



2

สารยัตติตติจากน้ายาง

1พ.  
ท6577ต  
2532

นางสาว นิตยา บุรณะตันเต็กุล  
นางสาว นัทธรา เพ็ชรรุ่งเรือง

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน.....  
วัน,เดือน,ปี.....

12548984

โครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2532

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LATEX ADHESIVE



A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the  
Requirements for the Degree of Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Sciences

King Mongkut ' s Institute of Technology Ladkrabang

1989

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
- น้ำยาง	1
- ประเภทของน้ำยาง	2
- ลักษณะพื้นฐานบางประการของน้ำยาง	2
- น้ำยางธรรมชาติ	3
- การรักษาสภาพน้ำยาง	12
- กลไกของการเกิดน้ำยางจับตัวเอง	13
- คุณสมบัติของสารที่จะใช้เป็นตัวป้องกันรักษาสภาพน้ำยาง	14
- สารเคมีรักษาสภาพน้ำยางสด	15
- ลักษณะต่าง ๆ ของแอมโมเนียในน้ำยาง	17
- น้ำยางชั้น	18
- การผลิตน้ำยางชั้น	19
- การรักษาสภาพน้ำยางชั้น	23
- คุณสมบัติน้ำยางชั้น	23
- การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติน้ำยางชั้น	28
- การเปลี่ยนแปลงของน้ำยางที่เก็บรักษาด้วยแอมโมเนีย	30
- สารยึดติดจากน้ำยาง	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
- หลักการของการเตรียมสูตรทวนน้ำยาง	33
- ทฤษฎีการยึดติด	35
- การจำแนกประเภทของสารยึดติด	38
- วัตถุประสงค์	40
- ขั้นตอนการวิจัย	40
บทที่ 2   สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	41
- ตอนที่ 1   ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารตัวเติมที่ล้น	42
- ตอนที่ 2   ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารตัวเติมน้ำแข็งสุก	47
- วิจารณ์ผลการทดลอง	51
บทที่ 3   การทดลอง	52
- สารเคมี	52
- อุปกรณ์และเครื่องมือทดลอง	53
- ตอนที่ 1   ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารตัวเติมที่ล้น	54
วิธีเตรียม	55
วิธีทดสอบ	55
ปริมาณของแข็งทั้งหมด	55
ค่าความเป็นกรด - ด่าง	56
ค่าความหนืด	56
ความแข็งแรงในการยึดติดระหว่างผิววัสดุที่สภาวะต่าง ๆ	56
- ตอนที่ 2   ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารตัวเติมน้ำแข็งสุก	58
วิธีเตรียม	59
วิธีทดสอบ	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	ผ
ภาคผนวก	
- การทดสอบความแข็งแรงของการยึดติดระหว่างผิววัสดุ โดยการวัด peel strength	ผ
- การหาปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำยางชั้นที่ใช้ในสูตร	ผ
ประวัติผู้เขียน	ผ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	สารยึดติดจากน้ำยาง
นักศึกษา	นางสาว นิตยา บุรณะตันติกุล นางสาว พัทธนา เพ็ชรรุ่งเรือง
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. มาลินี ชัยศุกกิจสินธ์
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	2531

### บทคัดย่อ

น้ำยาง (Latex) มีสมบัติของการยึดติดอยู่ในตัวเอง และเพื่อให้สมบัติดังกล่าวเหมาะสมต่อการใช้งานยิ่งขึ้น จึงมีการปรับปรุงสมบัติโดยการเติมสารเคมีลงในน้ำยาง โดยมีการหลักการว่าสารเคมีที่เติมนั้น เพื่อทำหน้าที่ลดแรงตึงผิว ช่วยการยึดติด เพิ่มความหนืด รักษาสภาพความคงตัว และป้องกันการเกิดออกซิเดชัน

ในการศึกษาปรับปรุงสมบัติของน้ำยาง เพื่อให้เป็นสารยึดติดที่ดีขึ้นนั้น สารเคมีเกือบทุกชนิดที่เติมลงในน้ำยางต้องอยู่ในรูปของสารละลาย หรืออยู่ในรูปของการกระจายตัว (Dispersion) ทั้งนี้เพื่อป้องกันการจับตัวเป็นก้อนของน้ำยาง สำหรับโครงการพิเศษฉบับนี้ ทำการศึกษาการเตรียมสูตรสารยึดติดที่ใช้สารตัวเติมหลัก ๒ ชนิด และแบ่งมันสำปะหลัง เพราะสาร 2 ชนิดนี้ หาง่าย และราคาถูก ถ้าสามารถทำหน้าที่แทนสารตัวเติมอื่น ๆ ที่มีราคาแพงกว่า จะเป็นการลดต้นทุนการผลิต สารตัวเติมหลักต้องเติมน้ำลงไปเล็กน้อยก่อนที่จะเติมลงในน้ำยาง เพื่อป้องกันการที่สารตัวเติมดูดน้ำออกจากส่วนผสม ส่วนแบ่งมันสำปะหลังต้องทำให้เป็นแบ่งสุกก่อนที่จะเติมลงไป

สารยึดติดที่เตรียมได้ มีสมบัติของการยึดติดดีกว่าน้ำยางที่ไม่ได้เติมสารใด ๆ ลงไป นอกจากนี้ปริมาณของสารตัวเติมที่ใช้ต้องอยู่ในปริมาณที่จำกัดด้วย มิฉะนั้นจะทำให้สมบัติของการยึดติด และสมบัติด้านอื่น ๆ ลดลง

Speacial Project Title                    LATEX ADHESIVE  
Name    Nitaya Buranatantikul  
    Patnara Petrungruang  
Special Project Advisor                    Asst.Prof. Malinee Chaisupakitsin  
Department                                    Chemistry  
Academic Year                                1988

### Abstract

Latex is a self adhesive material. Chemicals can be added in order to improve this property. The principal is that the chemicals function as surfactant , adhesion modifier stabilizer , antioxidant & viscosity modifier.

All the chemicals that are added into latex must be in solution or dispersion system in order to prevent coagulation of latex. The objective of this project is to prepare adhesive formulae by adding 2 types of filler , talcum and boiled starch. This was achived by adding on amount of water into talcum before mixing into the latex to prevent dehydration and direct adding of the boiled starch. These fillers were used to reduce the cost.

The prepared adhesives had better properties than concentrated latex (without any additives). There is an maximum filler limited , loading , because of a reduction in adhesive properties.

## พิธีกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์ อาจารย์ที่ปรึกษา  
ผู้ให้คำแนะนำช่วยเหลือ ตลอดจนตรวจทานแก้ไขโครงการพิเศษนี้ และขอขอบพระคุณ  
และขอขอบคุณท่านที่มีรายชื่อต่อไปนี้ ที่กรุณาช่วยตรวจทานแก้ไข และช่วยพิมพ์โครงการพิเศษ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สินีนาถ สระตันธ์	กรรมการ
อาจารย์ อัญชลีนร วาริตสวัสดิ์	กรรมการ
ดร. นิพนธ์ วงศ์วิเศษสิริกุล	เอื้อเฟื้อชิ้นงานทดสอบ
อาจารย์ในภาควิชาเคมีทุกท่าน	ให้คำแนะนำ
นางสาว ชลารัตน์ นิรัฐมะพรารังสี	ผู้พิมพ์

นิตยา บูรณะตันติกุล

พินารา เพ็ชรรุ่งเรือง

15 มีนาคม 2532

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1.1	ตัวอย่างส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ	4
ตารางที่ 1.2	ตัวอย่างส่วนประกอบของเนื้อยาง	5
ตารางที่ 2.1	แสดงสูตรสารยึดติดจากน้ำยางที่มีทลคัมเป็นตัวเติม	42
ตารางที่ 2.2	แสดงปริมาณของแข็งทั้งหมดของสารยึดติดจากน้ำยางที่ใช้ ทลคัมเป็นสารตัวเติมเทียบกับน้ำยางชั้น	43
ตารางที่ 2.3	แสดงค่าความเป็นกรด - ด่างของสารยึดติดจากน้ำยางที่ใช้ ทลคัมเป็นสารตัวเติมเทียบกับน้ำยางชั้น	44
ตารางที่ 2.4	แสดงค่าความหนืดของสารยึดติดจากน้ำยางที่ใช้ ทลคัมเป็นสารตัวเติมเทียบกับน้ำยางชั้น	45
ตารางที่ 2.5	แสดงความแข็งแรงในการยึดติดระหว่างผิววัสดุของ สารยึดติดจากน้ำยางที่ใช้ทลคัมเป็นสารตัวเติมเทียบกับ น้ำยางชั้นในสภาวะต่าง ๆ	46
ตารางที่ 2.6	แสดงสูตรสารยึดติดจากน้ำยางที่มีน้ำแป้งสูกเป็นสารตัวเติม	47
ตารางที่ 2.7	แสดงปริมาณของแข็งทั้งหมดของสารยึดติดที่ใช้น้ำแป้งสูกเป็น สารตัวเติมเทียบกับน้ำยางชั้นและสารยึดติดสูตรที่ 1	48
ตารางที่ 2.8	แสดงค่าความเป็นกรด - ด่างของสารยึดติดที่ใช้น้ำแป้งสูกเป็น สารตัวเติมเทียบกับน้ำยางชั้นและสารยึดติดสูตรที่ 1	48
ตารางที่ 2.9	แสดงค่าความหนืดของสารยึดติดที่ใช้น้ำแป้งสูกเป็น สารตัวเติมเทียบกับน้ำยางชั้นและสารยึดติดสูตรที่ 1	49
ตารางที่ 2.10	แสดงค่าความแข็งแรงในการยึดติดระหว่างผิววัสดุ ของสารยึดติดที่ใช้น้ำแป้งสูกเป็นสารตัวเติมเทียบกับ น้ำยางชั้นและสารยึดติดสูตรที่ 1 ในสภาวะต่าง ๆ	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงโครงสร้างของฟอสฟอริทในน้ำยาง	7
รูปที่ 1.2 แสดงโครงสร้างของโปรตีนในน้ำยาง	8
รูปที่ 1.3 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ในน้ำยาง	12



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

**น้ำยาง (LATEX)** หมายถึงสารละลายที่ประกอบด้วยสาร 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนของสารพอลิเมอร์แขวนลอยอยู่ในตัวกลาง (Disperse phase) เป็นอนุภาคเล็ก ๆ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 5 ไมโครเมตร และส่วนของสารที่เป็นตัวกลาง (Dispersion medium) เรียกว่าเซรัม

น้ำยางมีลักษณะเป็นสารละลายคอลลอยด์ (Colloid) ชนิดไฮโดรโซล (Hydrosol คือสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย) ที่มีความพิเศษกว่าไฮโดรโซลทั่วไป กล่าวคือ น้ำยางมีสมบัติระหว่างไฮโดรฟิลิก (Hydrophilic ลักษณะที่เป็นสารละลายได้ง่ายเมื่อมีน้ำเป็นตัวทำละลาย) กับไฮโดรโฟบิก (Hydrophobic ลักษณะที่ไม่ยอมรวมกับน้ำ จึงเกิดเป็นสารละลายได้ยาก เมื่อมีน้ำเป็นตัวทำละลาย) แต่มีลักษณะไฮโดรโฟบิกเด่นชัดกว่า

ลักษณะสารละลายคอลลอยด์ของน้ำยางนั้น อาจจะอธิบายได้ว่า เป็นอิมัลชัน (Colloidal emulsion) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีน้ำยางที่สังเคราะห์หรือทำเทียมขึ้น อย่างไรก็ตามการอธิบายคอลลอยด์ของน้ำยางว่าเป็นลักษณะอิมัลชันอาจไม่ถูกต้องนัก เพราะในทางเคมี อิมัลชันหมายถึง สารละลายของของเหลวในของเหลว แต่สารพอลิเมอร์ส่วนใหญ่มีลักษณะของแข็งกับของเหลว ซึ่งลักษณะเป็นของแข็ง จะเด่นกว่าลักษณะเป็นของเหลวในสถานะอนุภูมิภาค แต่การอธิบายว่าน้ำยางมีลักษณะเป็นคอลลอยด์แบบอิมัลชันนั้น เนื่องจากเหตุผล 2 ประการ คือ ประการแรกน้ำยางสังเคราะห์ผลิตโดยกรรมวิธีพอลิเมอร์ไรเซชันแบบอิมัลชัน (Emulsion polymerization) และอีกประการหนึ่งคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำยางสังเคราะห์บางประเภทนิยมใช้งานด้านการฉาบหรือเคลือบผิวหน้าอย่างแพร่หลาย  
แทนการใช้อิ้มลชันของสีน้ำมัน

### ประเภทของน้ำยาง แบ่งได้ดังนี้

ก. แบ่งตามลักษณะที่มา ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ

1. น้ำยางธรรมชาติ (Natural latex) ได้แก่ น้ำยางจากยางพารา  
กัตตาเปอร์ชา และยางเอลส์บิอาร์

2. น้ำยางสังเคราะห์ (Synthetic latex) เตรียมโดยกรรมวิธีอิ้มลชัน  
พอลิเมอร์ไรเซชัน ได้แก่ น้ำยางพอลิไวนิลอะซิเตต คลอโรพรีน เป็นต้น

3. น้ำยางเทียม (Artificial latex) เตรียมโดยกรรมวิธีทำให้  
พอลิเมอร์กระจายโดยตัวกลางที่เป็นน้ำ ได้แก่ยางรีเคลม ยางบิวทาย เป็นต้น

ข. แบ่งตามลักษณะทางเคมีของพอลิเมอร์หลัก

การจัดแยกวิธีนี้เท่ากับเป็นการเรียกชื่อสารพอลิเมอร์ในทางเคมีที่อยู่ในน้ำยาง  
นั่นเอง เช่น น้ำยางพอลิไอโซพรีน น้ำยางพอลิสไตรีน น้ำยางบิวทาคาไดอันเอครีโลไนไทล  
 เป็นต้น วิธีนี้เป็นการจัดแยกที่เป็นประโยชน์สำหรับกรณีของการจัดแยกน้ำยางสังเคราะห์  
แต่ละพวก

