdf](http://digilib.batan.go.id/atom-indonesia/fulltex/v31-n2-7-2005/Marga_Utama.pdf) (accessed 4/08/09).
- Walpalage, S., Ganga, I., and Silva, K.M.D. 2008. Development of correlation between potassium hydroxide number and conductivity of concentrated natural rubber latex. *J. Appl. Polym. Sci.* 107(2): 1066-1070.
- Werathirachot, R. Danwanichakul, P. Kongkaew, C. and Loykulnant, S. 2008. Water soluble chitosan as an environment-friendly coagulant in removal skim of rubber particles from skim rubber latex. *Metals, Materials and Minerals.* 18(2): 93-97.
- Wren, W.G. 1942. Importance of acidic components in compounding ammonia-preserved latex with zinc oxide. *Transactions of Institution of the rubber industry.* 18(3): 91-114.
- Yu, H., L, S., Zhong, J., Xu, K. 2006. Effect of stearates on the thermal stability of chlorinated natural rubber from latex. *J. Appl. Polym. Sci.*, 99: 1981-1985.
- Yunyongwattanakorn, J., Sakadpipanit, J., Kawahara, S., Hikosaka, M., and Tanaka, Y., 2007. Effect of Gel on Crystallization Behavior Natural Rubber After Accelerator Storage Hardening Test. *J. Appl. Polym. Sci.* 160: 455-456.



ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก

## เอกสารการตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

Frontier Research in Nanoscale Science and Technology

## Effect of field natural rubber latex with different ammonia contents and storage period on physical properties of latex concentrate, stability of skim latex and dipped film

Sirinapa Santipanusopon<sup>a, b</sup> and Sa-ad Riyajan<sup>a\*</sup><sup>a</sup>Department of Polymer Science, Prince of Songkla University, Songkla, Thailand  
<sup>b</sup>Thai Rubber Latex Corporation (Thailand) Public Company Limited, Chonburi, Thailand

Elsevier use only: Received date here; revised date here; accepted date here

## Abstract

The effect of ammonia treatment in field natural rubber (NR) latex with different storage period time on the properties of concentrated NR latex and stability of skim latex was investigated. Fresh NR latex was treated with various ammonia contents such as 0.35, 0.60 and 0.80% w/w, and then they were centrifuged to get the concentrated NR latex with 60% dry rubber content (DRC) containing 0.16, 0.18 and 0.25% w/w, respectively and skim NR latex with roughly 5% DRC containing 0.42, 0.60 and 0.80% w/w, respectively. The effect of storage times with ~0, 15, 30 and 45 days for concentrated NR latex with different ammonia contents on their properties such as alkalinity, magnesium content and viscosity was observed. It was found that generally, magnesium content in field NR latex and latex concentrate decreased with storage period times. The alkalinity content in both concentrated NR and skim latex increased with increasing ammonia content in field latex. The viscosity of concentrated NR latex increased as a function of storage period time of field NR latex. The stability of skim latex depends on storage period time of field NR latex with different ammonias. The tensile strength of dipped films obtained from field NR latex with 0.80% w/w of ammonia was dependent on storage period time of field NR latex. © 2009 Elsevier B.V. All rights reserved.

PACS: 82.35.Np

Keywords: Ammonia, NR latex, Storage period, Skim coagulation

## 1. Introduction

Field NR latex (NRL) contains hydrocarbon (1, 4-*cis* polyisoprene) and non-rubber component constituting mainly carbohydrates, proteins and lipids in an aqueous serum phase [1-4]. Fresh NR latex are spontaneous coagulation and purification of NR latex occurring shortly after it leaves the tree, high ammonia (HA) of the latex is necessary to preservation. In latex concentrate, ammonia is clarified main preservative in both field latex and concentrated latex. Ammonia solution can inhibit bacteria action arising from high pH condition, hydrolyze fatty acid esters and in process form soaps that act as stabilizing bodies for the dispersed system [1].

\*Author to whom correspondence

Tel/Fax 66074-74-446925, E-mail address: [saadriyajan@hotmail.com](mailto:saadriyajan@hotmail.com)

From the behaviour of tappers, *Hevea* trees are tapped usually on alternate day before deliver to factory, the amount of ammonia treatment varies from about 0.3 to 0.8 % by weight of

latex with mixture of tetramethylthiuram disulfide and zinc oxide (TMTD/ZnO) expected affect the chemical stability of latex certainly [3]. The storage period of field latex is interesting factor have effect on latex properties supported by Tarachiwin L. and co-worker report [3-4]. The gel content of field and HA latex increased with an increasing storage period [3-4]. However, effect of field NR with different ammonia contents and storage period time on property of concentrated NR is still reported, so it would be done in this work. Commercial concentrated NR latex is produced by centrifugation, removing about two-thirds of the water-soluble non-rubber and skim rubber latex with smaller latex particles of the field latex [5-6]. NR particles of the field latex are stabilized via adsorbed proteins and phospholipids, which renders them amphoteric behaviour [7-8]. Hydrolysis of the phospholipids resulted in changes of the chemical composition of the rubber/water interface with time in latex concentrates well after production [8]. Thus the latex particles in HA latex concentrate are stabilized mainly by adsorbed long-chain fatty acid soaps, hydrolysis products of phospholipids. The role of adsorbed proteins on latex stabilization is less vital in latex concentrate.

This article investigates the effect of field NR latex with different ammonia contents and storage period times on the properties of concentrated NR latex and skim latex coagulation feature, obtained from the same batch of field NR latex. The methods for valuable quality of concentrated NR were alkalinity, magnesium content and viscosity. In addition, the property of film obtained from concentrated NR with different amounts of HA and storage period times was studied.

## 2. Materials and method

### *Materials*

Field latex, ammonia solution, the mixture of tetramethylthiuram disulfide (TMTD) and zinc oxide (ZnO), diammonium phosphate (DAP), ammonium laurate were to favour by Thai Rubber Latex Corporation (Thailand) Public Company Limited. Ammonium molybdate, ammonium metavanadate and methyl red were purchases by BDH (UK). Toluene, chloroform, methanol, sodium hydroxide, ammonium sulphate, ammonium chloride, sulphuric acid and hydrochloric acid were AR grade chemicals from Qrec. Barium hydroxide, sodium carbonate and EDTA and phenolphthalein were UNIVAR brand from Ajax Finechem Co. Ltd. Sodium deoxycolate, trichloroacetic acid, phosphotungstic acid, potassium cyanide and potassium hydrogen phthalate were from Merck. Phosphate buffer saline was commercial grade from Sigma. Silicone antifoam and Eriochrome black T were purchased from Fisher Science. Compounding chemicals dispersion including sulphur, accelerators, activator, antioxidant, soap, filler and coagulant were to favour by Research and development department of Thai rubber latex group Co., Ltd.

### *Preparation samples*

Field latex was preserved with  $\text{NH}_3$ , 0.35%, 0.60% and 0.80% w/w of latex and constant amount of mixture between TMTD and ZnO at ratio 1:1. The field latex samples were collected at ~0, 15, 30 and 45 days of storage periods. They were separated for adjusting properties before centrifugation by adding diammonium phosphate (DAP), ammonium laurate and water with Thai Rubber's specification of field latex before centrifugation. The total solid content (TSC), dry rubber content (DRC), Mg content were checked and kept them overnight for magnesium sedimentation. Field latex was centrifuged by Alpha Lava model to favour from Thai Rubber Latex Corporation (Thailand) Public Company Limited as concentrated NR latex and skim latex. They were taken from each batch of % $\text{NH}_3$  level and a point of storage time. The latex concentrate adjusted as high ammonia latex concentrate (HA latex) by adding  $\text{NH}_3$  to 0.65%-0.75% w/w of latex, ammonium laurate and water, then it kept at room temperature for 30 and 120 days.

### *Characterization*

The ammonia content in field and concentrated NR latex was determined by acid-base titration with hydrochloric acid. TSC and DRC of latex were carried out by Standard method ISO 124 and ISO 126, respectively.

Viscosity of latex was determined by using Brookfield viscometer Model LVF by Brookfield engineering laboratories, Inc. based on ISO 1652.

The content of magnesium ions was determined according to the developed method of Thai Rubber Company. A 10.00 g of latex concentrate was coagulated by sulphuric acid to get solid rubber and serum. The 10.00 mL of serum was addition of mixture of 5.00 mL  $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{NH}_4\text{OH}$  buffer solution (pH 10.5), 4.00 mL of 4.0% w/v KCN solution and 0.1 g Eriochrome back T as an indicator. The mixed latex was titrated with 0.005 M EDTA. The end point was determined by colour change of serum from purple to blue colour. The  $\text{Mg}^{2+}$  content (part per million on solid rubbers) was calculated from the following equation

$$\text{Mg content, ppm} = \frac{24.31 \times M \times V \times V_t}{\text{TSC} \times W}$$

where M is the molarity of EDTA, V is the volume of EDTA, mL,  $V_t$  is the total volume of serum, water and acid, mL, W is the weight for latex concentrate, gram and TSC is the total solid content of latex concentrate, %

Coagulation of skim latex studies were carried out in 3,000 mL beakers by addition of known amounts of commercial concentrated sulphuric acid. The time taken for of the skim latex coagulum to separate from the serum, known as the phase separation time, was recorded.

The compounded latex formula with the network group company of Thai Rubber Latex Group Co., Ltd. was maturated at room temperature for 24 hours. The glass plates were dipped in coagulant solution with the mixture of  $\text{CaCl}_2$  and  $\text{CaCO}_3$  and dried at 120 °C for 20 min using an air-circulating oven and then they were dipped into suitable maturated compounded latex. The dipped latex film on glass plate dried at 120 °C for 12 min. The physical testing of dried latex film was analyzed by universal testing machine Gotech brand model TCS 2000 based on ASTM D 412. Five dumbbell test pieces were cut from each film and the average thickness was calculated and then attached between the grips of a tensile testing machine and pulled at a rate of 500 mm/min.

### 3. Results and discussion

#### 1. Effect of field NR latex with different ammonia contents on alkalinity of concentrated NR latex and skim latex

The field NR with different ammonia contents had kept at room temperature for ~0, 15, 30 and 45 days, then they were centrifuged to get the concentrated NR and skim latex. The alkalinity of both concentrated NR and skim latex was observed. Table 1 shows the residual of ammonia content in concentrated NR and skim latex obtained from field NR latex with different ammonia contents at 0.35, 0.60 and 0.80% w/w. It was found that the residual of ammonia contents in both concentrated NR and skim latex increased with increasing ammonia content in field latex. Generally, the residual of ammonia or alkalinity in skim latex was higher than that of concentrated NR latex. The residual of alkalinity in skim latex was 0.42, 0.60 and 0.81 %w/w when they were obtained from fresh latex with different ammonia at 0.35, 0.60, and 0.80% w/w, respectively. Whereas, the residual of alkalinity in concentrated NR was as 0.16, 0.18 and 0.25 %w/w when they were derived from fresh latex with different ammonias at 0.35, 0.60, and 0.80% w/w, respectively.