ค. แบ่งตามลักษณะทางกายภาพพอลิเมอร์หลัก

วิธีการนี้เป็นการจัดประเภทที่ไม่มีกฎเกณฑ์แน่นอน จัดตามความพอใจมากกว่า  
ซึ่งอาจแบ่งน้ำยางออกเป็น 2 ประเภทได้ คือ ประเภทน้ำยางยาง (Rubber latices)  
ประกอบด้วยพอลิเมอร์ที่มีลักษณะของยาง และ ประเภทน้ำยางเรซินหรือพลาสติก (Resin  
or plastic latices) ประกอบด้วย พอลิเมอร์ที่มีลักษณะของสารเรซิน

## ลักษณะพื้นฐานบางประการของน้ำยาง

น้ำยาง เป็นสารคอลลอยด์ที่มีลักษณะซับซ้อนมาก เนื่องจากลักษณะพื้นฐานบางประการดังนี้

ก. ลักษณะของพอลิเมอร์ สารพอลิเมอร์ในรูปของน้ำยางอาจแบ่งได้ดังนี้

1. ไวนิลพอลิเมอร์และโคพอลิเมอร์ (Vinyl polymer and copolymer)  
ตัวอย่างเช่น พอลิไวนิลอะซิเตต และโคพอลิเมอร์ของพอลิไวนิลอะซิเตต พอลิสไตรีน พอลิไวนิลคลอไรด์ และโคพอลิเมอร์ของพอลิไวนิลคลอไรด์ เป็นต้น
2. ไดอีนพอลิเมอร์และโคพอลิเมอร์ (Diene polymer and copolymer)  
ตัวอย่างเช่น ซีล 1.4 - พอลิบิวทาไดอีน และ พอลิไอโซพรีน อิมัลชันพอลิบิวทาไดอีน โคพอลิเมอร์ของพอลิบิวทาไดอีนกับสไตรีน หรือกับอคริโลไนไตรล์ โคพอลิเมอร์ของคลอโรพรีน น้ำยางจากธรรมชาติซึ่งเป็นพอลิไอโซพรีน เป็นต้น
3. พอลิเมอร์อื่น ๆ เช่น พอลิไอโซบิวทิลีนที่มีส่วนประกอบของโคพอลิเมอร์ไอโซพรีนเล็กน้อย ยางรีเซลมไดอีน เป็นต้น

ข. รูปร่าง ขนาด และขนาดการกระจายของอนุภาคน้ำยาง-

ลักษณะรูปร่างของน้ำยาง หากพิจารณาอย่างหยาบ ๆ จะมีลักษณะกลม หรือค่อนข้างกลม แต่ถ้าพิจารณากันอย่างละเอียดถี่ถ้วนแล้ว อนุภาคยางอาจมีรูปร่างเป็นรูปรี หรือรูปร่างซับซ้อน ขนาดของอนุภาคน้ำยางมีระบุเป็นหน่วยอังสตรอม ไมครอน หรือมิลลิไมครอน อนุภาคของน้ำยางส่วนใหญ่มีลักษณะกลมหรือเกือบกลม และวัดขนาดโดยการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาค สำหรับน้ำยางรูปร่างแบบอื่น ๆ ขนาดของอนุภาคอาจคำนวณได้จากการวัดขนาดความยาวของ 3 แกน น้ำยางส่วนใหญ่มีการกระจัดกระจายของอนุภาคจากน้อยจนถึงมาก ขนาดที่ต่าง ๆ กันของอนุภาคน้ำยางที่กระจายตัวดังกล่าว เรียกว่า ขนาดของการกระจัดกระจายของอนุภาคน้ำยาง

## น้ำยางธรรมชาติ

น้ำยางสดมีลักษณะเป็นของเหลวสีขาว หรือสีครีม อยู่ในสถานะสารแขวนลอย มีความหนาแน่นระหว่าง 0.975 และ 0.980 กรัมต่อมิลลิลิตร pH ตั้งแต่ 6.5 - 7.0 มีความหนืดไม่แน่นอน เนื่องจากประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ซึ่งมีปริมาณเปลี่ยนแปลงอย่างกว้างขวาง ปริมาณที่เปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ กัน เช่น พันธุ์ยาง อายุยาง ฤดูกาล กรีดยาง และวิธีการกรีดยาง เป็นต้น

ตารางที่ 1.1 ตัวอย่างส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ

ส่วนประกอบ	เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)
สารที่เป็นของแข็งทั้งหมด	36
เนื้อยางแห้ง	33
สารพวกโปรตีน	1 - 1.5
สารพวกเรซิน	1 - 2.5
เถ้า	1
น้ำตาล	1

สารต่าง ๆ เหล่านี้ อาจแบ่งเป็น 3 ส่วนใหญ่ ๆ ของน้ำยาง คือ

1. ส่วนของอนุภาคยางมีปริมาณประมาณ 35 % โดยน้ำหนัก
2. ส่วนของน้ำมีปริมาณประมาณ 55 % โดยน้ำหนัก
3. ส่วนที่เหลือเป็นส่วนของลูทอยด์ (Lutoid) ประมาณ 10 % โดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังมีส่วนที่เป็นเพียงส่วนประกอบปริมาณเล็กน้อย ได้แก่ ส่วนของอนุภาคฟรี - วิสลิ้ง (Frey - Wyshling particles)

ปริมาณเนื้อยางของยางธรรมชาติมีค่าตั้งแต่ 25 - 45 % ปริมาณความแตกต่างระหว่างปริมาณสารที่เป็นของแข็งทั้งหมดในน้ำยางกับปริมาณเนื้อยางแห้งประมาณ 3 % แต่ถ้าเป็นกรณีของน้ำยางที่ปั่นทำให้ข้นแล้ว ความแตกต่างดังกล่าวลดเหลือเพียงประมาณ 1.5 % สำหรับส่วนของสารที่ไม่ใช้น้ำ และไม่ใช้เนื้อยางมีประมาณ 5 % ของน้ำหนักยาง ส่วนของสารพวกโปรตีน ประมาณครึ่งหนึ่งละลายอยู่ในส่วนที่เป็นน้ำ ประมาณ 1 ใน 4 ดูดซับอยู่ที่รอบ ๆ ผิวหน้าของอนุภาคยาง ส่วนที่เหลือปนอยู่กับสารตกทอด

#### 1. ส่วนของเนื้อยาง (Rubber phase)

อนุภาคยางในน้ำยางธรรมชาติ ประกอบด้วยสารไฮโดรคาร์บอนพวกซีล 1,4 - พอลิไอโซพรีน ( $(C_5H_8)_n$ ) มีความหนาแน่นประมาณ 0.92 กรัมต่อมิลลิกรัม รูปร่างของอนุภาคยางมีทั้งรูปกลมและรูปลูกแพร์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.02 - 3.0 ไมโครเมตร ไม่ละลายน้ำและมีลักษณะเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ อนุภาคยางในสภาพน้ำยางสดนั้นผิวรอบอนุภาคหุ้มห่อด้วยชั้นของไขมันและโปรตีน แบบอย่างส่วนประกอบของส่วนเนื้อยางแสดงไว้ในตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 ตัวอย่างส่วนประกอบของเนื้อยาง

ส่วนประกอบ	เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)
ยางไฮโดรคาร์บอน	86
น้ำ	10
สารพวกไขมัน	3
สารพวกโปรตีน	1

นอกจากสารดังกล่าวข้างต้นแล้วยังมีโลหะบางชนิด เช่น แมกนีเซียม โพแทสเซียม และ ทองแดงปนอยู่ในส่วนของยางประมาณ ๑.๑๕ %

อนึ่งการศึกษาโดยละเอียดพบว่า โมเลกุลยางมิได้มีส่วนประกอบเพียงอะตอม ของคาร์บอนและไฮโดรเจนเท่านั้น แต่ยังประกอบด้วยส่วนน้อยของออกซิเจนซึ่งอาจอยู่ใน รูปของหมู่คาร์บอนิล ( Carbonyl group ) หมู่คาร์บอนิลนี้มีผลให้เกิดการเชื่อมโยง โมเลกุลขึ้นอย่างช้า ๆ โดยการเกิดปฏิกิริยากับหมู่เมทิลีนที่อยู่ในโมเลกุลข้างเคียง ซึ่ง เป็นผลให้ยางมีลักษณะแข็ง ในระหว่างการเก็บรักษา วิธีการป้องกันการเกิดยางแข็งดัง กล่าวนี้สามารถทำได้โดยการใช้สารพวก Mono - functional carbonyl เช่น ไฮดรอกซิลเอมีน หรือใช้สารพวก Difunctional carbonyl เช่น 5.5 - ไดเมทิล- ไฮโคลเฮกเซน นอกจากการเกิดยางแข็งอันเนื่องมาจากหมู่ดังกล่าวแล้ว ยังเนื่องด้วยใน เนื้อยางมีส่วนประกอบของเพอร์ออกไซด์ที่สามารถเกิดระบบรีดอกซ์ (Redox system) กับสารบางอย่างในน้ำยาง อันเป็นผลให้เกิดลักษณะสายเชื่อมโยงโมเลกุล หรือเกิดการ ทำให้สายโมเลกุลขาด ระบบรีดอกซ์อาจเร่งให้เกิดได้โดยการเติมสารพวกพอลิเอมีน เช่น เตตระเอทิลีนเพนตะมีน หรืออาจป้องกันโดยการเติมฟอร์มัลดีไฮด์

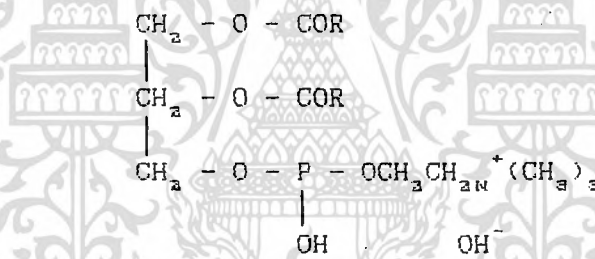
สำหรับองค์การแข็งตัวของยางระหว่างการเก็บรักษาขึ้นอยู่กับผลลัพท์ระหว่าง ปริมาณการเกิดโมเลกุลเชื่อมโยง โดยระบบรีดอกซ์ และโดยปฏิกิริยาของหมู่คาร์บอนิลกับ ปริมาณการเกิดสายโมเลกุลขาดโดยผลของเพอร์ออกไซด์

สารพวกไขมัน ( Lipid ) ที่ประกอบอยู่ในส่วนของอนุภาคยางเป็นสารพวก สเตอรอล และเอสเทอร์ของสเตอรอล (Sterols and sterol ester) ประมาณ ๑.๔ % ไขมันและขี้ผึ้ง (Fat and waxes) ประมาณ ๑.๖ % และฟอสโฟไลปิดประมาณ ๒ % สำหรับฟอสโฟไลปิดนั้น ปรากฏติดที่รอบอนุภาคยาง ส่วนไขมันพวกอื่น ๆ อาจละลายอยู่ในส่วนของไฮโดรคาร์บอน

อนึ่งอนุภาคยางในน้ำยางสดประกอบด้วยยางไฮโดรคาร์บอนเป็นส่วนใหญ่ และ ยางไฮโดรคาร์บอนมีชั้นหุ้มห่อของไขมันพวกฟอสโฟไลปิด และชั้นถัดมาเป็นชั้นของโปรตีน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุภาคยางจะมีฟอสโฟไลปิดเป็นตัวกลางที่ยึดระหว่างยางไฮโดรคาร์บอนกับสารโปรตีน

ฟอสโฟไลปิดในอนุภาคยางส่วนใหญ่เป็นชนิดเลซิทิน (Lecitin) ตามโครงสร้างดังรูปที่ 1.1 หมู่ R คือแรติคอลไฮโดรคาร์บอนของ  $C_{17}H_{35}$  หรือของ  $C_{17}H_{33}$  แรติคอลไฮโดรคาร์บอนที่มีอยู่ในโมเลกุลซึ่งมีส่วนปลายของโมเลกุลที่สามารถเกิดไอออนได้จะเป็นตัวทำหน้าที่ดูดซับไขมันและยึดระหว่างยางกับเซรุ่ม ส่วนการติดกันระหว่างโปรตีนกับเลซิทินอาจเป็นเพราะขณะที่ pH ของน้ำยางสด (ประมาณ 6.5) ขึ้นของฟอสโฟลิพิดมีประจุเป็นบวก แต่สำหรับโปรตีนในสภาวะ pH นี้ ค่อนข้างเป็นด่าง เมื่อเทียบกับจุดไอโซอิเล็กทริกของโปรตีน ฉะนั้นโปรตีนจึงแสดงประจุเป็นลบ นั่นคือสารทั้งสอง ได้แก่ เลซิทินและโปรตีนจะดึงดูดซึ่งกันและกันได้



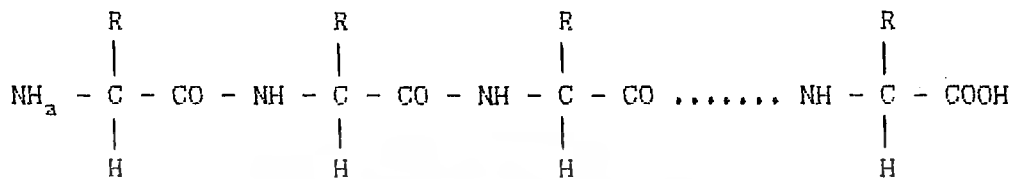
รูปที่ 1.1 แสดงโครงสร้างของฟอสโฟลิพิดในน้ำยาง

ในสภาวะที่ตัวกลางเป็นกรด (pH น้อยกว่า 6.5) ทั้งโปรตีนและเลซิทินแสดงประจุเป็นบวก และเมื่อ pH เพิ่มขึ้นประจุบวกจะลดลง โดยเฉพาะกรณีของโปรตีนลดลงเร็วกว่าเลซิทินมาก และหาก pH เพิ่มขึ้นอย่างพอเพียง การแสดงขั้วของโปรตีนสามารถเปลี่ยนเป็นขั้วตรงข้ามคือเป็นลบได้ ส่วนเลซิทินไม่สามารถเปลี่ยนขั้วได้ (ยกเว้นอาจเปลี่ยนได้บ้างเล็กน้อยเมื่อ pH สูงมาก)

โปรตีนซึ่งโครงสร้างทั่ว ๆ ไป เป็นแบบที่แสดงโครงสร้างรูปที่ 1.2 มีคุณสมบัติ

เป็นแอมโฟเทอริก (Amphoteric electrolytes)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.2 แสดงโครงสร้างของโปรตีนในน้ำยาง