#### 2. Effect of field NR latex with different ammonia contents and storage period times on magnesium of concentrated NR latex

Field NR latex contains about 5% non-rubber components including mono-, di- and trivalent metal ions with an amount greater than 200 ppm, depending on season and clone of rubber tree. If divalent or trivalent metal atoms such as  $\text{Mg}^{2+}$  and  $\text{Fe}^{3+}$  ions linked to rubber chains by ionic linkage, these metals can form ionic crosslink points [10]. The effect of ammonia concentration in field NR latex under storage period times on magnesium contents in field NR latex is shown in Table 2. It was found that the magnesium contents in field NR latex for all samples decreased with increasing storage period time of field NR latex. The magnesium content of sample in presence of 0.35% w/w ammonia obtained from ~0, 15, 30 and 45 days was 565, 389, 371 and 350 ppm, respectively. When the amount of ammonia in field sample increased from 0.35 to 0.80 % w/w at ~0, 15, 30 and 45 days of storage period times, the magnesium of this sample was 591, 453, 450

and 328 ppm, respectively. This result is explained that the presence of a phospholipid group in a rubber chain was presumed by chemical and structural analyses of NR [10-11]. Metal ions are expected to link to rubber molecules through the phosphoric ester linkage. Thus, the magnesium ions in field NR latex were decreased with increasing storage period time of field latex. Table 3 shows the effect of age of concentrated NR latex obtained from field NR latex with different amounts of ammonias and storage period times on magnesium content of concentrated NR. The magnesium content in fresh

**Table 1** The effect of fresh field NR latex with different ammonia concentrations on alkalinity of concentrated NR and skim latex

Sample	Alkalinity (%w/w)		
	NH <sub>3</sub> in field latex (%w/w)		
	0.35	0.60	0.80
Concentrated NR latex	0.16	0.18	0.25
Skim latex	0.42	0.60	0.81

latex was very higher than that of concentrated NR latex due to centrifugation to remove serum, which contains metal ions including magnesium ions. It was found that the magnesium content in concentrated NR latex obtained from field latex preserved with various ammonia concentrations decreased when storage period times of concentrated NR latex increased. When the storage period times of high ammonia latex concentrate (HA latex) increased from 30 to 120 days, for example the magnesium of latex concentrate became 12 from 19 ppm and 3 from 15 ppm at 15 days field latex storage with 0.35%w/w ammonia and 30 days (1 month) field latex storage with 0.6%w/w ammonia respectively. Ammonia content in field latex were preserved for a long period have not relate with magnesium sedimentation significantly.

### 3. Effect of field NR latex with different ammonia contents and storage period times on viscosity of concentrated NR latex

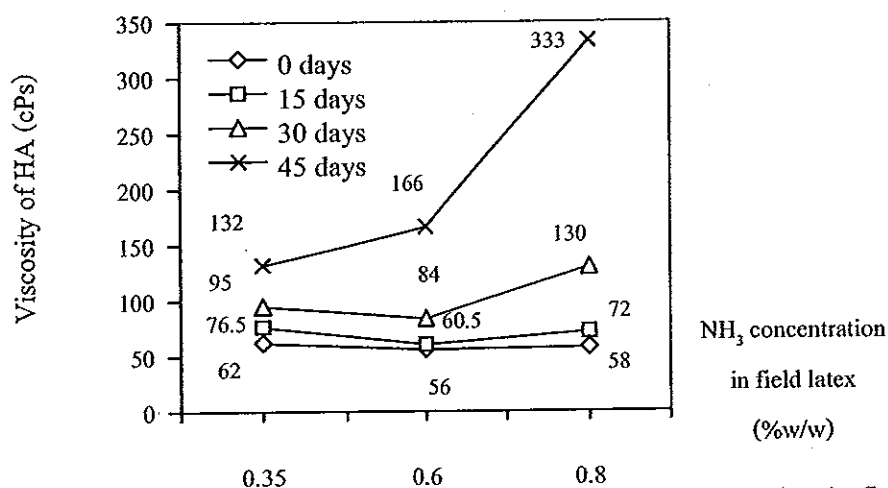
Figure 1 shows the correlation between viscosity of concentrated NR latex and different amounts of ammonia in field NR latex obtained from different storage period times. It is clear that the viscosity of concentrated NR latex increased as a function of storage period time of field NR latex. When the concentrated NR was obtained from field NR in presence of 0.35% w/w ammonia, the viscosity of concentrated NR was 62.0, 76.5, 95.0 and 132.0 cps, respectively. When the amount of amounts of ammonia in field NR latex increased from 0.35 to 0.80 w/w, the viscosity of concentrated NR latex obtained from field latex with ~0, 15, 30 and 45 days was 58, 72, 130 and 333 cps, respectively. This results are explained that the gel formation in concentrated NR latex through cross linking formation by hydrogen bonding and chemical cross links, which are a predominant factor for the increased in viscosity during prolonged storage period time [11]. This result supports the idea that hydrogen bonding via proteins and chemical cross links play a predominant role in the viscosity formation of concentrated NR rather than ionic cross linking via Mg<sup>2+</sup> ions.

**Table 2** Correlation of  $\text{NH}_3$  concentration in field NR latex with different storage period times and magnesium content of field NR latex

Storage period time of field NR latex (day)	Magnesium of field latex (ppm)		
	$\text{NH}_3$ in field latex (% w/w)		
	0.35	0.60	0.80
~0	565	477	591
15	389	474	453
30	371	455	450
45	350	300	328

**Table 3** Correlation of ammonia concentration in field latex and magnesium content of HA latex under different field latex storage period

Field latex storage period (day)	Age of HA latex (day)	Magnesium of HA latex (ppm)		
		$\text{NH}_3$ in field latex (%w/w)		
		0.35	0.6	0.8
15	30	19	9	8
	120	12	8	0
30	30	15	15	17
	120	0	3	6
45	30	27	33	35
	120	18	31	24



**Figure 1** Correlation between viscosity of HA latex and  $\text{NH}_3$  concentration in field latex under different field latex storage period

#### 4. *Effect of field NR latex with different ammonia contents and storage period times on stability of skim NR latex*

Skim latex is obtained along with the concentrated rubber latex, as an equal fraction in volume, during centrifugation of the field NR latex. Protein and other non-rubber constituents which have specific gravities higher than that of rubber also migrate into the skim fraction during centrifugation and not only reduce the quality of rubber but also affect the coagulation process [12]. The usual method of recovery of skim rubber is by coagulation with sulphuric acid. In this part, the effect field NR latex with different ammonium contents and storage period times on stability of skim NR latex is illustrated in Table 4 and 5. It was found that in skim latex coagulation part, when storage period time of field latex increased, the stability of skim latex increase as shown in Table 4. The coagulation of skim latex is referred to stability. If the coagulation of skim latex is difficult, the stability for this latex is very high in value. The coagulation of skim latex obtained from field NR latex in the presence of 0.35 and 0.60% w/w of ammonia at ~ 0 day of storage period was lower than that of 0.80% w/w of ammonia due to high alkaline property. The same acid amount used, skim latex was difficult to coagulate in the sample obtained from field latex in presence of 0.8% w/w  $\text{NH}_3$ , comparing to other samples at same condition. Whereas, the stability of other samples obtained from field NR latex with 15, 30 and 45 days of storage period time are very high, observing from no coagulation by sulphuric acid.

Table 5 shows the coagulation of skim latex obtained from field NR latex with different ammonia contents and storage period time by using more amounts of sulphuric acids. It was found that the coagulation of skim latex obtained from field latex with 0.35% or 0.80 % w/w ammonia at 30 days of storage time was some parts coagulation and no parts coagulation by 100% or 300%w/w sulphuric acid, respectively based on normal condition. Whereas, the coagulation of skim latex derived from field latex with 0.35% or 0.80 % w/w ammonia at 45 days of storage time was a little part coagulation and no parts coagulation by 31% or 62%w/w sulphuric acid, respectively based on normal condition. The phase separation of skim latex increased with amount of ammonia and storage period time. The phase separation of skim latex obtained from field NR latex in the presence of 0.30 and 0.80 % ammonia at 1 month of storage period time was 4 and 14 min, respectively while the phase separation of the sample derived from fresh field NR latex with 0.35 or 0.80% ammonia at 1.5 months was 11 and 15 min, respectively.

#### 5. *Effect of field NR latex with different ammonia contents and storage period times on tensile strength of concentrated NR latex film*

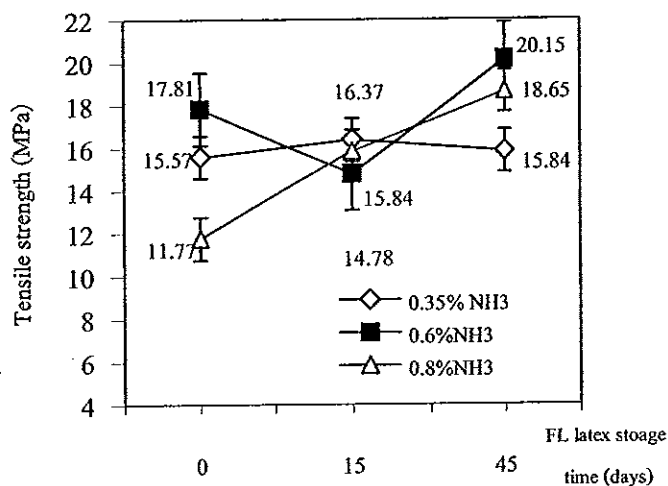
Figure 2 shows the effect of field NR latex with different ammonia contents and storage period times on tensile properties of concentrated NR latex films. It seem that the tensile strength of the films obtained from field NR latex with 0.35 and 0.60% w/w of ammonia was independent on storage period time of field latex while the tensile strength of the sample obtained from field NR latex with 0.80% w/w depended on storage period time. The tensile strength of the sample obtained from field NR latex with 0.35% w/w at ~0, 15 and 30 days was 15.6, 16.4 and 15.8 MPa, respectively. In the case of sample obtained field NR latex containing 0.80% w/w, the tensile strength of this sample at ~0, 15 and 45 days was 11.8, 15.8 and 18.7 MPa, respectively.