สมบัติของโปรตีนชนิดหนึ่งจะแสดงโดยอัตราส่วนระหว่างหมู่ที่มีความเป็นกรดกับหมู่ที่มีความเป็นด่าง

ในสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นด่าง หมู่ที่มีความเป็นกรดจะแตกตัว ส่วนหมู่ที่มีความเป็นด่างจะไม่แตกตัว จึงเป็นผลให้ได้อนุมูลที่เรียกว่าอนุมูลลบโปรตีนเนต (Protein anion) สำหรับในสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกรดจะได้อนุมูลตรงกันข้ามคือ อนุมูลบวกของโปรตีน (Protein cation) และในสถานะที่สารละลายเป็นกรดแก่และด่างแก่ โปรตีนจะไม่แสดงประจุใด ๆ ซึ่งเรียก pH ณ จุดนี้ว่าไอโซอิเล็กทริก (isoelectric point) และเรียกโปรตีนที่จุดนี้ว่า isoelectric condition สำหรับโปรตีนแบบที่มีคุณสมบัติดังกล่าวมาแล้วนี้เป็นโปรตีนชนิดที่มีจุดไอโซอิเล็กทริกที่ pH ประมาณ 5

อนึ่งโปรตีนที่มีอยู่ในน้ำยางพาราเป็นโปรตีนชนิดที่มีจุดไอโซอิเล็กทริก ช่วงตั้งแต่ pH 4.5 - 8 แต่ส่วนใหญ่เป็นโปรตีนชนิดที่มีจุดไอโซอิเล็กทริกที่ pH ประมาณ 5 และเนื่องจากน้ำยางสดที่มี pH ประมาณ 6.5 เนื่องมาจากหมู่ไฮดรอกซีของกรดไขมันที่ pH นี้ค่อนข้างเป็นด่างเมื่อเทียบกับจุดไอโซอิเล็กทริกของโปรตีน (pH 5) ทำให้หมู่ COOH ของโปรตีนแตกตัวเป็น CO<sub>2</sub><sup>-</sup> ส่วนหมู่ NH<sub>2</sub> จะลดลงเพราะถูกดึงดูดโดยหมู่ OH<sup>-</sup> ของไขมัน ซึ่งขณะเดียวกัน CO<sub>2</sub><sup>-</sup> ที่โปรตีนแตกตัวจะถูกผลักออกด้วย จึงก่อให้เกิดสภาพ

สภาพประจุลบ (Anionic nature) ของอนุภาคยางอยู่ได้ นั่นคือในสถานะน้ำยางสด

อนุภาคยางจะมีสภาพเป็นลบอันเนื่องมาจาก  $\text{CO}_3^-$  ของโปรตีน

## 2. ส่วนที่เป็นน้ำ (Aqueous phase)

ส่วนที่เป็นน้ำหรือที่เรียกว่า เซรัมของน้ำยาง มีความหนาแน่นประมาณ 1.02 กรัมต่อมิลลิลิตร ประกอบด้วยสารเคมีต่าง ๆ ดังนี้

### ก. คาร์โบไฮเดรต

ส่วนใหญ่เป็นพวก 1-Methylinositol หรือที่เรียกกันว่า quebrachitol มีอยู่ประมาณ 1 % ของน้ำยาง และยังมีคาร์โบไฮเดรตอื่น ๆ อีกบ้างเล็กน้อย ได้แก่พวก กลูโคส ซูโครส กาแลกโตส และ ฟรุคโตส เป็นต้น อนึ่งความสำคัญของคาร์โบไฮเดรตเหล่านี้มีผลเพียงเล็กน้อยต่อคุณสมบัติของน้ำยาง กล่าวคือ หากมีการรักษาสภาพน้ำยางไม่พอเพียง คาร์โบไฮเดรตจะถูกจุลินทรีย์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นพวกกรดไขมันระเหยได้ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพวกกรดฟอร์มิก อะซิติก และ โพรพิโอนิก กรดเหล่านี้มีผลทำให้น้ำยางเสียสถานะ และจับตัวเองกลายเป็นก้อนยางโดยการเพิ่มกำลังการแตกตัวของ เซรัม

### ข. โปรตีนและกรดอะมิโน

ในส่วนของน้ำและเซรัมจะประกอบด้วยโปรตีนหลายชนิดที่มีจุดไอโซอิเล็กทริกต่าง ๆ กัน โปรตีนที่สำคัญได้แก่ แอลฟา - โกลบูลิน และฮีวิน ( $\alpha$ -globulin and hevein) แอลฟา - โกลบูลินเป็นโปรตีนชนิดที่พบเป็นปริมาณมากในส่วนของน้ำยางสด มีคุณสมบัติไม่ละลายในน้ำ แต่ละลายในสารละลายของเกลือ กรด และ ด่าง มีจุดไอโซอิเล็กทริกที่ pH 4.8 การเติมแอมโมเนียในน้ำยางจะเป็นการเพิ่มการเคลื่อนไหวของแอลฟา - โกลบูลิน และอนุภาคของยาง น้ำยางสดจะเกิดการจับตัวเป็นก้อนอย่างรวดเร็วในสภาวะที่ pH ที่ แอลฟา - โกลบูลินตกตะกอนได้มากที่สุด จากการที่ แอลฟา - โกลบูลินและอนุภาคยางมีความคล้ายคลึงในด้านของความคงตัว จึงได้มีการเสนอว่าแอลฟา - โกลบูลินเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งที่ดูดซับอยู่รอบผิวของอนุภาคยางและเป็นตัวที่มีส่วนในความคงสภาพเป็นสารคอลลอยด์ของน้ำยาง ซึ่งจะมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 200,000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของชั้นล่างสุด (Bottom fraction) ของน้ำยางเมื่อผ่านการปั่นด้วยความเร็วสูง ประมาณ 20 % ของสารที่เป็นของแข็งเป็นสารพวกละลายน้ำได้ และในส่วนนี้จะเป็นส่วนของโปรตีนชนิดอีวีนประมาณ 7% อีวีนเป็นโปรตีนชนิดที่เป็นผลึกชนิดโมเลกุลต่ำเพียงประมาณ 10.000 และมีจุดไอโซอิเล็กตริกที่ช่วง pH 4.5 ประกอบด้วยซัลเฟอร์ที่อยู่ในรูปของหมู่ไดซัลไฟด์ อีวีนละลายน้ำได้รวดเร็วที่ pH กว้าง รวมทั้งที่ pH ของจุดไอโซอิเล็กตริก ไม่ตกตะกอนด้วยความร้อน ไม่มีผลต่อการคงสภาพเป็นสารคอลลอยด์ของน้ำยาง

นอกจากโปรตีนทั้งสองชนิดดังกล่าวแล้ว ในเซรัมยังมีโปรตีนชนิดอื่น ๆ ซึ่งมีจุดไอโซอิเล็กตริกสูงมาก (มากกว่า pH 8.6) และโปรตีนเหล่านี้อาจมีผลกระทบต่อความคงสภาพเป็นสารคอลลอยด์ของน้ำยาง ทั้งนี้เพราะโปรตีนที่มีจุดไอโซอิเล็กตริกสูงเหล่านี้จะแสดงประจุเป็นบวกที่ pH เป็นกลางหรือค่อนข้างเป็นด่างของน้ำยางสด

สำหรับกรดอะมิโนที่มีอยู่ในเซรัมประมาณ 0.1% ของน้ำหนักน้ำยาง ซึ่งยังไม่เป็นที่กระจ่างว่ากรดอะมิโนเหล่านี้มีมาแต่เดิมหรือมาจากการสลายตัวของโปรตีน กรดอะมิโนที่สำคัญได้แก่ กรดกลูตามิก อลานีน และกรดแอสพาร์ติก ในน้ำยางที่ใส่แอมโมเนีย โปรตีนจะเกิดการไฮโดรไลซ์อย่างช้า ๆ (ช้ากว่าการไฮโดรไลซ์ของไขมัน) ได้โพลีเปปไทด์กับกรดอะมิโน

ค. ส่วนอื่น ๆ ที่อยู่ในเซรัม

ส่วนอื่น ๆ ที่อยู่ในเซรัม ได้แก่สารพวกที่มีส่วนประกอบของไนโตรเจนอิสระ ตัวอย่างเช่น โคลิค และเมทิลเอมีน กรดอินทรีย์ (ที่ไม่ใช่ชนิดกรดอะมิโน) อนุมูลของอินทรีย์สาร (โดยเฉพาะพวกฟอสเฟสและคาร์บอเนต) และอนุมูลของโลหะ (ได้แก่พวกโพแทสเซียม แมกนีเซียม เหล็ก และทองแดง) และยังประกอบด้วยไซยาไนด์ประมาณ 0.25% ซึ่งเป็นพวกกรดไฮโดรไซยาไนด์อิสระ

ในเซรัมยังประกอบด้วยไรออลไม่ต่ำกว่า 2 ชนิด ได้แก่ ซิสเตอีน และกลูตาไรออล ไรออลทั้งสองชนิดนี้มีหน้าที่เป็นตัวช่วยในปฏิกิริยาที่จะก่อให้เกิดการจัดโมเลกุลของยางไฮโดรคาร์บอน

นอกจากนี้พบว่ามีน้ำย่อยหลายชนิดในน้ำยางสด ซึ่งน้ำย่อยเหล่านี้มีอยู่แต่เริ่มแรกภายในท่อน้ำยาง และไหลออกมาพร้อม ๆ กับน้ำยาง น้ำยางสดมีลักษณะเฉพาะเกี่ยวกับการที่สามารถเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์ต่าง ๆ ไปเป็นไฮโดรคาร์บอน และน้ำย่อยก็เป็นตัวกลางสำคัญในการเปลี่ยนแปลงนี้

### 3. ส่วนของลูกอยด์และสารอื่น ๆ

ลูกอยด์หรือที่เรียกกันว่าวิสตอยด์ เป็นส่วนประกอบในน้ำยางสดที่ถูกค้นพบเป็นครั้งแรกโดย Homan and Van Gils (2491) นักวิจัยทั้งสองท่านได้บั่นน้ำยางสดที่ยังไม่ผ่านการเจือจางมาก่อน พบว่าน้ำยางแยกออกเป็นสองส่วน คือส่วนหนึ่งมีสีขาว ประกอบด้วยอนุภาคของยางเป็นส่วนมาก และอีกส่วนหนึ่งมีสีเหลืองแยกอยู่ชั้นล่าง มีปริมาณของสารที่เป็นสีเหลือง 20 - 30 % ของปริมาณทั้งหมด ในส่วนชั้นล่างนี้ จากการศึกษาค้นคว้าเป็นอนุภาคที่ไม่ค่อยเกาะกันแน่น มีความแตกต่างจากอนุภาคของยาง และถูกเรียกว่าลูกอยด์ เพราะเข้าใจกันว่าเป็นตัวกระทำให้เกิดสีเหลืองในส่วนนี้

ลักษณะของลูกอยด์เป็นอนุภาคกลมมีเยื่อบางหุ้มหรืออยู่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 - 5 ไมโครเมตร ขนาดใหญ่กว่าอนุภาคของยาง ภายในเยื่อบางนี้มีส่วนที่เรียกว่า บี-ซีรัม ที่มีส่วนของสารละลายกรด เกลลิ่ง โปรตีน น้ำตาล และพอลิฟีนอลออกซิเดส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยา Browning ทำให้น้ำยางมีสีคล้ำ เมื่อสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ ของเหลวในลูกอยด์มี pH 5.5 โดยประมาณ ปริมาณของลูกอยด์ในน้ำยางมีพอเพียงที่ทำให้เกิดผลกระทบกระเทือนต่อความหนืด และเสถียรภาพของน้ำยางสด ลูกอยด์เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและอุณหภูมิสูง การเปลี่ยนแปลงอันดับแรกคือ ของเหลวในลูกอยด์จะหยุดการเคลื่อนไหว เนื่องจากการขยายตัวของเยื่อบางที่หุ้มอยู่ จากนั้นเนื้อเยื่อบางจะแตกออกและของเหลวภายในจะออกมา ในส่วนของซีรัม เยื่อบางที่แตกออกจะเกิดการจับตัวกันเองและติดอยู่ภายในก้อนของอนุภาคสารอื่น

ลูกอยด์มีสมบัติที่เกิดปฏิกิริยาออสโมติก (Osmotic) ได้ง่าย ดังนั้นการเติมน้ำลงในน้ำยางมีผลทำให้ลูกอยด์เกิดการบวมและคงตัว ในที่สุดก็จะแตกออก ซึ่งเป็นผลทำให้

น้ำยางมีความหนืดเพิ่มขึ้น อนึ่งในการแปรรูปน้ำยางเป็นยางแท่ง ยางแผ่น ได้รวม

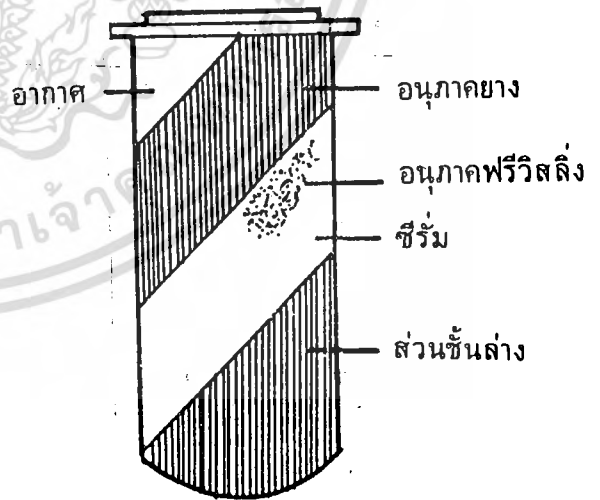
เอาขึ้นตอนในการเจือจางน้ำยาง โดยวิธีการเติมน้ำลงไปด้วยก่อนการทำให้ยางจับตัว หมายความว่า ได้ทำให้ลู่ทอยด์แตกออกก่อนการเติมกรดเพื่อทำให้น้ำยางจับตัว และส่วนของลู่ทอยด์จะต้องติดอยู่กับก้อนยางที่มีการจับตัวด้วย และส่วนของลู่ทอยด์ที่ติดอยู่ในก้อนยางจะมีผลกระทบต่อคุณสมบัติของยางด้วย เนื่องจากมีสารพวกโลหะละลายอยู่ในของเหลว