**Table 4** The coagulation of skim latex obtained from field latex under different storage period

Field latex storage period (day)	Skim coagulation		
	NH <sub>3</sub> in field latex (%w/w)		
	0.35	0.60	0.80
~0	Normal	Normal	Some
15	Not	Not	Not
30	Not	Not	Not
45	Not	Not	Not

**Table 5** Skim latex coagulation of un-coagulation skim latex when add more acid

FL storage time (day)	Skim coagulation			
	30		45	
NH <sub>3</sub> in field latex (%w/w)	0.35	0.80	0.35	0.80
Coagulation	Not	Not	Not	Not
Adding more acid				
Add more acid	100%	300%	31%	62%
Coagulation	Some	Not	Little	Not
Phase separation time	4 min	14 min	11 min	15 min

**Figure 2** Tensile strength of film of HA latex in various FL storage time under different ammonia concentrations in field latex



#### 4. Conclusions

The residual of ammonia contents in both concentrated NR and skim latex increased with increasing ammonia content in field latex. Generally, the residual of ammonia in skim latex was higher than that of concentrated NR latex. The magnesium contents in field and concentrated NR latex for all samples decreased with decreasing storage period time. The viscosity of concentrated NR latex increased as a function of storage period time of field NR latex. The stability of skim latex depends on storage period time of field NR latex with different ammonias. The tensile strength of the films obtained from field NR latex with 0.35 and 0.60% w/w of ammonia was independent on storage period time of field latex while the tensile strength of the sample obtained from field NR latex with 0.80% w/w depended on storage period time.

#### 5. Acknowledgements

The authors thank department of polymer science, Prince of Songkla University and Thai Rubber Latex Corporation (Thailand) Public Company Limited for the use laboratory space. This study was supported by Thailand research fund (MRG-OSMEP505S207).

#### References

- [1] C.C. Ho, T. Kondon, N. Muramatsu and H. Ohsima, *J Colloid Inter Sci.*, 178(1996)442.
- [2] B.L. Archer and B.C. Sekhar, *Biochem J.*, 61(1955)50.
- [3] L. Tarachiwin, J. Sakdapipanich and Y. Tanaka, *Rubber Chem Technol*, 76(2003)1177.
- [4] L. Tarachiwin, J. Sakdapipanich and Y. Tanaka, *Rubber Chem Technol*, 76(2003)1185.
- [5] R.F.A. Altman, *Rubber Chem Technol*, 21(1948)752.
- [6] M.E. Tunnicliffe, An analytical study *Trans IRI*, 30(1954) 97.
- [7] R.H. Smith, *Biochem J*, 25(1954)107.
- [8] R. Belmas, *Rubber Chem Technol*, 25(1952)124.
- [9] J. Tangpakdee and Y. Tanaka, *J Nat Rubber Res*, 12(1997)112.
- [10] J. Tangpakdee and Y. Tanaka, *Rubber Chem Technol*. 70(1997)703.
- [11] K. Jayachandran and M. Chandrasekran, *Biotechnology Letter*; 20(2)(1998)161-164.

การศึกษาผลกระทบปริมาณแอมโมเนียและระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำยางสดที่มีต่อสมบัติน้ำยางข้นและเสถียรภาพของน้ำยางskim

EFFECT OF FIELD NATURAL RUBBER LATEX WITH DIFFERENT AMMONIA CONTENTS AND STORAGE PERIOD ON PHYSICAL PROPERTIES OF CONCENTRATE NR AND STABILITY OF SKIM LATEX

ศิริินภา สันติภานุโสภณ<sup>1,2</sup>, สอาด ริยะจันทร์<sup>1</sup>

*Sirinapa Santipanusopon<sup>1,2</sup>, Sa-Ad Riyajan<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Department of Polymer Science, Prince Songkla University, Songkla, Thailand

E-mail: saadriyajan@hotmail.com

<sup>2</sup> Thai Rubber Latex Corporation (Thailand) Public Company Limited, Chonburi, Thailand

บทคัดย่อ : ปริมาณแอมโมเนียในน้ำยางสดที่มีความเข้มข้น 0.35%, 0.60% และ 0.80% โดยน้ำหนัก เมื่อผ่านการเซนตริฟิวส์ พบว่ามีปริมาณแอมโมเนียในน้ำยางข้นเป็น 0.16, 0.18 และ 0.25% โดยน้ำหนักและน้ำยางskimเป็น 0.42, 0.60 และ 0.80% โดยน้ำหนักตามลำดับ ปริมาณความเป็นค่าของน้ำยางข้นและน้ำยางskimมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแอมโมเนียในน้ำยางสดมีค่ามากขึ้น ระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำยางสดจาก ~0, 15, 30 และ 45 วัน มีผลกระทบต่อสมบัติน้ำยางข้นต่างๆ เช่น ปริมาณความเป็นค่า ปริมาณแมกนีเซียม และความหนืด ปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางสดมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บน้ำยางสดนานขึ้น ปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางข้นมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บน้ำยางข้นนานขึ้นจาก 30 วันมาเป็น 120 วัน ความหนืดของน้ำยางข้นเพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับเวลาที่ใช้ในการเก็บน้ำยางสด และความหนืดในน้ำยางข้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อปริมาณแอมโมเนียในน้ำยางสดเพิ่มขึ้น เสถียรภาพน้ำยางskimมากขึ้นเมื่อระยะเวลานานมากขึ้น ค่าความต้านทานแรงดึงของฟิล์มยางที่ปริมาณแอมโมเนียในน้ำยางสด 0.35% และ 0.6% โดยน้ำหนัก ไม่ขึ้นกับระยะเวลาการเก็บน้ำยางสดแต่เมื่อปริมาณแอมโมเนียมากขึ้น (0.80% โดยน้ำหนักของแอมโมเนีย) ค่าความต้านทานแรงดึงเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บน้ำยางสด

**ABSTRACT :** Fresh NR latex was treated with various ammonia contents such as 0.35, 0.60 and 0.80% w/w, and then they were centrifuged to get the concentrated NR latex containing 0.16, 0.18 and 0.25% w/w, respectively and skim NR latex containing 0.42, 0.60 and 0.80% w/w, respectively. The alkalinity content in both concentrated NR and skim latex increased with increasing ammonia content in field latex. The effect of storage times with ~0, 15, 30 and 45 days for concentrated NR latex with different ammonia contents on their properties such as alkalinity, magnesium content and viscosity was observed. It was found that generally, magnesium content in field NR latex decreased with storage period times. The magnesium content in concentrated NR decreased when storage period times of concentrated NR latex decreased from 30 to 120 days. The viscosity of concentrated NR latex increases as a function of storage period time of field NR latex and it dramatically increases with the high ammonia contents in field NR latex. The stability of skim latex depends on storage period time of field NR latex with different ammonias. The tensile strength of the concentrated films obtained from field NR latex with 0.35% and 0.60% w/w of ammonia was independent on storage period time of field NR latex while the tensile strength of the another sample (0.80% w/w ammonia) depended on storage period time.

อิทธิพลของปริมาณแอมโมเนียและดีเอพีในน้ำยางธรรมชาติและระยะเวลาเก็บน้ำยางสด  
ต่อปริมาณแมกนีเซียม ความหนืด ปริมาณเจล และสมบัติฟิล์มยาง

**INFLUENCE OF DIFFERENT AMMONIA, DIAMMONIUM PHOSPHATE CONTENTS  
AND FIELD LATEX STORAGE PERIOD ON MAGNESIUM CONTENT, VISCOSITY,  
GEL CONTENT OF LATEX CONCENTRATE AND FILM LATEX PROPERTIES**

สิรินภา สันติภาณุโสภณ<sup>1,2</sup> และ สอาด ริยะจันทร์<sup>1</sup>

1. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สงขลา ประเทศไทย 90112
2. บริษัท ไทยรับเบอร์ลาเท็กซ์ คอร์ปอเรชั่น (ประเทศไทย) จำกัด มหาชน ชลบุรี ประเทศไทย 20190

Sirinapa Santipanusopon<sup>1,2</sup> and Sa-Ad Riyajan<sup>1</sup>

1. Program of Polymer Science, Prince of Songkla University, Songkhla, 90112 Thailand
2. Thai Rubber Latex Corporation (Thailand) Public Company Limited, Chonburi, 20190 Thailand

**บทคัดย่อ**

ผลกระทบของปริมาณแอมโมเนียในน้ำยางสดที่ระยะเวลาเก็บต่างๆ ต่อสมบัติน้ำยางข้น คือ ปริมาณแมกนีเซียม ความหนืด ปริมาณเจล รวมถึงสมบัติฟิล์มยาง ศึกษาโดยรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยปริมาณแอมโมเนีย 0.35 0.60 และ 0.80% โดยน้ำหนัก ที่ระยะเวลาเก็บน้ำยางสดประมาณ 0 วัน 15 วัน 30 วัน และ 45 วัน ปริมาณแมกนีเซียม ลดลงเมื่อระยะเวลาเก็บน้ำยางนานขึ้น ความหนืดและปริมาณเจลเพิ่มขึ้นจากระยะเวลาเก็บน้ำยางสดและปริมาณแอมโมเนียในน้ำยางสดมากขึ้น ค่าทนต่อแรงดึงที่ได้จากน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย 0.80% โดยน้ำหนัก ขึ้นกับระยะเวลาเก็บน้ำยางสด ผลกระทบของปริมาณการเติมไดแอมโมเนียมฟอสเฟต หรือ ดีเอพีในน้ำยางสดก่อนปั่นแยกต่อสมบัติน้ำยางข้นและฟิล์มยางที่ระยะเวลาการเก็บน้ำยางสดประมาณ 0 วัน และ 15 วัน พบว่าปริมาณการเติมดีเอพีมากเกินไปในน้ำยางสดทำให้ค่าความหนืด ปริมาณเจล อัตราการวัลคาไนซ์วิเคราะห์โดยค่าดัชนีการบวมตัว และค่าทนต่อแรงดึงหลังอบแห้งเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

**ABSTRACT**

The effect of ammonia treatment in field natural rubber (NR) latex with different storage period time on the properties of latex concentrate as magnesium content, viscosity and gel including dipped latex film properties were investigated. Fresh NR latex was treated with various ammonia contents such as 0.35, 0.60 and 0.80% by weight and the effect of field latex storage times with ~0, 15, 30 and 45 days. The magnesium content decreased when storage period times of field and latex concentrate increased. The viscosity and gel content increased as a function of storage period time of field NR latex and ammonia content in field latex. The tensile strength of the concentrated films obtained from field NR latex with 0.80% by weight of ammonia depended on storage period time of field NR latex. The effect of different level of diammonium phosphate (DAP) in field latex adding before centrifugation on latex concentrate and film properties with ~0 and 15 days field latex storage also investigated. Excess DAP level in field latex provide viscosity, gel, vulcanized rate determined from swelling index and tensile strength of aged dipped film slightly increased.

คำสำคัญ: แอมโมเนีย / ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต / ยางธรรมชาติ / ระยะเวลาเก็บน้ำยาง / เจล / ความหนืด

Keywords: Ammonia / Diammonium phosphate / NR latex / Storage period / Gel / Viscosity

## INTRODUCTION

Field NR latex (NRL) contains hydrocarbon (1, 4-*cis* polyisoprene) and non-rubber component constituting mainly carbohydrates, proteins and lipids in an aqueous serum phase (Tarachiwin; Sakdapipanich; Tanaka, 2003, pp. 1177-1184; Tunnicliffe, 1955, p. 662). Fresh NR latex are spontaneous coagulation and purefaction of NR latex occurring shortly after it leaves the tree, high ammonia (HA) of the latex is necessary to preservation. In latex concentrate, ammonia is clarified main preservative in both field latex and concentrated latex. Ammonia solution can inhibit bacteria action arising from high pH condition, hydrolyze fatty acid esters and in process form soaps that act as stabilizing bodies for the dispersed system (Ho; Kondon; Muramatsu; Ohsima, 1996, p. 442).