ในการกรีดยางจะทำให้ให้น้ำยางในท่อยางเกิดการเจือจาง เมื่อน้ำยางไหลได้สักครู่ ซึ่งจะยังผลให้ลู่ทอยด์เกิดการบวมตัวและแตกออกในเวลาต่อมา จะมีผลทำให้น้ำยางจับตัวอุ้ดก่อนน้ำยาง ทำให้น้ำยางหยุดไหล และอีกกรณีหนึ่งขณะกรีดยางคัมมิตจะเลื่อนหรือกระทบกับลู่ทอยด์ ทำให้ลู่ทอยด์แตกออกซึ่งมีผลทำให้น้ำยางหยุดไหลได้เช่นกัน

ในการแปรรูปน้ำยางสดเป็นน้ำยางข้นก่อนการปั่นด้วยเครื่องปั่น (Centrifuge) จะมีการเติมแอมโมเนียเพื่อรักษาสภาพน้ำยาง แอมโมเนียที่เติมไปนั้นจะรวมตัวกับลู่ทอยด์และธาตุโลหะแมกนีเซียมฟอสเฟส และตกตะกอนเป็นตะกอนสีขาว และสีน้ำตาล โดยแยกตัวออกจากน้ำยางและเกาะรวมกันอยู่ที่ล่างสุดของเครื่อง ทำให้อัตราการทำงาน of เครื่องลดลง เพราะต้องถอดเครื่องปั่นมาล้างเอาตะกอนเหล่านั้นออก

ภาพที่ 1.3

ในส่วนของชั้นล่างนี้ นอกจากจะมีสารพวกลู่ทอยด์แล้วยังมีสารอีกพวกหนึ่งที่เรียกว่า อนุภาคฟรี - วิสลิง (Frey - wyssling) ซึ่งมีลักษณะเหมือนอนุภาคใหญ่กว่ายาง และมีความหนาแน่นมากกว่ายางเล็กน้อย มีคาโรตีนอยด์ซึ่งเป็นตัวที่ทำให้เกิดสีเหลืองเข้มมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับปริมาณสารคาโรตีนอยด์ตัวนี้ อนุภาคฟรี-วิสลิงเป็นส่วนประกอบของไขมัน และจะรวมตัวอยู่ในแอมโมเนีย แยกตัวออกจากยางอยู่ในส่วนของชีรัม เมื่อมีการเติมสารแอมโมเนีย การปั่นน้ำยางสดโดยใช้ความเร็วสูง จะแยกน้ำยางออกเป็น 4 ชั้น ดังภาพที่ 1.3



## การรักษาสภาพของน้ำยาง

น้ำยางสดที่ได้จากสวน ถ้าไม่มีการเติมสารเคมีเพื่อป้องกันการจับตัวของน้ำยาง น้ำยางสดจะคงสภาพอยู่ได้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ไม่เกิน 3 ชั่วโมงจะเริ่มจับตัวเป็น เม็ดเล็ก ๆ ที่เรียกกันว่าเม็ดฟริก และก็เริ่มจับตัวกันเป็นก้อนใหญ่ขึ้น อันเนื่องมาจาก ปัจจัยต่าง ๆ ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันออกไป ปัจจัยที่สำคัญคือ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ เพิ่มขึ้นในน้ำยาง อุณหภูมิและคุณสมบัติความคงตัวของน้ำยางแต่ละพันธุ์ที่เกี่ยวข้องกับโลหะ ที่อยู่ในน้ำยาง กับสารลู่ท่อขุดที่แตกออกเนื่องจากการกรีด ในการเสี่ยสภาพของน้ำยาง นั้นจะพบว่า น้ำยางจะถูกแยกออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนที่เป็นเนื้อยางกับส่วนที่เป็นซีรัม ซึ่งภายหลังจะเกิดการบูดและมีกลิ่นเหม็น เนื่องจากการใช้เป็นอาหารของจุลินทรีย์ในน้ำยาง

ในการรักษาสภาพน้ำยางนั้น อาจจำแนกได้เป็นสองลักษณะตามความมุ่งหมายคือ

1. เมื่อเก็บไว้ได้ในเวลาสั้น การเก็บรักษาในลักษณะนี้ก็เพื่อที่จะนำเข้าสู่ โรงงานแปรรูปยางดิบประเภทต่าง ๆ ให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้
2. เพื่อให้เก็บรักษาไว้ได้เป็นเวลานาน ส่วนใหญ่จะใช้เพื่อรักษาสภาพ น้ำยางชั้นที่เก็บรักษาไว้ใน โรงงานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางสำเร็จรูป และการส่งออก น้ำยางไปยังต่างประเทศ

## กลไกของการเกิดน้ำยางจับตัวเอง (NATURAL OR SPONTANEOUS COAGULATION)

ทฤษฎีที่สนับสนุนเกี่ยวกับการเกิดน้ำยางจับตัวเองมีอยู่ 2 ทฤษฎี ทฤษฎีแรก อธิบายว่า การเกิดน้ำยางจับตัวขึ้นเองนั้น เนื่องจากรดที่เกิดขึ้นโดยบังเอิญทำปฏิกิริยากับสารพวกไม่ใช่น้ำยาง ส่วนทฤษฎีที่สองอธิบายว่า น้ำยางจับตัวเองได้เนื่องจาก อนุมูลลบของกรดไขมันที่เกิดขึ้นโดยการไฮโดรไลซิสของสารพวกไขมันที่มีอยู่ในน้ำยาง โดย คาดว่าอนุมูลลบที่เกิดขึ้นจะถูกดูดซับอยู่รอบ ๆ ผิวอนุภาคของยาง ซึ่งอาจเป็นได้ที่อนุมูลลบ เหล่านี้ไปแทนที่สารโปรตีนซึ่งเคยดูดซับอยู่แต่เดิม และอนุมูลลบดังกล่าวจะไปทำปฏิกิริยากับอนุมูลของโลหะพวกคัลเซียม และแมกนีเซียมที่มีอยู่ในน้ำยางแต่เริ่มแรกแล้ว หรือที่ เกิดขึ้นภายหลัง เนื่องจากรปฏิกิริยาของพวกน้ำย่อยในน้ำยาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปความจริงเกี่ยวกับการเกิดน้ำยางจับตัวเอง เพื่อนำไปพิจารณาประเมินเหตุผลของสองทฤษฎีดังกล่าวข้างต้น ได้ดังต่อไปนี้

1. โดยปกติขณะเกิดน้ำยางจับตัวเอง pH ของน้ำยางไม่ต่ำกว่า 6.0 - 6.3 ซึ่งในกรณีที่น้ำยางจับตัวโดยการเติมกรด pH จะลดลงต่ำกว่า 5

2. ขบวนการเกิดน้ำยางจับตัวเอง อาจเร่งให้เกิดเร็วได้โดยการเติมสบู่ของกรดไขมัน (Fatty acid soap) เพียงเล็กน้อย แต่หากเติมปริมาณมากกลับจะเป็นการชลอให้น้ำยางจับตัวเองช้าลง ปริมาณสบู่ของกรดไขมันที่จะช่วยเร่งให้น้ำยางจับตัวเร็วที่สุดนั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณของคัลเซียมและแมกนีเซียมที่มีอยู่ในน้ำยาง

3. การเกิดน้ำยางจับตัวเอง และการจับตัวของน้ำยางเมื่อเติมสบู่ของกรดไขมันนั้นขึ้นอยู่กับอนุมูลของคัลเซียมและแมกนีเซียม หากไม่มีอนุมูลเหล่านี้ น้ำยางที่ไม่มีการรักษาสภาพเลยอาจคงเป็นของเหลวอยู่ได้นานหลาย ๆ วัน จนกว่าจะเกิดบูดเน่า

4. เมื่อทำให้น้ำยางจับตัวเป็นก้อนโดยการเติมแอลกอฮอล์ แล้วนำก้อนยางไปละลายด้วยอีเทอร์ ปรากฏว่าก้อนยางที่ได้จากน้ำยางซึ่งกรีดจากต้นแล้วทิ้งไว้เป็นเวลานานจะละลายในอีเทอร์ได้น้อยกว่าก้อนยางจากต้นยางที่กรีดได้ใหม่ ๆ

เมื่อพิจารณาตามความจริงทั้งสี่ข้อ จะพบว่าสอดคล้องกับทฤษฎีที่ 2 มากกว่าทฤษฎีที่ 1 โดยเฉพาะอย่างยิ่งในความจริงข้อที่ 4 นั้น จะมีความหมายว่าในการเกิดน้ำยางจับตัวเองได้ มีการเปลี่ยนแปลงของไขมันพวกเลซิตินที่ละลายได้ในอีเทอร์ไปเป็นพวกอนุพันธ์ ได้แก่ อนินทรีย์ฟอสเฟสที่ไม่ละลายในอีเทอร์

#### คุณสมบัติของสารที่จะใช้เป็นตัวป้องกันรักษาสภาพน้ำยาง

1. เป็นตัวทำลายหรือขังการเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ในน้ำยาง เพื่อไม่ให้จุลินทรีย์ได้มีโอกาสใช้อาหารในน้ำยางได้เต็มที่

2. ควรเข้าไปเสริมสถานะการเป็นสารคอลลอยด์ของน้ำยาง โดยการเพิ่มประจุระหว่างอนุภาคของยางกับส่วนที่เป็นน้ำที่อยู่รอบ ๆ ผิวอนุภาคของยาง เนื่องจากอนุภาคของยางที่ผิวนั้นมีประจุเป็นลบ มีฤทธิ์เป็นด่าง การเติมสารเคมีเข้าไปควรไป

เพิ่ม pH ให้กับน้ำยางให้มีฤทธิ์เป็นด่าง

3. ควรเป็นสารที่ทำให้อนุภาคโลหะไม่ก่อให้เกิดปฏิกิริยา ซึ่งจะโดยการกีดกันการเกิดปฏิกิริยา หรือ โดยทำให้เกิดการตกตะกอนเป็นเกลือที่ไม่ละลายน้ำก็ได้ การต้องการทำให้อนุผลของโลหะไม่ก่อให้เกิดปฏิกิริยานี้มีเหตุผล 2 ประการ คือ

3.1 อนุผลของโลหะเป็นตัวการสำคัญในการเจริญอยู่ได้ของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุให้น้ำยางจับตัวกัน

3.2 อนุผลดังกล่าวโดยเฉพาะอนุผลของแมกนีเซียมก่อให้เกิดการเสียหายของน้ำยาง

4. นอกจากคุณสมบัติ 3 ประการข้างต้นแล้ว การรักษาสภาพน้ำยาง สารเคมีที่ใช้ต้องไม่เป็นพิษกับทั้งคนและคุณภาพของเนื้อยาง คือ ไม่ทำให้น้ำยาง และเนื้อยางเปลี่ยนแปลง ไม่ควรมีกลิ่นรุนแรง ไม่ควรก่อให้เกิดความยุ่งยากต่อการนำน้ำยางไปแปรรูปเพื่อใช้งาน ประการสุดท้าย ควรมีราคาถูก สามารถบรรจุลงในภาชนะที่ให้ความปลอดภัย สะดวกต่อการเก็บรักษาและขนส่ง

#### สารเคมีรักษาสภาพน้ำยางสด

มีสารเคมีหลายชนิดที่สามารถป้องกันรักษาสภาพของน้ำยางไว้ได้นานจนสามารถนำไปใช้งานได้ สารเคมีต่าง ๆ เหล่านี้ได้แบ่งลักษณะของการใช้งานเป็น 2 ประเภทคือ ใช้ร่วมกับสารอื่น และใช้สารเคมีชนิดเดียว

##### 1. ใช้ร่วมกับสารอื่น

โดยทั่วไปแล้วในการรักษาสภาพน้ำยาง จะใช้แอมโมเนียเป็นสารหลัก ส่วนสารอื่น ๆ ที่นำมาใช้ร่วมนั้น จะเป็นสารรองเพื่อช่วยเสริมเท่านั้น เพราะแอมโมเนียสามารถช่วยเก็บรักษาสภาพของน้ำยางได้ดี ถึงแม้จะมีข้อเสียอยู่บ้าง แต่ก็ยังคงนิยมใช้กันอยู่มาก เนื่องจากไม่สามารถที่จะหาสารอื่นที่ดีกว่ามาทดแทนได้ จึงได้มีผู้ประเมินไว้ว่า ประมาณ 95% ของน้ำยางชั้นที่ส่งออกต่างประเทศ ใช้แอมโมเนียเป็นสารช่วยรักษาสภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของน้ำยาง สารที่เป็นตัวใช้ร่วมหรือสารช่วยในการรักษาสภาพน้ำยางมีอยู่หลายชนิด ที่นิยมใช้ในปัจจุบันได้แก่ กรดบอริก

จากรายงานของสถาบันวิจัยยาง ได้เสนอให้มีการใช้กรดบอริก 0.2% ร่วมกับแอมโมเนีย 0.2% และกรดลอริก 0.05% ในการรักษาสภาพน้ำยาง สำหรับกรดลอริกที่ใช้ในระบบนี้ เพื่อลดปฏิกิริยาของกรดบอริก ซึ่งจะช่วยให้ให้น้ำยางรักษาสถานะการเป็นน้ำยางได้ดีขึ้น สำหรับผลของการรักษาสภาพน้ำยางโดยระบบนี้ อาจเนื่องมาจากการเกิดคาร์บอกซีเลต - บอริก แอซิดคีเลต ซึ่งจุลินทรีย์ไม่สามารถใช้เป็นอาหารได้ต่อไปอีก และยังช่วยลดปฏิกิริยาที่กรดบอริกอาจจะทำให้น้ำยางเสียดสถานะการเป็นน้ำยาง

กรดบอริกเป็นสารช่วยที่ใช้ร่วมกับแอมโมเนียในการรักษาสภาพของน้ำยางที่นิยมใช้กันมากที่สุดเนื่องจาก

- ก. ไม่ทำให้สีของน้ำยางที่แห้งแล้วเปลี่ยนแปลง
- ข. ไม่มีอันตรายต่อร่างกายของคนและสัตว์
- ค. ราคาถูก หาง่าย ขนย้ายสะดวกเพราะอยู่ในรูปของแข็ง
- ง. มีผลต่อปฏิกิริยาวัลคาไนซ์เล็กน้อย และสามารถป้องกันได้ด้วยการเติม