From the behavior of tappers, *Hevea* trees are tapped usually on alternate day before deliver to factory, the amount of ammonia treatment varies from about 0.3 to 0.8 % by weight of latex with mixture of tetramethylthiuram disulfide and zinc oxide (TMTD/ZnO) expected affect the chemical stability of latex certainly (Tarachiwin; Sakdapipanich; Tanaka, 2003, pp. 1177-1184). The storage period of field latex is interesting factor have effect on latex properties supported by Tarachiwin L. and co-worker report (Tarachiwin; Sakdapipanich; Tanaka, 2003, pp. 1185-1193). Commercial concentrated NR latex is produced by centrifugation, removing about two-thirds of the water-soluble non-rubber and skim rubber latex with smaller latex particles of the field latex (Belmas, 1952, p. 124; Tangpakdee; Tanaka, 1997, p. 707). NR particles of the field latex are stabilized via adsorbed proteins and phospholipids, which renders them amphoteric behavior (Jayachandran; Chandrasekran, 1998, pp. 161-164).

This article investigates the effect of fresh NR latex with different ammonia contents and diammonium phosphate (DAP) as well as storage period times on the properties of concentrated NR latex and skim latex coagulation feature, obtained from the same batch of field NR latex. The methods for valuable quality of concentrated NR were alkalinity, magnesium content and viscosity. In addition, the property of film obtained from latex concentrate with different amounts of HA and storage period times was studied.

## EXPERIMENTAL

### *Materials*

Field latex (FL), ammonia solution, the mixture of tetramethylthiuram disulfide (TMTD) and zinc oxide (ZnO), diammonium phosphate (DAP), laurate soap were to favor by Thai Rubber Latex Corporation (Thailand) Public Company Limited. Ammonium molybdate, ammonium metavanadate and methyl red were purchases by BDH (UK). Toluene, chloroform, methanol, sodium hydroxide, ammonium chloride, sulfuric acid and hydrochloric acid were AR grade chemicals were Qrec brand. Sodium carbonate and EDTA and phenolphthalein were UNIVAR brand from Ajax Finechem Co. Ltd. Potassium cyanide and potassium hydrogen phthalate were from Merck. Eriochrome black T were purchased from Fisher Science. Compounding chemicals dispersion including sulfur, accelerators, activator, antioxidant, soap, filler and coagulant were to favor by Research and Development Department of Thai Rubber Latex Group Co., Ltd. and Phoenix Rubber Products Co. Ltd.

### **Preparation samples**

In part of study the effect of ammonia, field latex was preserved with ammonia ( $\text{NH}_3$ ), at either 0.35%, 0.60% and 0.80% by weight (w/w) of latex and a constant amount of a 1:1 mixture of TMTD and ZnO. The field latex samples were collected after storage for ~0, 15, 30 and 45 days. They were separated by centrifugation at the Thai Rubber Latex Corporation (Thailand) Public Company Limited after adding different amounts of DAP, laurate soap and water using the Thai Rubber's specifications for field latex. The total solid content (TSC), dry rubber content (DRC), and magnesium content (Mg content) were checked and samples stored overnight before sedimentation. In part of study effect of DAP, field latex was preserved with  $\text{NH}_3$  0.35% w/w of latex and constant amount of mixture between TMTD and ZnO at ratio 1:1. The field latex samples after storage for ~0 and 15 days were added DAP at 4 various amounts and kept overnight for magnesium sedimentation. Field latex was centrifuged using an Alpha Lava model supplied by Thai Rubber Latex Corporation (Thailand) Public Company Limited. The latex concentrate and skim latex separated. Samples were taken from each batch with a different % $\text{NH}_3$  level and storage time and a different Mg content level and storage time. The latex concentrate was adjusted to a high ammonia latex concentrate (HA latex) grade by adding  $\text{NH}_3$  to 0.65%-0.7% w/w of latex, laurate soap and water, then kept at room temperature.

### **Characterization**

The ammonia content in field and concentrated NR latex was determined by acid-base titration with hydrochloric acid. TSC and DRC of latex were carried out by Standard method ISO 124 and ISO 126, respectively.

Viscosity of latex was determined by using Brookfield viscometer Model LVF by Brookfield engineering laboratories, Inc. based on ISO 1652.

The content of magnesium ions was determined according to the developed method of Thai Rubber Company. A 10.00 g of latex concentrate was coagulated by sulfuric acid to get solid rubber and serum. The 10.00 mL of serum was addition of mixture of 5.00 mL  $\text{NH}_4\text{CN}/\text{NH}_4\text{OH}$  buffer solution (pH 10.5), 4.00 mL of 4.0% w/v KCN solution and 0.1 g Eriochrome back T as an indicator. The mixed latex was titrated with 0.005 M EDTA. The end point was determined by colour change of serum from purple to blue colour. The Mg content (part per million on solid rubber) was calculated from the following equation

$$\text{Mg content , ppm} = \frac{24.31 \times M \times V \times V_t}{\text{TSC} \times W}$$

where M is the molarity of EDTA, V is the volume of EDTA, mL,  $V_t$  is the total volume of serum, water and acid, mL, W is the weight for latex concentrate, gram and TSC is the total solid content of latex concentrate, %

The gel content in NR was determined as follows. The 0.03 g of solid rubber was dissolved in 30 mL of toluene and kept in the dark without stirring for one week at room temperature. The solution was filter through 325 mesh stainless sieve to separate the gel fraction from the sol fraction. The gel fraction was coagulated with methanol and dried in oven at 100 °C.

The phosphate ion concentration calculated from the calibration curve between the absorbance and the concentration of phosphate ion. The serum of latex 10.00 mL were developed colour with metavanadate molybdate 10.00 mL for 15 min. The aliquot was filter with the filter paper No. 40 and measure the absorbance of spectrophotometer brand Novaspec II at wavelength 470 nm.

The HA latex compounded used compounded formula of the gloves factory. Swelling index of compounded latex was determined the cure level. The compounded latex matured for 24 hours were cast and dried at room temperature. Dried films cut to circle and soaked in toluene for 15 min. The swelling index was calculated as follow,

$$\text{Swelling Index, \%} = \frac{(\text{Ø swollen circle} - \text{Ø original circle}) \times 100}{\text{Ø original circle}}$$

where Ø is the diameter, mm

Dipped film was prepared by the glass plates dipped in coagulant solution with the mixture of  $\text{CaCl}_2$  and  $\text{CaCO}_3$  and dried at 120 °C for 20 min in an air-circulating oven and then they were dipped into suitable cure level of compounded latex. The dipped latex film on glass plate dried at 120 °C for 12 min. The physical testing of dried latex film was analyzed by universal testing machine Gotech brand, TCS 2000 model based on ASTM D 412. Five dumbbell test pieces were cut from each film and the average thickness was calculated and then attached between the grips of a tensile testing machine and pulled at a rate of 500 mm/min.

## RESULTS AND DISCUSSION

### *Effect of field NR latex with different ammonia contents and storage period times on magnesium, gel content, viscosity, swelling index, tensile strength and modulus of concentrated NR latex*

The effect of ammonia concentration in field NR latex under storage period times on magnesium contents in field NR latex is shown in **Table 1**. The magnesium contents in field NR latex for all samples decreased with increasing storage time of field NR latex because of the magnesium ion form precipitated complex between phosphate ions from hydrolyzed fatty acid in latex under increasing storage time of observation. This result deduced that the influence of different field latex storage time could affect the magnesium content in the latex but different ammonia content could not be affect.

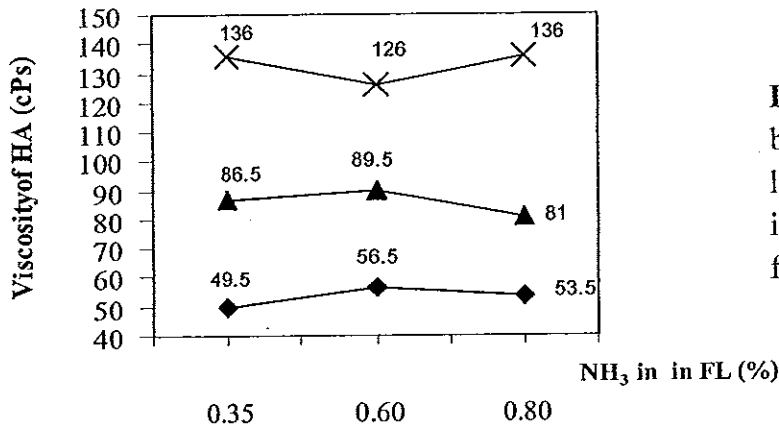
**Table 1** Correlations of  $\text{NH}_3$  concentration in field NR latex with different storage period times and magnesium content of field NR latex

Storage period time of field NR latex (days)	Magnesium of field latex (ppm)		
	$\text{NH}_3$ in field latex (% w/w)		
	0.35	0.60	0.80
~0	565	477	591
15	389	474	453
30	371	455	450
45	350	300	328

**Table 2** shows the effect of age of latex concentrate obtained from field NR latex with different amounts of ammonia and field storage period times on magnesium content of latex concentrate. It was found that the magnesium content in latex concentrate also decreased when storage period times of latex concentrate increased

**Table 2** Correlations of ammonia concentration in field latex and magnesium content of HA latex under different field latex storage period

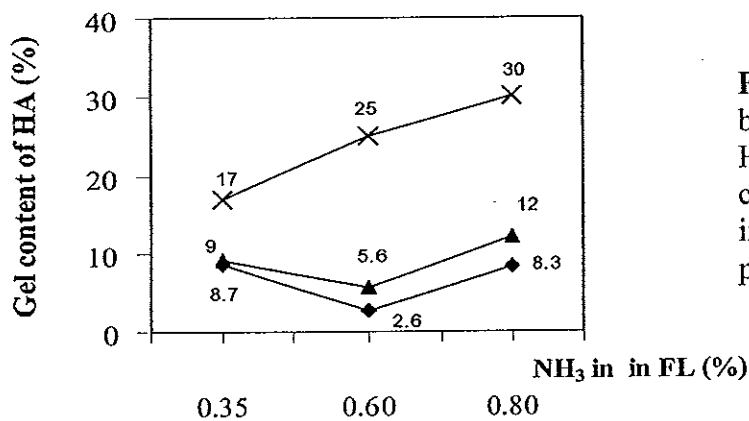
Field latex storage period (days)	Age of HA latex (days)	Magnesium of HA latex (ppm)		
		$\text{NH}_3$ in field latex (%w/w)		
		0.35	0.60	0.80
~0	30	0	0	0
	120	0	0	0
15	30	19	9	8
	120	12	8	0
30	30	15	15	17
	120	0	3	6
45	30	27	33	35
	120	18	31	24



**Figure 1** Correlations between the viscosity of HA latex and NH<sub>3</sub> concentration in field latex under different field latex storage period

from 30 to 120 days because they were precipitated due to hydrolyzed phosphate ion when storage time increased and exception of the sample containing 0 ppm Mg content obtained from field NR latex with ~0 day. The magnesium content of latex concentrate was very lower than those of field latex due to magnesium sedimentation with DAP and centrifugation process.