โซโอยูเรีย

จ. ปริมาณโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์อันเนื่องมาจากอนุมูลของบอเรต ในกรณีดังกล่าวนี้ได้พบว่าทุก ๆ 0.1% ของกรดบอริกจะทำให้ค่าจำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ของน้ำยาง (ที่มีปริมาณเนื้อยางแห้ง 60%) เพิ่มขึ้น 0.141 ดังนั้นจึงต้องมีการผ่อนผันขีดจำกัดคุณสมบัติของจำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ของน้ำยางที่ใช้กรดบอริกเป็นตัวช่วยร่วมกับแอมโมเนียในการรักษาสภาพน้ำยางขึ้น

## 2. ใช้สารเคมีชนิดเดียว

มีสารเคมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด แต่ที่นิยมใช้ในปัจจุบันได้แก่ แอมโมเนีย

**แอมโมเนีย** เป็นสารเคมีที่ใช้กันมาช้านาน จนในปัจจุบันก็ยังนิยมใช้กันอยู่ในวงการอุตสาหกรรมน้ำยาง ในการผลิตน้ำยางขึ้น น้ำยางสดจากสวนจะได้รับการ

เติมสารละลายแอมโมเนีย (ทำให้เจือจางแล้วประมาณ 25%) ลงในน้ำยางสดประมาณ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาหรือต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

๑.๑๓ - ๑.๑๖ ของน้ำยาง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาและระยะทางจากสวนมายังโรงงานแปรรูปน้ำยาง ปริมาณแอมโมเนียในระดับนี้ครอบคลุมป้องกันการจับตัวของน้ำยางได้ประมาณ 5 - 11 ชั่วโมง ถ้าต้องการใช้เวลานานกว่านี้อาจเพิ่มปริมาณแอมโมเนียลงในน้ำยาง ในการแปรรูปน้ำยางขั้นนั้น ก่อนที่จะผ่านน้ำยางเข้าเครื่องปั่น น้ำยางควรมีปริมาณแอมโมเนียประมาณ ๐.๓% เมื่อเป็นน้ำยางชั้นแล้วปริมาณแอมโมเนียจะอยู่ในระดับ ๑.๒๗% และจะต้องปรับระดับแอมโมเนียให้อยู่ในระดับ ๑.๔% ซึ่งใช้กับน้ำยางชั้นประเภทแอมโมเนียระดับต่ำ และ ๑.๗% กับน้ำยางชั้นประเภทแอมโมเนียระดับสูง แอมโมเนียที่เติมลงไปทั้งในน้ำยางสดจากสวนและน้ำยางชั้นนั้น ไม่เพียงแต่จะช่วยรักษาสภาพน้ำยางเท่านั้น แต่ยังช่วยหยุดชักการเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ในน้ำยางไม่ให้เพิ่มขึ้น เพราะจุลินทรีย์จะใช้อาหารจำพวกโปรตีน คาร์โบไฮเดรตที่มีอยู่ในน้ำยางเป็นอาหาร ทำให้เกิดการหมัก และในที่สุดของปฏิกิริยาจะทำให้เกิดกรดไขมันระเหยได้ ซึ่งมีผลทำให้ น้ำยางจับตัว และคุณภาพของน้ำยางเสียไป

ลักษณะต่าง ๆ ของแอมโมเนียในน้ำยาง พอสรุปได้ดังนี้

ก. ลักษณะที่เข้าไปชักการเพิ่มปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำยาง พบว่าน้ำยางช่วง pH 6.5 - 8.0 จะเป็นระยะที่เหมาะสมที่จุลินทรีย์ในน้ำยางสามารถเพิ่มปริมาณได้รวดเร็ว ดังนั้นระดับของแอมโมเนียที่เติมลงไป ควรเติมในระดับ 1.1% เมื่อเก็บรวบรวมน้ำยางเพื่อนำมาแปรรูปเป็นน้ำยางชั้น แต่ถ้าต้องการนำไปแปรรูปเป็นยางแท่งหรือยางแผ่น ควรอยู่ในระดับไม่เกิน ๑.๑๖% เพราะจะทำให้สิ้นเปลืองกรดในการจับตัว และนอกจากนั้นจะทำให้ยางแท่งที่ผลิตได้มีสีคล้ำ ต้องใช้ระยะเวลาอบนานกว่าปกติ

ข. ลักษณะที่เติมลงไปเพื่อเสริมฤทธิ์ความเป็นด่างของน้ำยาง ซึ่งจะทำให้เสริมสถานะของการเป็นน้ำยางอยู่ได้นาน

ค. ลักษณะที่เติมลงไปเพื่อหยุดปฏิกิริยาของโลหะบางชนิดได้ โดยการรวมตัวกันเป็นเอมีน รวมตัวกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นตะกอนไม่ละลายน้ำ สามารถรวมตัวกับอนุผลของแมกนีเซียม แอมโมเนียมซัลเฟต เมื่อมีอนุผลของฟอสเฟสอยู่ในน้ำยางให้ตะกอนที่ไม่ละลายน้ำ และตะกอนที่เกิดขึ้นนี้จะตกอยู่ในถังของน้ำยางในรูปของตะกอน

(Suds) ซึ่งจะพบอยู่ที่กันถังรับน้ำยางในโรงงาน น้ำยางที่แยกตมนี้้ออกแล้วจะช่วยทำให้ประสิทธิภาพของการปั่นน้ำยางดีขึ้น

น้ำยางบางพันธุ์มีปริมาณของฟอสเฟสในน้ำยางน้อยไม่พอเพียงที่จะช่วยปฏิกิริยาของแอมโมเนียรวมตัวกับแมงกานีสได้สมบูรณ์ ทั้งนี้อาจจะเป็นเนื่องจากปริมาณของแมงกานีเซียมมีมากกว่าฟอสเฟสซึ่งไม่สมดุลกัน ในน้ำยางชั้นที่มีปริมาณของแมงกานีเซียมมากจะทำให้คุณสมบัติของน้ำยางที่ทนต่อเครื่องมือกลอยู่ในระดับต่ำ ฟอสเฟสที่มีอยู่ในน้ำยางอยู่ในรูปของอนุกรมของสารฟอสฟอริฟิด การช่วยให้น้ำยางมีปริมาณแมงกานีเซียมมากกว่าฟอสเฟสก็ด้วยการเติมปริมาณฟอสเฟสในน้ำยางให้พอดีกับปริมาณของแมงกานีเซียมที่มากเกินไปกว่าปริมาณฟอสเฟสในน้ำยาง แต่ถ้าเติมมากเกินไปจะทำให้สมบัติของน้ำยางชั้นที่ทนต่อเครื่องมือกลลดลง

ง. ลักษณะที่แอมโมเนียจะรวมตัวกับสบู่ของแอมโมเนีย (Ammonium soap) กับกรดไขมันที่ได้จากการละลายสารพวกไขมัน และสบู่ของแอมโมเนียที่มีคุณสมบัติช่วยรักษาสภาพของน้ำยางชั้นให้อยู่ได้นาน

จ. ลักษณะที่นำไปใช้กับน้ำยางชั้นเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ยางสำเร็จรูปแล้วไม่ก่อให้เกิดอันตรายหรือเป็นพิษต่อผู้ใช้ แอมโมเนียที่เติมลงไปในน้ำยางมีกลิ่นฉุนที่รุนแรงมาก ซึ่งสามารถทำลายเนื้อเยื่อจมูกได้ ก่อนนำไปใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์ยางสำเร็จรูปสามารถกำจัดออกได้โดยวิธีลมเป่าช่วยให้มีการระเหยของแอมโมเนียอย่างรวดเร็ว

**โซเดียมซัลไฟต์** เป็นสารเคมีที่ช่วยรักษาสภาพน้ำยางในช่วงระยะเวลาสั้น โดยเติมสารละลายนี้ลงไปในถ้วยรองน้ำยาง หรือถึงรวบรวมน้ำยางโดยเฉพาะน้ำยางที่จะนำไปแปรรูปเป็นยางเครฟส์จาง แนะนำให้ใช้ ๑.๑๕% ต่อน้ำหนักน้ำยาง โดยเติมในรูปสารละลายเข้มข้น 3% โดยหยดลงไปในถ้วยรองน้ำยาง 2 - 3 หยดแล้วเติมส่วนที่เหลือลงในถ้วยรวมน้ำยาง

## น้ำยางข้น

น้ำยางสดจากต้นยาง โดยปกติมีปริมาณเนื้อยางแห้ง เพียงประมาณ 25 - 45% หรือเฉลี่ยเพียง 35% นอกจากนั้นเป็นน้ำเหลือส่วนใหญ่ ซึ่งไม่เป็นการประหยัดเลยถ้าหากจะต้องทำการขนย้ายน้ำยางสดจากสวนไปสู่โรงงานที่อยู่ไกล ๆ วิธีการที่ปฏิบัติกันในกรณีที่ต้องการใช้น้ำยางในสถานะของน้ำยางไปผลิตเป็นวัตถุดิบสำเร็จรูป คือ ทำให้น้ำยางมีความเข้มข้นเป็น 60% ของเนื้อยางแห้ง ซึ่งการขนย้ายน้ำยางที่เข้มข้นย่อมประหยัด และได้เปรียบกว่า และกรรมวิธีการผลิตวัตถุดิบสำเร็จรูปบางประเภทที่ต้องใช้น้ำยางเป็นวัตถุดิบเป็นต้นว่า กรรมวิธีการจุ่มแบบนิ่ม (Dipping process) เช่น การผลิตลูกโป่ง ลูกมียาง กรรมวิธีผลิตยางฟองน้ำ (Latex foam process) กรรมวิธีผลิตผ้าใบ ฉาบด้วยยาง (Coating) กรรมวิธีเหล่านี้ต้องใช้น้ำยางที่มีเนื้อยางอย่างน้อยไม่ต่ำกว่า 60% และอีกประการหนึ่งน้ำยางข้นจะทำให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพสม่ำเสมอดีกว่าน้ำยางสด ทั้งนี้เนื่องด้วยสารที่ไม่ใช่ยางบางส่วนได้ถูกแยกออกจากรubber ในการทำให้น้ำยางข้นขึ้น การกล่าวถึงน้ำยางธรรมชาติในความหมายของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตวัตถุดิบสำเร็จรูป มักจะหมายถึงน้ำยางในสถานะที่ทำให้ข้นแล้ว

### การผลิตน้ำยางข้น

วิธีการสำคัญสำหรับการผลิตน้ำยางข้น คือวิธีระเหยน้ำ (Evaporation) วิธีการทำให้เกิดครีม (Creaming) วิธีการปั่น (Centrifuging) และวิธีการแยกด้วยไฟฟ้า (Electrodecantation) วิธีแรกเป็นการระเหยหรือแยกเอาแต่ละส่วนของน้ำเพียงอย่างเดียวออกจากน้ำยาง ดังนั้นปริมาณของสารที่ไม่ใช่ยาง (ที่นอกเหนือจากน้ำ) จึงยังคงอยู่ในน้ำยางข้น และอนุภาคขนาดต่าง ๆ ของยางที่กระจายอยู่ในน้ำยางก็ยังคงเหมือนเดิม ส่วนทั้งสามวิธีการหลังนี้เป็นวิธีที่มีการแยกเอาบางส่วน of สารอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ยางออกด้วย อนุภาคต่าง ๆ ของยางที่กระจายอยู่ในน้ำยางขนนี้นี้จะต่างไปจากที่อยู่ในสถานะน้ำยางก่อนทำให้ข้น เพราะอนุภาคขนาดเล็ก ๆ ได้ถูกแยกออกกระหว่างกรรมวิธีการผลิตน้ำยางข้น วิธีการผลิตน้ำยางข้นทั้ง 4 วิธีดังกล่าว วิธีการปั่นเป็นวิธีที่นิยมและทำกันเป็นการค้ามากที่สุด ส่วนวิธีอื่น ๆ นั้นจำกัดการใช้เพราะเป็นวิธีที่ค่อนข้างยุ่งยาก

สิ้นเปลืองเวลา จึงไม่ค่อยนิยมทำกันเป็นการค้า

### 1. วิธีการระเหยน้ำ

น้ำยางสดจากสวนก่อนการทำให้ข้นโดยวิธีการระเหยนั้น จะต้องเติมสารที่ทำให้ให้น้ำยางคงตัว (Stabilizer) เช่น สบู่ของโพแทสเซียม (Potassium soap) เสียก่อน การระเหยน้ำออกจากน้ำยางจะเกิดขึ้นภายในถังหรือภาชนะที่หมุนได้รอบ ๆ แกนตามแนวนอน และถึงนี้ถูกทำให้ร้อนรอบ ๆ ถัง โดยวิธีการระเหยน้ำจากน้ำยางจะทำให้ได้น้ำยางข้น ซึ่งมีส่วนประกอบโดยประมาณคือ ส่วนของของแข็งทั้งหมด 75% ปริมาณเนื้อยาง 60% Caustic potash 1.5% และสารที่ช่วยให้ให้น้ำยางคงตัว กับสารโปรตีนและอื่น ๆ 13.5%

น้ำยางข้นที่ได้จากวิธีนี้มีความคงสภาพเป็นน้ำยางดีมาก จึงเหมาะสำหรับการที่ต้องขนย้ายน้ำยางไปไกล ๆ และเหมาะกับการนำไปผลิตกับวัตถุดิบสำเร็จรูปประเภทที่ต้องใส่สารเติม (Filler) จำนวนมาก ๆ ตัวอย่างเช่น การผลิตกาว (Latex cement) น้ำยางนี้เหมาะกับการที่ต้องการนำไปทำกาวประเภทที่สารอื่น ๆ ที่อยู่ในน้ำยางและสมบัติความคงตัวของน้ำยางเป็นข้อได้เปรียบกับการทำกาวนั้น ๆ

### 2. วิธีทำให้เกิดคริม

น้ำยางธรรมชาติไม่ว่าอยู่ในสถานะสด (Fresh latex) หรือสถานะที่มีการใส่สารเคมีรักษาสภาพน้ำยางแล้ว (Preserved latex) จะประกอบด้วยระบบของสารละลายคอลลอยด์แบบอิมัลชันของอนุภาคยางที่แขวนลอยอยู่ในตัวกลางที่เรียกว่า " เซรุ่ม " อนุภาคเล็ก ๆ ของยางที่แขวนลอยในเซรุ่มมีการเคลื่อนไหวแบบบราวเนียน (Brownian) เคลื่อนไหวในทุกทิศทางอย่างไม่เป็นระเบียบ) และการเคลื่อนไหวของอนุภาคยางในน้ำยางสดจะรวดเร็วกว่าของน้ำยางที่ใส่สารเคมีรักษาสภาพ และเนื่องจากอนุภาคของยางเบากว่าเซรุ่ม ดังนั้นอนุภาคยางเหล่านี้จึงมีแนวโน้มลอยตัวขึ้นสู่ผิวของน้ำยางได้ และตามกฎของสโตกส์ (Stokes) อาจคำนวณหาอัตราการเคลื่อนที่ของอนุภาคยางตามสูตรต่อไปนี้

$$v = \frac{2}{9} \frac{\rho (d - d_1) r^2}{\eta}$$

- เมื่อ  $v$  = อัตราการเคลื่อนที่ของอนุภาคยาง (มิลลิเมตรต่อวินาที)  
 $\rho$  = ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก (เซนติเมตรต่อวินาที<sup>2</sup>)  
 $d$  = ความหนาแน่นของเซรุ่ม (1.021 กรัมต่อเซนติเมตร<sup>3</sup>)  
 $d_1$  = ความหนาแน่นของอนุภาคยาง (0.91 กรัมต่อเซนติเมตร<sup>3</sup>)  
 $r$  = รัศมีของอนุภาคยาง (เฉลี่ย 0.5 ไมโครเมตร)  
 $\eta$  = ความหนืดของเซรุ่ม (ประมาณ 0.02 พอยส์)

จากสูตรดังกล่าวอาจคำนวณได้ว่าอนุภาคยางจะเคลื่อนที่ได้ ประมาณเดือนละ 60 เซนติเมตร และเนื่องจากว่าความเร็วของการเคลื่อนที่ขึ้นอยู่กับกำลังสองของรัศมีของอนุภาค ดังนั้นการแยกตัวของอนุภาคยางเกิดเป็นลักษณะครีมอยู่ผิวหน้าของน้ำยางจะรวดเร็วขึ้น ถ้าอนุภาคน้ำยางมีลักษณะใหญ่ขึ้น และอนุภาคยางจะใหญ่โตขึ้นได้เมื่อเติมสารคอลลอยด์ที่จะไปทำหน้าที่ปกหรือเคลือบอนุภาคยาง สารนี้ถูกเรียกว่าเป็นตัวการทำให้เกิดครีม (Creaming agent) ตัวอย่างสารประเภทนี้ได้แก่ Sodium alginate, Locust bean gum, Gum karaya, Gum tragacanth เป็นต้น

อนึ่งการผลิตโดยวิธีทำให้เกิดครีมในปัจจุบันไม่นิยมผลิตกัน เพราะยุ่งยากและสิ้นเปลืองเวลา แต่เป็นที่น่าสนใจเกี่ยวกับวิธีการนี้คือ สามารถทำให้น้ำยางข้นที่ผลิตโดยวิธีนี้บริสุทธิ์ และมีโปรตีนน้อยลง เมื่อผ่านกรรมวิธีการทำให้เกิดครีมหลาย ๆ ครั้ง

### 3. วิธีการปั่น

จากสูตรคำนวณหาอัตราการเคลื่อนที่ของอนุภาคยาง จะเห็นว่าอัตราการเคลื่อนที่ขึ้นอยู่กับแรงดึงดูดของโลกด้วย ซึ่งหากสามารถเพิ่มแรงดึงดูดได้ก็จะช่วยเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่ของอนุภาคยางด้วย ฉะนั้นการปั่นซึ่งสามารถจะเพิ่มแรงดึงดูดได้เป็น 2.000 - 3.000 เท่าของแรงดึงดูดโลก จึงสามารถเร่งการเคลื่อนที่ของอนุภาคยางได้ จากหลักการนี้ได้นำมาพิจารณาสรางเครื่องปั่นน้ำยางเพื่อการผลิตน้ำยางข้น หรือเพื่อการแยกส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อออกจากส่วนเซรุ่มนั่นเอง

เครื่องปั่นน้ำยางซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายแบบ แต่แบบที่นิยมใช้กันมาก คือ แบบ delaval หลักการสำคัญของเครื่องประกอบด้วยการปั่นแยกน้ำยาง โดยอาศัยเครื่องปั่นความเร็วสูงประมาณ 6,000 รอบต่อนาที และภายในของเครื่องประกอบด้วยชุดของจานแยก (Seperator disc) วางซ้อน ๆ กันจำนวนหลาย ๆ ชั้น น้ำยางจะถูกปั่นเข้าเครื่อง ผ่านที่จ่ายน้ำยาง (Distributor) ลงสู่ก้นถังปั่น และจากที่น้ำยางจะไหลผ่านชุดของจานแยก ซึ่งมีรูของน้ำยางไหลเข้าสู่ภายในของถังปั่น ด้วยการปั่นความเร็วสูง น้ำยางจะถูกแยกออกเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งเป็นส่วนของเนื้อยางจะไหลเข้าหาศูนย์กลางของการปั่น และลอยตัวไหลออกตามทางออกด้านบนสู่ถังเก็บน้ำยางชั้น อีกส่วนหนึ่งของน้ำยางที่ถูกแยกจะเป็นส่วนของหางน้ำยาง (Skim latex) ไหลออกจากศูนย์กลางของเครื่องปั่นสู่ทางออกของหางน้ำยาง และลงสู่ถังเก็บหางน้ำยาง

ปกติน้ำยางชั้นที่ได้จากเครื่องปั่นจะมีความเข้มข้นประมาณ 60% ของเนื้อยางแห้ง เครื่องปั่นน้ำยางขนาดเล็ก ๆ สามารถผลิตน้ำยางชั้นได้วันละ 200 - 250 แกลลอน และเครื่องขนาดใหญ่อาจผลิตน้ำยางชั้นได้ถึงวันละ 450 แกลลอน และปกติการเดินเครื่องปั่น จะทำติดต่อกันได้อย่างมากครั้งละ เพียงหกชั่วโมง เพราะจำต้องหยุดเครื่องเพื่อทำความสะอาดเครื่องปั่น ล้างพวกนมที่ติดเครื่องปั่น

#### 4. วิธีการแยกด้วยไฟฟ้า

จากการที่ในสถานะของน้ำยางสด อนุภาคที่แขวนลอยในเซรุ่มต่างถูกห่อหุ้มด้วยอนุภาคคาร์บอกซิเลตที่มีประจุเป็นลบ ดังนั้นจึงสามารถที่จะอาศัยไฟฟ้าเข้ามาช่วยในการแยกส่วนของน้ำยางจากส่วนของเซรุ่มได้โดยวิธีการจุ่มขั้วไฟฟ้าที่เป็นขั้วบวก (Anode) ลงในน้ำยางที่ได้เติมสารเคมีช่วยทำให้น้ำยางคงตัวไว้แล้ว อนุภาคยางที่มีประจุเป็นลบจะค่อย ๆ เคลื่อนไปรวมอยู่ทางขั้วบวก และลอยตัวสูงขึ้นสู่ผิวหน้าของน้ำยางในที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากความหนาแน่นของอนุภาคยางต่ำกว่าความหนาแน่นของเซรุ่ม อย่างไรก็ตามวิธีการทำน้ำยางให้ชั้น โดยใช้ไฟฟ้านี้เป็นวิธีที่ยุ่งยากและไม่ประหยัด จึงไม่เป็นที่นิยม

#### การรักษาสภาพน้ำยางชั้น

ขั้นตอนสุดท้ายของการผลิตน้ำยางชั้น คือ การรวบรวมและรักษาสภาพของน้ำ

ยางชั้น สารเคมีที่นิยมใช้ในการรักษาสภาพน้ำยางชั้น คือ แอมโมเนีย เพราะมีคุณสมบัติที่สามารถรักษาได้อย่างดี แต่ก็มีข้อเสียบางประการเกี่ยวกับกลิ่นที่รุนแรง กระทบต่อการทำเป็นวัตถุดิบสำเร็จรูป และในขบวนการผลิตวัตถุดิบสำเร็จรูป เช่น การผลิตยางฟองน้ำ จำเป็นต้องลดแอมโมเนียให้เหลืออยู่ประมาณ 0.2% เพื่อช่วยในการเกิดเจลซึ่งเป็นที่มาของระบบการรักษาด้วยแอมโมเนียปริมาณน้อยร่วมกับสารอื่น ๆ เพื่อเติมเต็มเติมจากระบบรักษาด้วยแอมโมเนียปริมาณสูงเพียงสารเดียว ตัวอย่างระบบการรักษาสภาพน้ำยางชั้นแสดงไว้ในตารางที่ 1 :

#### คุณสมบัติน้ำยางชั้น

คุณสมบัติสำคัญที่ระบุคุณภาพของน้ำยางชั้นมีดังต่อไปนี้ คือ

1. ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid Content , TSC)
2. ปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content , DRC)
3. ความเป็นด่าง (Alkalinity)
4. เวลาความคงตัวต่อเครื่องกล (Mechanical Stability Time)
5. จำนวนกรดไขมันระเหยได้ (Volatile Fatty acid Number)
6. จำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide Number)
7. กลิ่น (Odour)
8. สี (Colour)
9. ปริมาณก้อนยางจับตัว (Coagulum content)
10. ปริมาณตะกอน (Sludge content)

การทดสอบน้ำยางชั้นมีวิธีที่แตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำยางชั้น และเนื่องจากการผลิตน้ำยางชั้นในประเทศไทย ในปัจจุบันนิยมผลิตโดยวิธีการปั่นแล้วเก็บรักษาโดยแอมโมเนีย จึงจะกล่าวถึงเฉพาะน้ำยางชั้นจากการปั่นและรักษาโดยแอมโมเนีย (Ammonia - preserved centrifuged latex concentrate) โดยจะเริ่มต้นจากการเก็บตัวอย่างเพื่อการทดสอบและหลักการทดสอบคุณสมบัติดังได้กล่าวไว้ในข้างต้น

### การเก็บตัวอย่าง

กวนน้ำยางโดยใช้เครื่องกวนประมาณ 10 นาที หลังจากนี้จึงตักน้ำยางครึ่ง  
ละอย่างต่ำ 475 ลูกบาศก์เซนติเมตรจากส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนล่างของถังบรรจุ  
รับเทตัวอย่างที่ตักทั้งสามครั้งลงผสมในภาชนะสะอาดปากแคบ มีฝาปิดได้สนิท ซึ่งจะเป็น  
หนึ่งตัวอย่างที่สมบูรณ์ การทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ จำเป็นต้องใช้ตัวอย่างแต่ละตัวอย่าง  
ไม่ต่ำกว่า 950 ลูกบาศก์เซนติเมตร อนึ่งจำนวนตัวอย่างที่ต้องเก็บสำหรับน้ำยางชั้นที่  
บรรจุถึงจำหน่าย อย่างต่ำควรเป็น 10% ของจำนวนถัง ส่วนกรณีน้ำยางชั้นที่บรรจุลงใน  
ถังจำหน่าย การเก็บตัวอย่างผสมจากสามจุดดังกล่าวข้างต้นแล้วรวมเป็นตัวอย่างสมบูรณ์  
1 ตัวอย่างก็พอเพียง ทั้งนี้หมายความว่าได้ทำการตรวจสอบน้ำยางจากส่วนบนและส่วนล่าง  
ของถังก่อนการเก็บตัวอย่างแล้ว และพบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของตัวอย่างจากสอง  
ส่วนนี้แตกต่างกันไม่เกินกว่า 0.5% หากพบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดมีความแตกต่าง  
กันเกินกว่า 0.5% ให้กวนน้ำยางจนกระทั่ง น้ำยางจากส่วนบนและส่วนล่างของถังมีปริมาณ  
ของแข็งทั้งหมดต่างกันไม่เกิน 0.5% แล้วจึงทำการเก็บตัวอย่างที่สมบูรณ์ต่อไป

### ปริมาณของแข็งทั้งหมด

ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยางหมายถึง ปริมาณของส่วนที่เป็นเนื้อยางทั้งหมด  
รวมกับส่วนที่เป็นของแข็งที่ไม่ใช่เนื้อยาง หลักการหาปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยางทำ  
ได้โดยการชั่งน้ำหนักยางประมาณ 1.5 - 2.5 กรัม และอ่านน้ำหนักโลหะเอ็ยตภายในหนึ่ง  
มิลลิกรัม เเทน้ำยางนี้ลงบนแผ่นกระดาษ ออบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C จนน้ำหนักคงที่  
แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของปริมาณของแข็งทั้งหมด

### ปริมาณเนื้อยางแห้ง

ปริมาณเนื้อยางแห้งหมายถึง ปริมาณของส่วนที่เป็นเนื้อยางทั้งหมดในน้ำยางที่ได้  
จากการจับตัวของน้ำยาง โดยใช้กรดอะซิติกภายใต้การควบคุมสภาพที่แน่นอน หลักการหา  
ปริมาณเนื้อยางแห้ง ทำได้โดยการชั่งน้ำหนักยางประมาณ 5 กรัม และอ่านน้ำหนักโลหะ  
เอ็ยตภายใน 5 มิลลิกรัม ทำให้น้ำยางเจือจางโดยใช้น้ำ 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร  
แล้วเติมกรดอะซิติก 2% ลงในน้ำยางอย่างช้า ๆ นำก้อนยางที่จับตัวแยกออกจากเซรุ่มไป

วัดเป็นแผ่นบาง อบที่อุณหภูมิ 70 °C จนได้น้ำหนักคงที่

ผลแตกต่างระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดกับปริมาณเนื้อยางแห้ง คือ ปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่เนื้อยางไม่ควรเกินกว่า 2.0%