**Figure 1** shows the correlations between the viscosity of latex concentrate and different amounts of ammonia in field latex obtained from different storage period times. It is clear that the viscosity of latex concentrate increased as a function of storage period time of field NR latex but not related with ammonia concentration in field latex. These results are explained that the gel formation in latex concentrate through crosslinking formation by hydrogen bonding and chemical crosslinks, which are a predominant factor for the increased in viscosity during prolonged storage period time (Tangpakdee J; Tanaka, 1997, p. 707). The increasing gel content of HA obtained from field latex at higher storage time increased was observed as shown in **Figure 2**, according to the increasing viscosity of HA latex. From **Figure 2**, gel content of HA latex was slightly increased with increasing NH<sub>3</sub> concentration in field latex. When field latex was kept for a long time period, the gel content of HA latex remarkably increased comparing same age of HA latex. The gel



**Figure 2** Correlations between the gel content of HA latex and NH<sub>3</sub> concentration in field latex in various field latex storage periods

◆ 0 day of FL storage    ▲ 30 days of FL storage    ✕ 45 days of FL storage

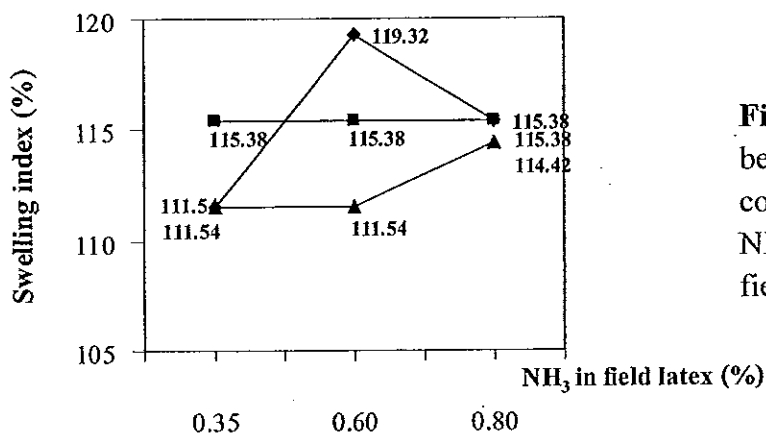


content of HA latex obtained from field latex containing 0.80% w/w of ammonia for 45 days of stored time period was about 30% whereas gel content of HA latex obtained from field latex in the presence of the same amount of ammonia with storage period of ~0 day was roughly 8%. This result was explained that the occurrence of gel formation through ionic bonds or dissociation of phosphate groups by  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . This result supports the idea that the hydrogen bonding between proteins leading chemical crosslinking in latex plays a predominant role in the viscosity formation of latex concentrate rather than ionic crosslinking through magnesium ions in latex. The increasing gel content of HA derived from field latex a long time period of storage due to the increasing in viscosity of HA latex.

The swelling index of matured compounded latex was measured as illustrated in Figure 3. The ammonia content in range of 0.35-0.80% w/w in field NR latex could not affect the swelling index. The storage period of field latex at keeping from ~0 to 45 days showed the swelling index value of 111-119%. It is deduced that these are not significantly different in swelling index. The tensile property of this sample is presented my presentation.

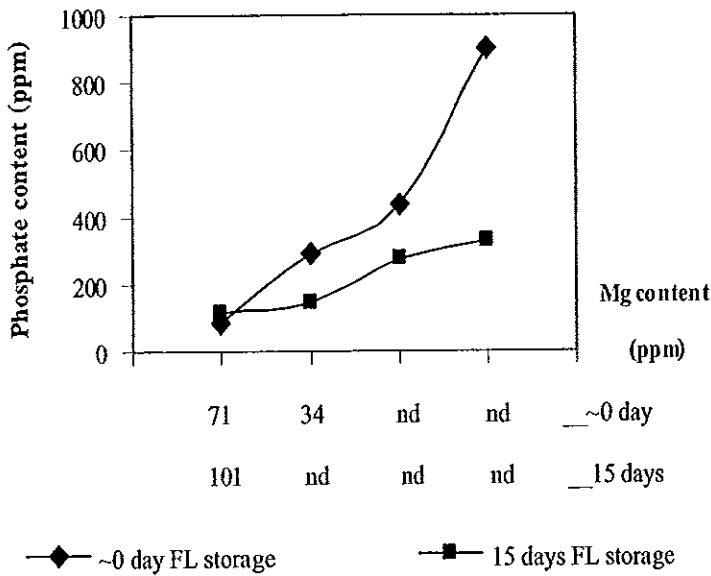
*Effect of field NR latex with different diammonium phosphate (DAP) concentration and storage period on phosphate content, viscosity, gel content, swelling index concentrated NR latex and dipped film properties*

The field NR in the presence of ammonia and the mixture of TMTD/ZnO in ratio 1:1 had kept at room temperature for ~0 and 15 days. DAP was added into field latex to improve their stability and then they were centrifuged to get the latex concentrate. The phosphate contents of latex concentrate depended on the amounts of DAP were added in field latex, leading to the decreasing Mg content in HA latex. It is illustrated in Figure 4.



**Figure 3** Correlations between the swelling index of compounded of HA latex and  $\text{NH}_3$  concentration in various field latex in FL storage times

◆ ~0 day FL storage    ■ 15 days FL storage    ▲ 45 days FL storage

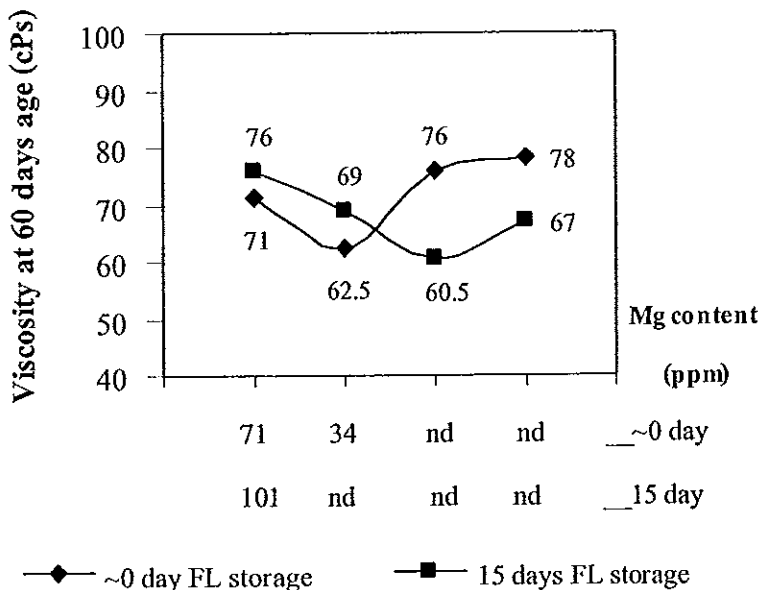


**Figure 4** Correlations between the phosphate content of HA latex and Mg content of HA latex at ~0 and 15 days field latex storage period

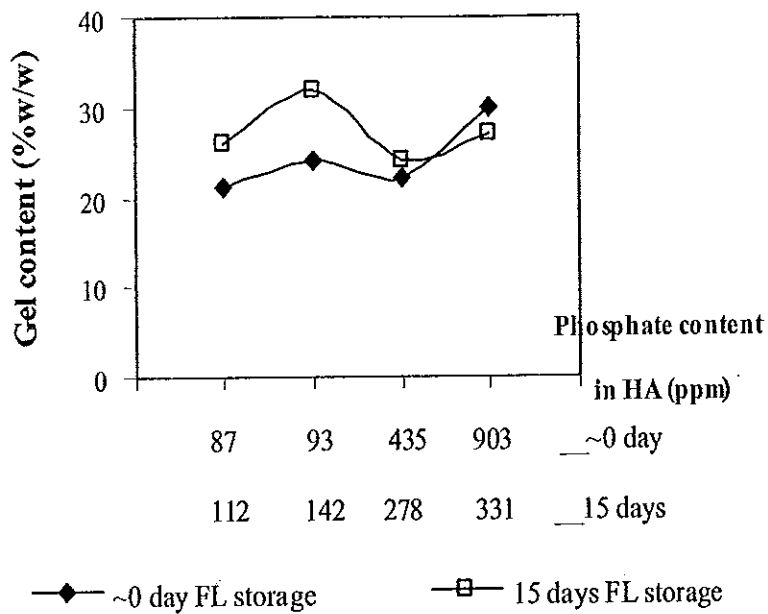
In **Figure 5**, the viscosity of HA latex obtained from the field latex was increased as a function of magnesium (Mg) content and phosphate content in HA latex due to ionic linkage through rubber molecule in presence of phosphoric linkage. The HA latex obtained from ~0 day field latex storage showed higher viscosity than from 15 days due to high level of phosphate content in HA latex.

The gel content was depended on field latex storage period. The HA latex obtained from field latex storage at 15 days showed higher gel than from ~0 day as illustrated in **Figure 6**. However the amounts of phosphate in latex affect gel content because of phosphosidic linkage between rubber molecules. It was found from the high gel content of HA obtained from 15 days of field storage period with excess phosphate level (> 900 ppm).

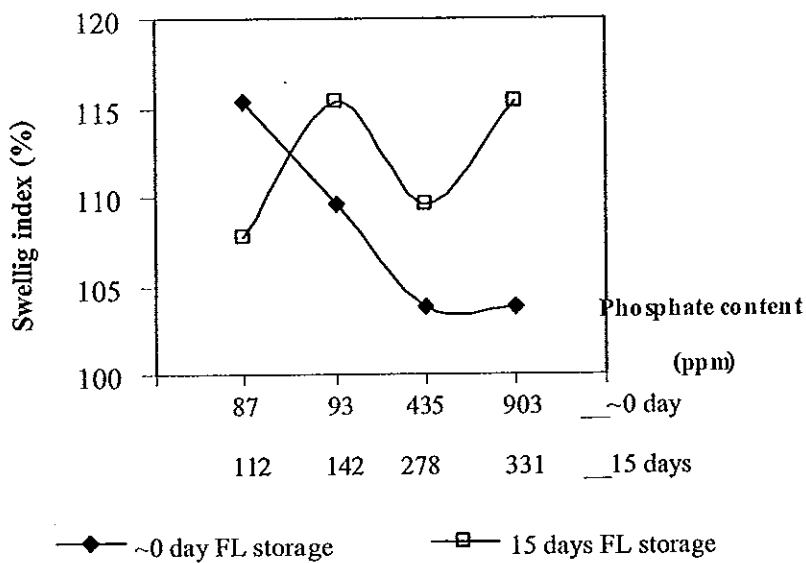
**Figure 7** obviously illustrate the decreasing in the swelling index of HA obtained from fresh latex at ~0 day storage with the increasing amount of phosphate,



**Figure 5** Correlations between the viscosity of HA latex and DAP level in field latex at ~0 and 15 day field latex storage period, nd refer to not detected Mg content in latex due to limitation of equipment



**Figure 6** Correlations between the gel content of HA latex and phosphate content of HA at ~0 and 15 days field latex storage period



**Figure 7** Correlations between the swelling index and phosphate content in field latex at ~0 and 15 days field latex storage period corresponding in DAP level

especially at 900 ppm of phosphate in HA latex, whereas the swelling index of HA obtained from 15 days of field storage period was a little difference. In addition, it is noted that the HA latex containing excess phosphate ion in latex 900 ppm of phosphate ion in latex at ~0 day of storage gave the low value of swelling ratio. The property of this sample will be discussed in my presentation.

## CONCLUSIONS

The magnesium contents in field NR latex decreased with increasing in storage period time of field NR latex and latex concentrate. The viscosity of latex concentrate increased as a function of storage period time of field NR latex in similar to the gel content.

High ammonia content in field latex for long storage are another factor cause the gel content was rapid increases. The ammonia content in field latex storage ~0-45 days could not affect swelling index of compounded latex. The tensile strength of the films obtained from field NR latex with 0.35 and 0.60% w/w of ammonia were independent on storage period time of field latex while the tensile strength of the sample obtained from field NR latex with 0.80% w/w depended on storage period time.

The increasing in phosphate content from DAP adding in field latex in excess level before centrifugation, the latex concentrate gave the slightly different properties in viscosity, gel content, swelling index and aged tensile strength of dipped latex film. Especially, excess level of DAP adding showed the slightly increasing in viscosity, gel, vulcanization rate and tensile strength after aging because of the phosphosidic linkage formation between rubber chains.

### ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank the department of polymer science, Prince of Songkla University and Thai Rubber Latex Corporation (Thailand) Public Company Limited Co. Ltd. for the use laboratory space. This study was supported by Thailand Research Fund and Office of Small and Medium Enterprises Promotion (MRG-OSMEP505S207).

### REFERENTS

- Belmas, R. Physical chemistry of Hevea latex. (1952). I. metal cation in latex. *Rubber Chem Technol*, 25, 124.
- Ho, C.C., Kondon T., Muramatsu, N., Ohsima, H. (1996). Surface structure of NR latex particles from electrophoretic mobility data. *J Colloid Inter Sci*, 178, 442.
- Jayachandran, K., Chandrasekran, M. (1998). Biological coagulation of skim latex using *Acinetobacter* sp. Isolated from natural latex centrifugation effluent. *Biotechnology Letter*, 20(2), 161-164.
- Tangpakdee, J., Tanaka Y. (1997). Characterization of sol and gel in *Hevea* NR. *Rubber Chem Technol*, 70, 707.
- Tarachiwin, L., Sakdapipanich, J., Tanaka, Y. (2003). Gel formation in NR latex: 1. Effect of  $(\text{NH}_3)_2\text{HPO}_4$  and TMTD/ZnO additives. *Rubber Chem Technol*, 76, 1177-1184.
- Tarachiwin, L., Sakdapipanich, J., Tanaka, Y. (2003). Gel formation in NR latex: 1. Effect of magnesium ion. *Rubber Chem Technol*, 76, 1185-1193.
- Tunnicliffe, M.E. (1955). Non rubber compounds of ammonia-preserved latex, an analytical study. *Rubber Chem Rubber*, 28, 662.

อิทธิพลของปริมาณแอมโมเนียในน้ำยางสดและระยะเวลาเก็บรักษาน้ำยางสดต่อ  
ค่าความคงตัวเชิงกล ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ ปริมาณเจล ปริมาณฟอสเฟตของน้ำยางข้น  
และการจับตัวของน้ำยางskim

INFLUENCE OF FIELD NATURAL RUBBER LATEX WITH DIFFERENT AMMONIA  
CONTENTS AND STORAGE PERIOD TIMES ON MECHANICAL STABILITY TIME,  
VOLATILE FATTY ACID NUMBER, GEL CONTENT AND PHOSPHATE CONTENT OF  
LATEX CONCENTRATE AND SKIM LATEX COAGULATION

ศิริินภา สันติพานุโสภณ<sup>1,2</sup> และ สอาด ริยะจันทร<sup>1\*</sup>

*Sirinapa Santipanusothon<sup>1,2</sup> and Sa-Ad Riyajan<sup>1\*</sup>*

#### บทคัดย่อ

อิทธิพลของกรรมวิธีรักษาสภาพน้ำยางสดด้วยแอมโมเนียที่ระยะเวลาเก็บน้ำยางสดต่างๆ ต่อสมบัติน้ำยาง  
ข้นและการจับตัวของน้ำยางskim ศึกษาโดยน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียความเข้มข้น 0.35%, 0.60%  
และ 0.80% โดยน้ำหนักร่วมกับเตตระเมธิลไดซัลไฟด์และซิงค์ออกไซด์ เมื่อผ่านการเซนตริฟิวส์ได้เป็น  
น้ำยางข้นและน้ำยางskim มีปริมาณแอมโมเนียในน้ำยางข้นเป็น 0.16, 0.18 และ 0.25% โดยน้ำหนัก และใน  
น้ำยางskim เป็น 0.42, 0.60 และ 0.81% โดยน้ำหนักตามลำดับ แอมโมเนียจะสูญเสียในน้ำยางskimมากขึ้นเมื่อ  
รักษาสภาพน้ำยางสดด้วยปริมาณแอมโมเนียสูงขึ้น อิทธิพลของระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำยางสด ~0, 15, 30  
และ 45 วัน ด้วยปริมาณแอมโมเนียความเข้มข้นต่างๆ มีผลกระทบต่อสมบัติน้ำยางข้น สมบัติความคงตัว  
เชิงกล ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ ปริมาณเจล และปริมาณฟอสเฟต มีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในเก็บน้ำ  
ยางนานขึ้น การเพิ่มขึ้นของปริมาณแอมโมเนียในน้ำยางสดและระยะเวลาเก็บน้ำยางสด มีผลทำให้เสถียรภาพ  
น้ำยางskimเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการไม่จับตัวของน้ำยางskim

#### ABSTRACT

The influence of ammonia treatment of field natural rubber (NR) latex with different times of  
storage on the properties of concentrated NR latex and coagulation of skim latex was investigated.  
Field NR latex was treated with various ammonia amounts as 0.35, 0.60 and 0.80% w/w with  
tetramethylthiuram disulfide and zinc oxide, before being centrifuged to obtain the latex concentrate  
and skim latex. The residual  $\text{NH}_3$  in the latex concentrate was 0.16, 0.18 and 0.25% w/w and in skim  
latex was higher at 0.42, 0.60 and 0.81% w/w, respectively due to main ammonia removing from  
field latex into skim latex part after centrifugation. The influence of field storage times of ~0, 15, 30  
and 45 days with different amounts of ammonia on the latex concentrate properties was observed.  
In general, mechanical stability times (MST), volatile fatty acid number (VFA No.), gel and  
phosphate content increased with increasing storage times. As ammonia content in skim latex  
obtained from different storage periods increased, their stabilities also increased, leading to difficult  
coagulation of skim latex.

Keywords: Ammonia, NR latex, Storage period, Skim coagulation

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สงขลา ประเทศไทย, \*corresponding author

Program of Polymer Science, Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand. E-mail : [saadriyajan@hotmail.com](mailto:saadriyajan@hotmail.com)

<sup>2</sup> บริษัท ไทยรับเบอร์ลาเท็กซ์ คอร์ปอเรชั่น (ประเทศไทย) จำกัด มหาชน ชลบุรี ประเทศไทย

Thai Rubber Latex Corporation (Thailand) Public Company Limited, Chonburi, Thailand. E-mail : [j.sirinapa@hotmail.com](mailto:j.sirinapa@hotmail.com)

## INTRODUCTION

Field natural rubber (NR) latex consists of two main components one a hydrocarbon (1, 4-*cis* polyisoprene) and the other a non-rubber component consisting of mainly carbohydrates, proteins and lipids in an aqueous serum phase [1]. It is well-known that fresh NR latex spontaneously coagulates shortly after it leaves the tree, and to facilitate preservation high amounts of ammonia are added to the latex. Ammonia is the main chemical used for clarification and preservation of both field latex and latex concentrate. Ammonia inhibits bacterial action because of its high pH and also hydrolyzes fatty acid esters to form soaps that act as stabilizing bodies for the dispersed system [1].

Tapping of *Hevea* trees is usually conducted on alternate days before being delivered to the factory. Ammonia is then added at levels that vary from about 0.3 to 0.8% by weight of latex together with a mixture of tetramethylthiuram disulfide and zinc oxide (TMTD/ZnO) that improves the chemical stability of the latex [2-3]. The time of storage of the field latex is one factor that has an effect on the latex properties (Tarachiwin L. et al 2003, [3]). The gel content of field and high ammonia latex concentrate (HA latex) increases with an increasing storage period [3]. However the effects of adding different amounts of ammonia and times of storage on the properties of concentrated NR are still being reported and this study continues with these reports. Commercial concentrated NR latex is produced from field latex by centrifugation. This removes about two-thirds of the water soluble non-rubber components and this part containing about 5% of the total rubber mostly with the smaller latex particles is then skimmed off [4]. Hydrolysis of the phospholipids by the alkaline ammonia results in continued changes to the chemical composition of the rubber/water interface of the latex concentrate well after production [5-7]. The latex particles in the HA latex concentrate are stabilized mainly by adsorbed long-chain fatty acid soaps, the hydrolysis products of phospholipids. The role of adsorbed proteins on stabilizing the latex is less vital in the latex concentrate.

To the best of our knowledge, this is the first of its kind of study wherein this article investigates the effect of adding different amounts of ammonia to fresh NR latex and the times of storage on the properties of latex concentrate and features of the skim latex coagulation obtained from the same batch of field NR latex. The most important factors for obtaining the best quality of

latex concentrate were alkalinity, mechanical stability time (MST), volatile fatty acid number (VFA No.), gel content and phosphate content.

## EXPERIMENTAL

### *Materials*

Field latex (FL), ammonia solution, the mixture of tetramethylthiuram disulfide (TMTD) and zinc oxide (ZnO), diammonium phosphate (DAP) and laurate soap were provided by Thai Rubber Latex Corporation (Thailand) Public Company Limited. Ammonium molybdate, ammonium metavanadate and methyl red were purchased from BDH (UK). Toluene, methanol, sodium hydroxide, ammonium sulfate, ammonium chloride, sulfuric acid and hydrochloric acid were AR grade chemicals with Qrec brand. Barium hydroxide, sodium carbonate and EDTA and phenolphthalein were UNIVAR brand from Ajax Finechem Co. Ltd., potassium cyanide and potassium hydrogen phthalate were from Merck. Silicone antifoam and Eriochrome black T were purchased from Fisher Science. Chemicals used for dispersion including sulfur, accelerators, activator, antioxidant, soap, filler and coagulant were provided by Research and Development Department of Thai Rubber Latex Group Co., Ltd. and Phoenix Rubber Product Co. Ltd.