#### ความเป็นด่าง

ความเป็นด่างของน้ำยางหมายถึง ปริมาณด่างทั้งหมดในน้ำยาง ซึ่งมักแสดงเป็นจำนวนแอมโมเนียที่เติมลงในน้ำยาง หรือแสดงเป็นสารอื่น สำหรับกรณีการรักษาโดยสารอื่นนอกเหนือจากแอมโมเนีย หลักการที่ใช้ทดสอบหาความเป็นด่าง คือ ชั่งน้ำหนักยางประมาณ 10 กรัม อ่านน้ำหนักละเอียดภายใน 10 มิลลิกรัม เติมน้ำประปาประมาณ 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร และผสมสารช่วยความคงตัวพวก non - ionic ไตเตรทน้ำยางกับกรดซัลฟูริก 0.1 นอร์มอล ใช้ pH มิเตอร์ตรวจจุดยุติ ซึ่งจะอยู่ที่ pH 6.0 หรือใช้เมทิลเรดเป็นอินดิเคเตอร์หยดลงในน้ำยางดูการเปลี่ยนแปลงสี ค่าแอมโมเนียเป็นด่างในรูปของปริมาณกรัมของแอมโมเนียต่อ 100 กรัมของน้ำในน้ำยาง หรือกรัมของแอมโมเนียต่อ 100 กรัมของน้ำยาง หรือ มิลลิอิกวีวาเลนซ์ของด่างต่อ 100 กรัมของน้ำในน้ำยาง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของด่างที่มีในน้ำยาง

#### เวลาความคงตัวต่อเครื่องกล

ในขบวนการผลิต การเก็บรักษา การขนส่ง และการแปรรูปน้ำยางชั้นจะต้องถูกกระทำโดยแรงเฉือนจากการกระทำต่าง ๆ เช่น การบีมน้ำยาง การกวนน้ำยาง การกระทำเหล่านี้เป็นผลทำให้น้ำยางเสียสภาพได้ ในกรณีที่น้ำยางสดไปผลิตเป็นน้ำยางแห้ง การเสียสภาพของน้ำยางไม่สู้เป็นปัญหามาก แต่กรณีการรักษาน้ำยางชั้นให้มีความคงตัวเป็นเรื่องสำคัญมาก เพราะปกติมักจะนำน้ำยางชั้นไปแปรรูปหลังจากการผลิตเป็นน้ำยางชั้นแล้วอย่างน้อย 1 เดือน ในระหว่างเวลาช่วงหลังการผลิตแล้วนี้ น้ำยางชั้นต้องได้รับการกวน และยิ่งถูกพวกมักเตรีเข้าทำลายด้วย และแม้ในช่วงสุดท้ายที่เข้าไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ก็ยังมีกรกวนน้ำยางอย่างหนัก เช่น การปั่นทำยางฟองน้ำ เวลาความคงตัวต่อเครื่องกลเป็นคุณสมบัติที่ใช้วัดความคงตัวของน้ำยาง ซึ่งมีนิยามว่า เป็นเวลา (วินาที) ที่ปั่นกวนน้ำยางภายใต้สภาวะที่ควบคุมจนอนุภาคยางเริ่มเกาะ

หรือจับตัวเป็นเม็ดละเอียด หลักการของวิธีทดสอบประกอบด้วย การทำให้น้ำยางข้นมี ปริมาณของแข็งทั้งหมดเจือจางเป็น 55% ด้วยสารละลายแอมโมเนีย แล้วนำน้ำยางนี้ 80 กรัม อุณหภูมิร้อน 35 °C แล้วปั่นโดยใช้ความเร็ว 14,000 รอบต่อนาที ตรวจสอบ การจับตัวของอนุภาคน้ำยางด้วยการใช้แท่งแก้วจุ่มน้ำยางแล้วหยดลงในน้ำ เวลาที่จะบันทึก เป็นเวลาความคงตัวต่อเครื่องกล คือเวลาที่น้ำยางเริ่มจับตัวเป็นเม็ดเล็ก ๆ เมื่อ หยดลงในน้ำ

#### จำนวนกรดไขมันระเหยได้

การเกิดกรดไขมันระเหยได้ในน้ำยาง เนื่องมาจากการกระทำของจุลินทรีย์ที่ใช้คาร์โบไฮเดรตในเซรัมของน้ำยางเป็นอาหาร กรดไขมันระเหยได้ที่เกิดขึ้น ได้แก่ กรดฟอร์มิก กรดอะซิติก และกรดโพรพิโอนิก โดยมีกรดอะซิติกเป็นส่วนใหญ่ ปริมาณ ของกรดไขมันที่ระเหยได้ในน้ำยางแสดงเป็นจำนวนกรดไขมันระเหยได้ ซึ่งหมายถึงจำนวน กรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ทำให้กรดไขมันระเหยได้ในน้ำยาง ซึ่งมีปริมาณของ แข็งทั้งหมด 100 กรัมเป็นกลาง หลักการทดสอบจำนวนกรดไขมันระเหยได้ ประกอบด้วย การที่ทำให้น้ำยาง 50 กรัมจับตัวด้วยแอมโมเนียเข้มข้นแล้วบีบคั้นเอาเซรัมออกจาก ก้อนน้ำยาง นำเซรัมจำนวน 25 ลูกบาศก์เซนติเมตรไปทำให้เป็นกรดด้วยกรดซัลฟูริก แล้วนำเซรัมที่มีความเป็นกรดแล้วนี้ไปกลั่นด้วยไอน้ำ น้ำของเหลวที่ได้จากการกลั่นไปไล่ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออก แล้วไตเตรทกับเบเรียมไฮดรอกไซด์โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็น อินดิเคเตอร์

#### จำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

จำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ของน้ำยาง หมายถึง จำนวนกรัมของโพแทสเซียม ไฮดรอกไซด์ที่สมมูลลวดกับกรดทั้งหมดที่รวมกับแอมโมเนียในน้ำยาง ซึ่งมีปริ มาณของแข็งทั้งหมด 100 กรัม นั่นคือ จำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวระบุปริมาณ ของสบู่อแอมโมเนีย และเกลือแอมโมเนียที่เกิดขึ้นระหว่างการเปลี่ยนแปลงในน้ำยาง การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดจากการกระทำของพวกแบคทีเรียต่อสารพวกที่ไม่ใช่เนื้อยางใน ขณะก่อนการใส่แอมโมเนียในน้ำยาง และเกิดขึ้นจากการไฮโดรไลซิสของพวกโปรตีนใน

ระหว่างการเก็บน้ำยาง หลักการทดสอบหาจำนวนโพทิสเซียมไฮดรอกไซด์ คือเติมสารละลายฟอร์มีลดีไฮด์ลงในน้ำยางที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด 50 กรัม เพื่อลดแอมโมเนียที่มากเกินไปเพื่อที่จะหาจุดยุติได้ แล้วเติมน้ำเพื่อลดปริมาณของแข็งเป็น 30% ก่อนการไตเตรทกับสารละลายโพทิสเซียมไฮดรอกไซด์มาตรฐานที่ปราศจากคาร์บอเนต เนื่องจากไม่มีอินดิเคเตอร์ใด ๆ ที่จะใช้ตรวจจุดยุติได้ แยกจากการใช้ pH มิเตอร์

#### กลิ่น

กลิ่นของน้ำยางจะแสดงถึงการบดเน่าของน้ำยาง หลักการตรวจสอบทำได้โดยการเติมกรดบอริกลงในน้ำยางเพื่อทำให้แอมโมเนียเป็นกลาง แล้วตรวจกลิ่นแก๊สที่ออกจากน้ำยาง น้ำยางคุณภาพดีจะให้กลิ่นหอมหวาน

#### สี

น้ำยางที่จืดจางสิ่งสกปรกหรือน้ำยางที่เสียสภาพจะมีสีเทา หรือสีฟ้า ตรวจสอบโดยการใส่สายตานิจารณาเปรียบเทียบกับสิ่งของที่เป็นสีขาว

#### ปริมาณก้อนยางจับตัว

ปริมาณก้อนยาง หมายถึง ปริมาณของสารที่ค้างอยู่บนตะแกรงร่อนขนาด 85 หรือ 80 เมช สารเหล่านี้เป็นสารเจือปนในยางและเนื้อยาง หลักการทดสอบหาปริมาณก้อนยางจับตัว คือเติมสารละลายโพทิสเซียมไฮดรอกไซด์ 5% จำนวน 200 ลูกบาศก์เซนติเมตรลงในน้ำยาง 200 กรัม แล้วกรองส่วนผสมนี้ผ่านตะแกรงร่อน ล้างและอบตะแกรงร่อนที่มีสารค้างอยู่ที่อุณหภูมิ 70 °C จนแห้งแล้วชั่งหาน้ำหนัก

#### ปริมาณตม

ตมในน้ำยาง หมายถึง สิ่งเจือปนต่าง ๆ ซึ่งมักตกตะกอนลงก้นภาชนะเมื่อมีการปั่นกวนน้ำยาง สิ่งเจือปนดังกล่าวส่วนใหญ่เป็นพวกฝุ่น ทราย เปลือกไม้ และแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟต หลักการทดสอบหาปริมาณตมคือ บำน้ำยางที่ทราบน้ำหนักแน่นอนด้วยความเร็ว 2,300 รอบต่อนาที แยกส่วนน้ำยางออก ล้างส่วนที่ตกค้างอยู่ด้วยส่วนผสมของเอทานอล - น้ำ - แอมโมเนีย แล้วอบส่วนตกค้างนี้ให้แห้งจนน้ำหนักคงที่

## การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำยางข้น

คุณสมบัติต่าง ๆ ของน้ำยางข้น อาจแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ คุณสมบัติเรื่องเกี่ยวกับปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณเนื้อยางแห้ง ความเป็นต่าง ปริมาณก้อนยาง และปริมาณตม จัดเป็นกลุ่มคุณสมบัติพื้นฐานที่ไม่เปลี่ยนแปลง แต่คุณสมบัติเอกเทศจากกลุ่มแรกเป็นคุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลงได้โดยขึ้นอยู่กับการรักษาน้ำยาง และการมีสารไอออนิกในน้ำยาง เช่น น้ำยางสด หรือน้ำยางข้นที่รักษาไว้ไม่ดีจะเกิดปฏิกิริยาของบักเตรีกับสารบางอย่างในน้ำยาง เกิดกรดไขมันระเหยได้ขึ้น และกรดนี้จะทำให้น้ำยางเสียสภาพ นั่นคือน้ำยางที่รักษาไม่ดีจำนวนกรดไขมันระเหยได้จะเพิ่มขึ้นขณะเก็บรักษาไว้ โดยปกติเมื่อเกิดกรดไขมันระเหยได้ระดับ 0.25 - 0.35 น้ำยางจะเกิดบูดเน่าเหม็น และยุ่งยากต่อการนำไปใช้งาน น้ำยางที่รักษาเป็นอย่างดีจะมีกรดไขมันระเหยได้ในระดับ 0.01 - 0.02 หลังจากการผลิต และจะเพิ่มเป็นระดับ 0.08 - 0.1 เมื่อขนส่งถึงผู้ใช้ ชัดจำกัดในมาตรฐาน ISO 2004.1979 (E) กำหนดจำนวนกรดไขมันระเหยได้อย่างสูงไม่เกิน 0.28

จำนวนโพทัสเซียมไฮดรอกไซด์ค้อย ๆ สูงขึ้น เมื่อน้ำยางถูกบักเตรีเข้าทำลาย อย่างไรก็ตามค่าโพทัสเซียมไฮดรอกไซด์มิได้แสดงว่าการรักษาน้ำยางดีหรือเลวเช่นในกรณีค่าจำนวนกรดไขมันระเหยได้ กล่าวคือ แม้ว่าได้ทำการรักษาน้ำยางไว้อย่างดีแล้วก็ตามค่าโพทัสเซียมไฮดรอกไซด์ก็ยังสูงขึ้นได้เมื่อน้ำยางมีอนุมลบางชนิด เช่น ฟอสเฟต กรดอะมิโน และสารอื่น ๆ บางชนิดปนอยู่ ดังนั้นการมีค่าโพทัสเซียมไฮดรอกไซด์สูงจึงมิได้แสดงว่าน้ำยางนั้นรักษาไว้ไม่ดี ตามมาตรฐาน ISO 2004 - 1979 (E) กำหนดชัดจำกัดค่าโพทัสเซียมไฮดรอกไซด์เท่ากับ 1.0 หรือสูงกว่านี้ได้เมื่อน้ำยางนั้นเก็บรักษาด้วยกรดบอริก โดยปริมาณที่เกินไปนั้นสัมพันธ์กับกรดบอริกที่ใช้ โดยปกติน้ำยางข้นมีค่าโพทัสเซียมไฮดรอกไซด์ขณะผลิตแล้วประมาณ 0.45 และสูงขึ้นเป็น 0.7 เมื่อถึงมือผู้ใช้

ความคงตัวของเครื่องกลของน้ำยางข้น เปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาหลังการผลิตแล้ว คุณสมบัตินี้กระทบกระเทือนต่อสบูของกรดไขมัน การไฮโดรไลซิสสารพวกลิพิดอย่างช้า ๆ ให้กรดไขมันที่เป็นตัวช่วยส่งเสริมความคงตัวในน้ำยาง ในวันแรกของการผลิตน้ำยางข้น ค่าเวลาความคงตัวของเครื่องกลจะประมาณ 50 วินาที และค่านี้จะเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
-28-  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อยละ ๓ ภายใน 4 - 6 สัปดาห์แรก หลังการผลิตเป็น 5๒๒ - 1,5๒๒ วินาที หรือมากกว่านี้ และจะคงที่หลังจากนี้ย่างมีอายุได้ 2 เดือนแล้ว ค่าของความคงตัวของเครื่องกลขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่เก็บน้ำยาง ถ้าอุณหภูมิสูงเกิน 4๒ °C ความคงตัวของเครื่องกลจะไม่คงที่ และจะลดลงอย่างรวดเร็วหลังจาก 1 เดือน ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงการเก็บน้ำยางที่อุณหภูมิสูงกว่า 4๒ °C

ขีดจำกัดความคงตัวของเครื่องกลตามมาตรฐาน ISO 2๒๐4 - 1979 (E) ได้กำหนดไว้ 65๒ วินาที ถ้าน้ำยางมีค่าที่ต่ำกว่า สามารถเพิ่มให้สูงได้โดยการเติมสบู่ เช่น ลอเรต หรืออาจใช้วิธีการเก็บน้ำยางไว้ระยะหนึ่งจนกระทั่งค่าความคงตัวของเครื่องกลสูงขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติความคงตัวของเครื่องกลสัมพันธ์กับอายุของน้ำยาง จึงมีกระบวนการทดสอบและวันผลิต หรืออายุน้ำยาง เมื่อต้องการรายงานค่าความคงตัวของเครื่องกล และเนื่องด้วยคุณสมบัติที่สัมพันธ์กับความคงตัวของน้ำยางที่ผสมสารต่าง ๆ (Compounded latex) และสัมพันธ์กับกรรมวิธีการแปรรูปในโรงงานของผู้ใช้ ฉะนั้นการซื้อขายน้ำยาง ผู้ใช้ส่วนใหญ่จึงให้ความสนใจกับคุณสมบัตินี้เป็นอย่างมาก ค่าความคงตัวของเครื่องกลมักอยู่ในระดับ ๘๒๒ - 1,๒๒๒ วินาที