### *Preparation of samples*

Field latex was preserved with  $\text{NH}_3$ , at either 0.35%, 0.60% and 0.80% w/w of latex and a constant amount of a 1:1 mixture of TMTD and ZnO. The field latex samples were collected after storage for ~0, 15, 30 and 45 days. They were separated by centrifugation at the Thai Rubber Latex Corporation (Thailand) Public Company Limited after adding DAP, laurate soap and water using the Thai Rubber's specifications for field latex. The total solid content (TSC), dry rubber content (DRC), and magnesium content (Mg content) were checked and samples stored overnight before sedimentation. Field latex was centrifuged using an Alpha Lava model supplied by Thai Rubber Latex Corporation (Thailand) Public Company Limited and the latex concentrate and skim latex separated. Samples were taken from each batch with a different % $\text{NH}_3$  level and storage time. The latex concentrate was adjusted to a high ammonia latex concentrate (HA latex) grade by adding  $\text{NH}_3$  to 0.65%-0.75% w/w of latex, laurate soap and water, then kept at room temperature for 30 and 120 days.

### *Characterization*

The ammonia content in the FL and latex concentrate was determined by acid-base titration with hydrochloric acid. The TSC and DRC of the latex were carried out by Standard method ISO 124 and ISO 126, respectively.

The gel content in NR was determined as follows. 0.03 g of solid rubber was dissolved in 30 mL of dried toluene and kept in the dark without stirring for one week at room temperature. The solution was filtered through a 325 mesh stainless sieve to separate the gel fraction from the sol fraction. The gel fraction was coagulated with methanol and dried in an oven at 100°C.

The phosphate concentration was determined by reference to a calibration curve of absorbance at 470 nm plotted against the concentration of phosphate ion. The 10.00 mL of serum of latex were reacted with 10.00 mL of metavanadate molybdate for 15 min. An aliquot was filtered through a filter paper No. 40 and its absorbance measured at 470 nm by a Novaspec II spectrophotometer.

Volatile fatty acid number (VFA No.), the number of grams of hydroxide ion required to neutralize the volatile fatty acid in a latex sample containing 100 g of total solids of the treated latex was determined periodically in accordance with the standard test follow ASTM D 1076. The VFA No. was measured by the quantity of barium hydroxide react with the distilled-off short-chain fatty acids. The calculation of the VFA No. is as follows:

$$\text{VFA No.} = (A \times M \times 561) / w \times \text{TSC}$$

Where :

A = cubic centimeters of Ba(OH)<sub>2</sub> solution required for titration of the sample,

M = mole of the Ba(OH)<sub>2</sub> solution,

W = mass of the latex corresponding to 10 mL of acidified serum, and

TSC = percentage of total solids in the latex.

Studies on the coagulation of skim latex were carried out in 3,000 mL beakers by addition of known amounts of commercial concentrated sulfuric acid. The time taken for of the skim latex coagulum to separate from the serum, known as the phase separation time, was recorded.

## RESULTS AND DISCUSSION

### 6. *Effect of field NR latex with different ammonia contents on alkalinity of concentrated NR latex and skim latex*

The field latex with different amounts of ammonia (0.35, 0.60 and 0.80%w/w) were kept at room temperature for ~0, 15, 30 and 45 days, and then centrifuged to obtain the latex concentrate and skim latex. The alkalinity of both the latex concentrate and skim latex obtained from field NR latex at ~0 day of storage period time was measured (Table1). The residual ammonia contents of both the latex concentrate and skim latex increased with the increasing ammonia content added to the in field latex. The residual ammonia or alkalinity in skim latex was higher than in latex



concentrate because the main non-rubber including ammonia removed into skim phase by centrifugation. The residual alkalinity in latex concentrate obtained from field natural rubber at ~0 day of storage period time was 0.16, 0.18 and 0.25 %w/w whereas in the skim latex, it was higher at 0.42, 0.60 and 0.81 %w/w, respectively. The alkalinity of both the latex concentrate and skim latex obtained from field NR with different ammonia contents was kept at room temperature for 15, 30 and 45 days showed the same trend (not shown here), comparing to alkalinity of both latex concentrate and skim latex obtained from field NR at ~0 day of storage time.

### 2. Effect of field NR latex with different ammonia contents and storage period times on MST of concentrated NR latex

Figure 1 illustrates the relationship between the field latex storage period and the MST of the HA latex. It has been reported that when the field latex storage period increases, MST values tend to increase due to the hydrolysis of phospholipids occurring around the rubber particle, and this improves their high latex stability. When field NR were kept for a long period (45 days), its MST value tend to decrease because of the increasing in gel content in the latex. The effect of adding different amounts of ammonia was not significant. The higher ammonia content in field latex at 0.60 and 0.80% w/w give slightly lower MST than that of 0.35% w/w  $\text{NH}_3$  in latex because of higher gel content formation.

Table 1 The effect of field NR latex with different ammonia concentrations on alkalinity of concentrated NR and skim latex

Sample	Alkalinity (%w/w)		
	NH <sub>3</sub> in field latex (%w/w)		
	0.35	0.60	0.80
Concentrated NR latex	0.16	0.18	0.25
Skim latex	0.42	0.60	0.81

### 3. Effect of field NR latex with different ammonia contents and storage period times on VFA No. of concentrated NR latex

Due to bacterial degradation of latex constituents causing formation of short-chains VFA with the resultant decrease in the pH value of the latex, VFA No. is an important measure of the level of deterioration and stability of the latex. Thus, the VFA No. of the treated latex was used to indicate the preservative activities.

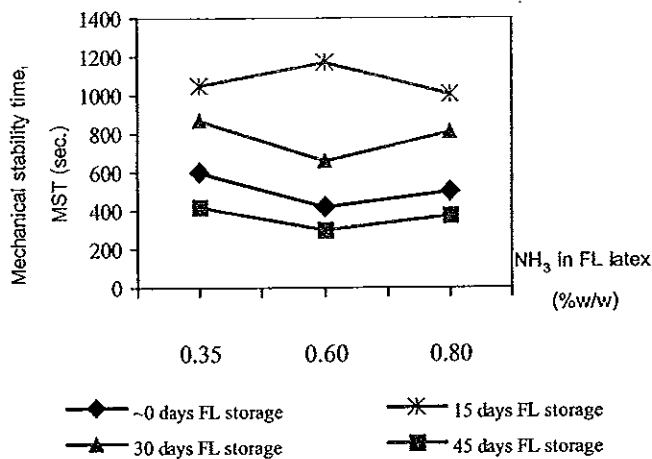


Figure 1 Correlations between the MST of HA latex and the amount of NH<sub>3</sub> added to the field latex after various field latex storage times

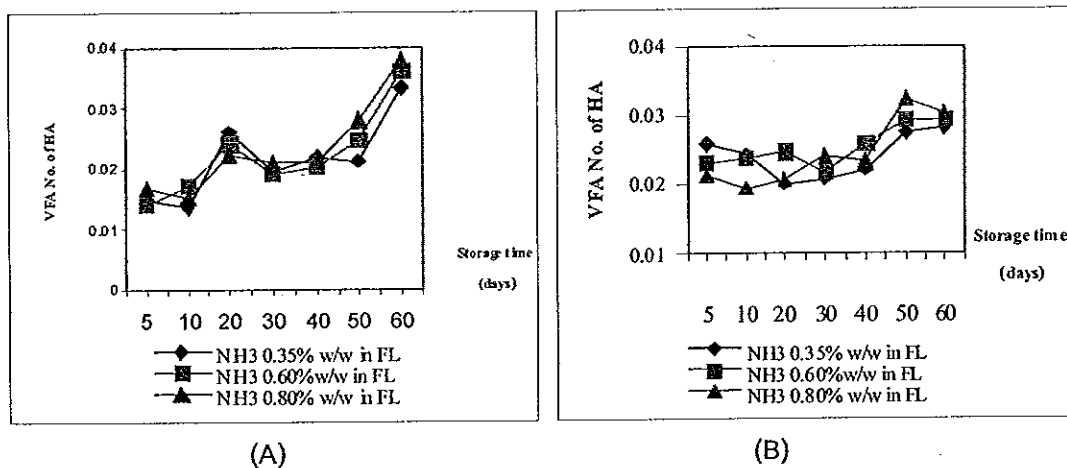


Figure 2 Correlation between VFA No. of HA latex obtained from field latex at (A) 15 and (B) 30 days of storage period and HA storage time

The changes of VFA No. in HA latex after treating with different amounts of added NH<sub>3</sub> before centrifugation for latex samples, field latex that had been stored in the field for either 15 days or 30 days is shown in Figure 2 A and B, respectively. VFA No. of HA latex increased during storage from about 0.015 after 15 days storage to 0.025 after 30 days storage. After the formation of VFA No. of HA increased with time up to about 0.035 at 60 days whereas there was little change for 40 days storage of HA in the 30 days sample followed by a small increased to 0.03 at 60 days. Increasing amounts of ammonia added prior to the centrifugation had only a minor effect on the VFA No. with a tendency to increase the VFA level as the ammonia level. In case of HA latex derived from field latex with one month of storage time, the VFA No. of HA increased with increasing its storage time as shown in Figure 2B. In addition, the effect of adding different amounts of ammonia

was not significant on the VFA No. of HA latex. The VFA No. of HA obtained from field latex with 0.35-0.80%w/w ammonia was not different when storage reached until 60 days because of enough ammonia to preserve the stability of HA latex.

#### 4. Effect of field NR latex with different ammonia contents and storage period times on gel content of concentrated NR latex

From Figure 3, the gel content of HA latex had a tendency to slightly increase with increasing amount of  $\text{NH}_3$  and increasing times of storage. The differences between the zero and 30 days storage time were very small for both effects. However, after 45 days storage gel levels were significantly higher for all  $\text{NH}_3$  levels. Gel levels for 0.35%  $\text{NH}_3$  at zero time and 30 days were both about 9% whereas after 45 days, it had increased to 17%. For the gel content of the HA latex with 0.80% w/w  $\text{NH}_3$  after 45 day storage was about 30%, while for the ~0 and 30 day sample it was 8.3 and 12%, respectively. This result indicates that gel formation occurred by dissociation of the ionic bonds between phosphate groups by  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . This would support the suggestion by Tangpakdee

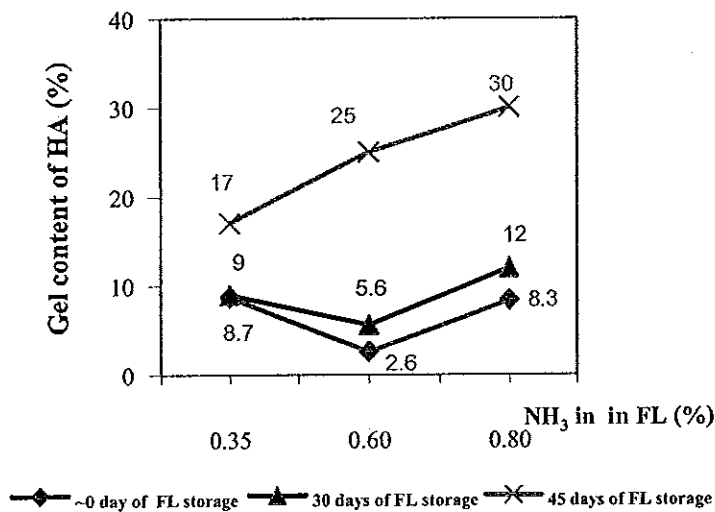
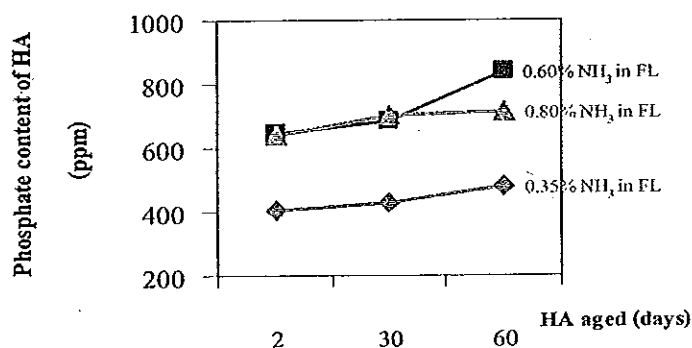


Figure 3 Correlation of gel content of HA latex and  $\text{NH}_3$  concentration in field latex in various field latex storage periods

and Tanaka [6] that the residual gel fraction in the  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  treated commercial HA latex may be derived from the hydrogen bonding of proteins and terminal functional groups in the rubber chain.

5. Effect of field NR latex with different ammonia contents and storage period times on phosphate content of concentrated NR latex

The phosphate content in the HA latex increased slightly with age at all levels of ammonia. (Data not shown) We assume that this was due to production of fatty acids by hydrolysis caused by the ammonia. The phosphate content in HA latex also increased in the 0.35%  $\text{NH}_3$  sample with increasing field storage time from 400, to 430, to 470 ppm, after 2, 30 and 60 days of storage respectively (Figure 4.) When the ammonia in the HA latex was increased to 0.60%, the phosphate content in HA latex increased from 620, to 700 to 820 ppm, after 2, 30 and 60 days field storage time respectively.



Correlation of phosphate content of HA and aged of HA  
at 0 day FL storage

Figure 4 Correlations between the phosphate content of HA latex, the age of the HA latex and different amounts of  $\text{NH}_3$  added to ~0 day in field latex storage

Table 2 Observation of the coagulation of skim latex obtained from field latex stored for different times and with different amounts of added  $\text{NH}_3$

Field latex storage period (days)	Skim coagulation		
	$\text{NH}_3$ in field latex (%w/w)		
	0.35	0.60	0.80
~0	Normal	Normal	Some
15	None	None	None
30	None	None	None
45	None	None	None

### 6. Effect of field NR latex with different ammonia contents and storage period times on skim NR latex coagulation

Skim latex is obtained along with the latex concentrate, in about equal volumes, after centrifugation of the field NR latex. Protein and other non-rubber constituents that have specific gravities higher than that of rubber also migrate into the skim fraction during centrifugation and not only reduce the quality of the skim rubber but also affect the coagulation process [7]. The usual method of recovery of rubber particles from skim rubber is by coagulation with sulfuric acid.

The effect of different amounts of  $\text{NH}_3$  and time of storage of field NR latex on the stability of skim latex is illustrated in Table 2 and 3. As far as skim latex coagulation is concerned when the time of storage increased, its stability increased (Table 2). The rate of coagulation of skim latex refers to its stability. If coagulation of skim latex occurs with difficulty, the stability of this latex is high. Increasing the  $\text{NH}_3$  level from 0.35 and 0.60% w/w after ~0 day of storage had little effect but at 0.80% w/w of  $\text{NH}_3$  coagulation was much lower due to the high alkalinity. All samples after 15, 30 and 45 days storage showed no coagulation after adding the same amount of sulfuric acid. When more sulfuric acid was added to the samples, the observed coagulation was affected by the  $\text{NH}_3$  level. The skim latex from samples stored for both 30 and 45 days with added 0.35% w/w  $\text{NH}_3$  showed some coagulation with increased acid but the samples stored for 30 and 45 days with added 0.80% w/w  $\text{NH}_3$  showed no coagulation. The phase separation time of skim latex determined in the un-coagulated skim latex increased with the amount of  $\text{NH}_3$  and storage time. For the 30 days stored sample the phase separation times increased from 4 to 14 min, when  $\text{NH}_3$  levels increased from 0.35 to 0.80%. After 45 days the increase from 0.35 or 0.80% ammonia was from 11 to 15 min, therefore adding more acid to un-coagulated skim latex did not complete skim latex coagulation.

Table 3 Skim latex coagulation of un-coagulated skim latex when more acid added

FL storage time (days)	Skim coagulation			
	30		45	
$\text{NH}_3$ in field latex (%w/w)	0.35	0.80	0.35	0.80
Coagulation	None	None	None	None
	Adding more acid			
Add more acid	100%	300%	31%	62%
Coagulation	Some	None	Little	None
Phase separation time	4 min	14 min	11 min	15 min

Some coagulation was induced at low levels of ammonia but not at the higher levels so the rubber particles were more stable at the higher  $\text{NH}_3$  levels and with longer periods of storage in the field latex.

### CONCLUSIONS

The residual ammonia contents in both the latex concentrate and skim latex increased with the increasing amount of ammonia added to the field latex. The VFA No. of HA latex obtained from field latex with 0.35-0.80% w/w ammonia and TMTD/ZnO ratio 1:1 had only small changes until after 50 days because in the HA latex there was enough  $\text{NH}_3$  to preserve the latex, 0.35% w/w  $\text{NH}_3$  in the field latex is suitable for preservation with TMTD/ZnO in field latex with storage of up to 45 days, as deduced from the gel content, VFA No., MST. The phosphate content in the latex concentrate increased when HA aged due to production of fatty acids by hydrolysis. The coagulation of skim latex depended on the time of storage of the field NR latex with different amounts of  $\text{NH}_3$ .

### ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank the department of polymer science, Prince of Songkla University and Thai Rubber Latex Corporation (Thailand) Public Company Limited for the use laboratory space. This study was supported by Thailand Research Fund and Office of Small and Medium Enterprises Promotion (MRG-OSMEP505S207).

### REFERENCES

1. Ho CC, Kondon T, Muramatsu N, Ohsima H. Surface structure of NR latex particles from electrophoretic mobility data. *J Colloid Inter Sci* 1996; 178: 442.
2. Tarachiwin L, Sakdapipanich J, Tanaka Y. Gel formation in NR latex: 1. Effect of  $(\text{NH}_3)_2\text{HPO}_4$  and TMTD/ZnO additives. *Rubber Chem Technol* 2003; 76: 1177-1184.
3. Tarachiwin L, Sakdapipanich J, Tanaka Y. Gel formation in NR latex: 1. Effect of magnesium ion. *Rubber Chem Technol* 2003; 76: 1185-1193.
4. Tunnicliffe ME. Non rubber compounds of ammonia-preserved latex, an analytical study. *Rubber Chem Rubber* 1955; 28:662.
5. Belmas R. Physical chemistry of Hevea latex. I. metal cation in latex. *Rubber Chem Technol* 1952; 25:124.
6. Tangpakdee J, Tanaka Y. Characterization of sol and gel in *Hevea* NR. *Rubber Chem Technol*. 1997; 70:707.
7. Jayachandran K, Chandrasekran M. Biological coagulation of skim latex using *Acinetobacter* sp. Isolated from natural latex centrifugation effluent. *Biotechnology Letter* 1998; 20(2):161-164.

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล	นางสาวศิรินภา สันติภานุโสภณ	
รหัสประจำตัวนักศึกษา	5010220210	
วุฒิการศึกษา		
วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมี)	มหาวิทยาลัยมหิดล	2544

## ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)

ทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีภายใต้โครงการสร้างกำลังคนเพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมระดับปริญญาโท (สกว.-สสว.) เลขที่สัญญา MRG-OSMEP505S207

## ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

ตำแหน่งหัวหน้าแผนกวิจัยและพัฒนา

ฝ่ายวิจัยและพัฒนา บริษัทไทยรับเบอร์ลาเท็กซ์ กรุ๊ป จำกัด

29 หมู่ 2 ถ. บ้านบึง-แกลง กม. 56-57

ต. หนองใหญ่ อ. หนองใหญ่ จ. ชลบุรี

## การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

Sirinapa Santipanusopon, and Sa-Ad Riyajan. 2009. Effect of field natural rubber latex with different ammonia contents and storage period on physical properties of latex concentrate, stability of skim latex and dipped film. *Physics Procedia*. 2: 127-134.

Sirinapa Santipanusopon, and Sa-Ad Riyajan. 2008. Effect of field natural rubber latex with different ammonia contents and storage period on physical properties of concentrate NR and stability of skim latex. The 34<sup>th</sup> congress on science and technology of Thailand (STT 34). Queen Sirikit National Convention Center, Bangkok, Thailand, October 31 to November 2, 2008. pp. 207-208.

Sirinapa Santipanusopon, and Sa-Ad Riyajan. 2009. Influence of different Ammonia, Diammonium phosphate contents and field latex storage period on magnesium content, viscosity, gel content of latex concentrate and film latex properties. การ

ประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 4. มหาวิทยาลัยบูรพา, บางแสน ชลบุรี, 13 มีนาคม 2552. หน้า 25.

Sirinapa Santipanusopon, and Sa-Ad Riyajan. 2009. Influence of field Natural rubber latex with different ammonia contents and storage period times on Mechanical stability time, volatile fatty acid number, gel content and phosphate content of latex concentrate and skim latex coagulation. The proceeding of 47<sup>th</sup> Kasetsart University Annual Conference (Subject: Science), Kasetsart University, Bangkok, Thailand. March 17-20, 2009. pp. 178-187.

Sirinapa Santipanusopon, and Sa-Ad Riyajan. 2009. Effect of ammonia, diammonium phosphate, ammonium laurate, tetramethylthiuram disulfide and zinc oxide contents at different storage period of field latex on physical properties of latex concentrate, dipped latex film and skim latex coagulation. การประชุมวิชาการโครงการทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว.สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 3. พัทยา ชลบุรี ประเทศไทย. 1-3 เมษายน 2552. หน้า 140-141.