ปฏิกิริยาของบักเตรี และปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสในน้ำยาง มักจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติของน้ำยาง ปัญหาสำคัญสำหรับผู้ผลิตน้ำยางชั้นดีคือ เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติอย่างคาดไม่ถึง ซึ่งทำให้คุณสมบัติต่าง ๆ ไม่ตรงกับที่ได้ทดสอบไว้ เมื่อน้ำยางขนส่งไปถึงผู้ใช้ หนึ่งขณะการขนส่ง ค่าความคงตัวของเครื่องกล จำนวนไนท์สเชียมไฮดรอกไซด์ และจำนวนกรดไขมันระเหยได้มักเพิ่มขึ้น

### การเปลี่ยนแปลงของน้ำยางที่เก็บรักษาด้วยแอมโมเนีย

น้ำยางที่เก็บรักษาไว้ด้วยแอมโมเนียจะมีส่วนประกอบทางเคมีแตกต่างไปจากน้ำยางสด ซึ่งไม่ได้ใส่แอมโมเนีย นั่นคือน้ำยางที่รักษาไว้ด้วยแอมโมเนียมีปริมาณโปรตีนลดน้อยลง ปริมาณที่ลดน้อยลงนี้ถูกแทนที่ด้วยกรดอะมิโน เปปไทด์ สบู่ กาลีเซอรอล อินทรีย์เบส และอินทรีย์ฟอสเฟต สำหรับด้านปริมาณของอนุมูลที่มีอยู่ในเซรัมมักเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างยิ่งปริมาณอนุมูลของกรดไขมัน ฟูอสเฟต กรดคาร์บอกซิลิกที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ และ กรดอะมิโน หนึ่งอนุมูลกรดส่วนใหญ่จะมาจากแอมโมเนียที่ใช้เป็นสารรักษาสภาพน้ำยาง นอกจากนี้ปริมาณอนุมูลของแมกนีเซียมในเซรุ่มจะลดลงอย่างมาก

#### ผลของการเติมแอมโมเนีย

การเติมแอมโมเนียลงในน้ำยางจะก่อให้เกิดการส่งเสริมการไฮโดรไลซิสของ โปรตีนและฟูอสฟอลิพิด โดยที่โปรตีนจะแตกตัวให้โพลีเปปไทด์กับกรดอะมิโนและฟูอสฟอลิพิด จะแตกตัวให้กลีเซอรอล อนุมูลของกรดไขมัน อนุมูลของฟูอสเฟต และอินทรีย์เบส หนึ่ง อนุมูลของกรดไขมันที่เกิดขึ้นจะถูกดูดซับอยู่รอบผิวของอนุภาคยาง ซึ่งเป็นตัวการช่วยเสริม ความคงตัวของน้ำยาง และนี่คือเหตุผลที่ว่า ความคงตัวของน้ำยางที่ใส่แอมโมเนียมีก่เพิ่มขึ้น ระหว่างขณะการเก็บรักษา

สำหรับสารละลาย อนุภาคฟรี - วิลลิง และอนุภาคอื่น ๆ เหล่านี้จะละลาย อยู่ในส่วนของเซรุ่ม เมื่อมีการเติมแอมโมเนียในน้ำยางสด

นั่นคือน้ำยางที่รักษาด้วยแอมโมเนียประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนของ เนื้อยาง และเซรุ่ม และอนุภาคยางมีความคงตัวในสภาพแขวนลอย อยู่นี้ได้โดยอนุมูล ของกรดไขมัน และอนุมูลของโปรตีน แทนที่จะคงตัวด้วยอนุมูลของโปรตีนเพียง อย่างเดียวเช่นกรณีของน้ำยางสด

#### กรดไขมันระเหยได้

อนุมูลของกรดไขมันระเหยได้ เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาที่พวกจุลินทรีย์ใช้ สารพวกคาร์โบไฮเดรตในเซรุ่มของน้ำยางเป็นอาหาร แอมโมเนียและสารฆ่าแบคทีเรียทั่วๆ ไปจะช่วยชลอการเกิดอนุมูลเหล่านี้ นั่นคือปริมาณของกรดไขมันระเหยได้ในน้ำยางที่ รักษาด้วยแอมโมเนีย (ปกติมีประมาณ ๑.๑๒% ) จะเป็นตัวแสดงว่า ได้มีปฏิกิริยาของ จุลินทรีย์กับสารในน้ำยางมากหรือน้อยเพียงใด ในขณะที่น้ำยางได้ไหลออกจากต้นยางแล้ว กล่าวคือ ปริมาณของกรดไขมันระเหยได้ในท่อน้ำยางนั้น ปกติเท่ากับศูนย์ และเมื่อน้ำยาง ไหลออกจากต้นมีจุลินทรีย์ลงทำปฏิกิริยากับสารบางอย่างในน้ำยางเกิดกรดไขมันระเหยได้

หลักการพื้นฐานเกี่ยวกับกรดไขมันระเหยได้มีดังต่อไปนี้

1. น้ำยาก็อยู่ภายในท่อน้ำยางในต้นยางนั้นปราศจากแบคทีเรีย
2. แบคทีเรียจะลงปะปนในน้ำยางนั้นมาจากแหล่งต่าง ๆ เช่น อากาศ เปลือกไม้ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการกรีดยาง เป็นต้น
3. การเกิดอนุมูลของกรดไขมันระเหยได้ในน้ำยางสดจะเพิ่มอย่างรวดเร็วในช่วงแรก ต่อไปจะเกิดเพิ่มช้าลง จนในที่สุดจะไม่มีกำเริบเพิ่มอนุมูลของกรดไขมันระเหยได้ โดยการคาดคะเนว่าเป็นเพราะขบวนการของพวกสารเอนไซม์ สำหรับการที่อนุมูลของกรดไขมันระเหยได้ไม่เพิ่มในช่วงสุดท้ายนั้น แสดงว่าแบคทีเรียได้ใช้อาหารที่มีอยู่ในน้ำยางจนหมดไปแล้ว หรือน้ำยางไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาได้อีกต่อไป
4. อุณหภูมิมีผลต่อความว่องไวของน้ำยาง ซึ่ง เป็นตัวการสำคัญของการเกิดอนุมูลของกรดไขมันระเหยได้ น้ำยางจะว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิประมาณ 35 องศาเซลเซียส และเมื่ออุณหภูมิสูงไปกว่านั้น ความว่องไวจะกลับลดลง เพราะถูกความร้อนทำลาย
5. สารที่แบคทีเรียใช้เป็นอาหารและก่อให้เกิดกรดไขมันได้นั้น คาดกันว่าเป็นสารพวกน้ำตาลต่าง ๆ ที่มีอยู่ในเซอรุ่ม เพราะเมื่อมีการเติมพวกน้ำตาล โดยเฉพาะกลูโคสลงในน้ำยางจะพบว่าเกิดอนุมูลเพิ่มขึ้น กรดอะมิโน กรดซิตริก และกรดมาลิก จะช่วยกระตุ้นการเกิดกรดไขมันระเหยได้ โดยกรดเหล่านี้ทำให้น้ำตาลมีความว่องไวต่อปฏิกิริยา สำหรับการเกิดกรดไขมันระเหยได้ในช่วงแรก ๆ อาจเกิดในรูปของอะมิโนที่มีโครงสร้างซับซ้อน อันนี้สำหรับสาร โปรตีน โดยตรงนั้น ไม่ปรากฏว่าแบคทีเรียใช้เป็นอาหารให้เกิดความว่องไวขึ้น
6. การเพิ่มความเข้มข้นของแอมโมเนียในน้ำยาง ทำให้ลดการเกิดกรดไขมันระเหยได้
7. ศักย์รีดอกซ์โพเทนเชียล (Redox potential) ของน้ำยางมีผลต่อการเกิดกรดไขมันระเหยได้ ปกติน้ำยางสดมีศักย์รีดอกซ์โพเทนเชียลประมาณ + 100 มิลลิโวลท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
-31-  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งอยู่ในสถานะออกซิเดชัน สำหรับการเกิดกรดไขมันระเหยได้ในสภาวะต่างที่ pH 11 จะเริ่มเกิดขณะที่ความต่างศักย์ลดลงอยู่ที่ประมาณ - 13๒ มิลลิโวลท์ ซึ่งเป็นสภาวะรีดักชัน และปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อรีดอกซ์โพเทนเชียลคือ ปริมาณออกซิเจนของน้ำยาง ซึ่งได้มีการศึกษาพบว่า การบรรจุน้ำยางชั้นอย่างเต็มภาชนะบรรจุเป็นสภาวะที่มีออกซิเจนในปริมาณจำกัด จะทำให้รีดอกซ์โพเทนเชียลของน้ำยางลดลงอยู่ในสถานะรีดักชัน จึงเกิดเป็นกรดไขมันระเหยได้ แต่การบรรจุน้ำยางชั้นในปริมาณเพียงครึ่งหนึ่งของความจุของภาชนะ ทำให้เกิดสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนอย่างพอเพียง และรีดอกซ์โพเทนเชียลของน้ำยางอยู่ในสถานะออกซิเดชัน จึงไม่มีการเกิดกรดไขมันระเหยได้

อย่างไรก็ตามสภาวะรีดักชันอาจเกิดขึ้นเมื่อมีการถ่ายเทอากาศ เช่น ขณะการบีมน้ำยางจากถังหนึ่งไปสู่ถังอีกถังหนึ่ง จะเกิดการกระตุ้นเมตาบอลิซึมของพวกแอโรบิกแบคทีเรีย (Aerobic bacteria) และทำให้มีการดูดซึมเอาออกซิเจนที่มีอยู่จำกัดอย่างรวดเร็วจนทำให้รีดอกซ์โพเทนเชียลลดลงจนถึงจุดที่ก่อให้เกิดกรดไขมันระเหยได้ ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงกล่าวได้ว่า น้ำยางชั้นที่บรรจุลงภาชนะที่ปิดลงมิดชิดไม่มีการบีบ หรือเปิดฝาภาชนะบ่อยครั้งจะเก็บไว้ได้นาน โดยไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันระเหยได้

- ๘. กรดบอริกมีผลในการขัดขวางการเกิดกรดไขมันระเหยได้ เนื่องจาก
- ก. กรดบอริกขัดขวางแบคทีเรียที่เป็นตัวการทำให้เกิดกรดไขมันระเหยได้
- ข. กรดบอริกทำให้คาร์โบไฮเดรตที่เป็นอาหารของแบคทีเรียเกิดเป็นสารที่มีโครงสร้างซับซ้อนและแบคทีเรียใช้เป็นอาหารไม่ได้ นั่นคือ เกิดการป้องกันการเกิดกรดน้ำตาล - อะมิโนที่ซับซ้อน

## สารยึดติดจากน้ำยาง (Latex adhesive)

สารยึดติดจากน้ำยาง หรือ กาวน้ำยาง เป็นกาวยางประเภทหนึ่ง ที่ไม่ใช่การละลายยางแผ่นในตัวทำละลาย แต่เป็นกาวที่ได้จากน้ำยางโดยตรง มีข้อได้เปรียบกว่ายางที่มีตัวทำละลาย คือ ราคาถูก ไม่เป็นพิษ ช่วงความหนืดกว้าง และทนต่อการเสื่อมสภาพได้ดี

ข้อดีของกาวน้ำยาง คือ ทนต่อน้ำ และตัวทำละลายบางประเภทได้ดี เหมาะที่จะใช้กับวัสดุที่มีรูพรุนที่ผิวหน้าเปียกได้ง่าย

ข้อเสียของกาวน้ำยาง คือ จะเกิดการหดตัว ทำให้วัสดุที่ยึดติดย่น และเมื่อแห้งสมบัติการนำไฟฟ้าต่ำลง รวมทั้งอัตราเร็วการแห้งตัวช้า

## หลักการของการเตรียมสูตรกาวน้ำยาง (General principle of formula)

### 1 การเลือกชนิดของพอลิเมอร์ (Choice of polymer)

ต้องพิจารณาราคา ความเหมาะสมต่องานที่ใช้ และลักษณะของวัสดุที่ต้องการยึดติด เช่น สภาพมีขี้ (Polarity) ผิวหน้าของวัสดุ

### 2 สารช่วยปรับปรุงการยึดติด (Adhesion modifiers)

#### 2.1 สารละลายหรือคิเลเตอร์สชั้นของเรซิน

ช่วยเสริมสมบัติของการเหนียวติดระหว่างวัสดุ เช่น การเสริมสมบัติการไม่มีขี้ (Non-polar) ของวัสดุหนึ่งที่ต้องการติดเข้ากับวัสดุมีขี้ โดยการทำหน้าที่ให้เกิดสภาพขี้ขึ้นในกาว และแรงยึดเหนียว

#### 2.2 สารช่วยปรับความเหนียวติดกันเอง (Tackifiers)

เป็นสารช่วยการเหนียวติดได้นาน โดยเฉพาะใช้กับงานที่ต้องการให้กาวแห้งก่อนใช้งาน สารเหล่านี้ ได้แก่ โรซินแอสเทอร์ หรือ เอสเทอร์กัม และฟีนอล-มอดิไฟเลอร์คอบาโรอินติน เป็นต้น

### 2.3 แป้งสุก (Cooked starches)

ผสมกับกาวน้ำยาง เพื่อใช้ติดกระดาษ เพราะช่วยปรับปรุงสมบัติบางประการ เช่น ความเหนียว

### 2.4 แป้งที่ยังไม่สุก (Uncooked starches)

ใช้กับกาวน้ำยางที่ใช้ความร้อนกระตุ้น เพราะความร้อนจะทำให้แป้งสุกและดูดเอาน้ำจากส่วนเซรุ่มไปจนแอนภาคของแป้งบวมขึ้น ทำให้กาวมีความเหนียวอย่างรวดเร็ว

### 3 สารช่วยทำให้อ่อนตัว (Plasticisers)

เพื่อปรับปรุงสมบัติความโค้งงอในสภาพอุณหภูมิต่ำ ทำให้การยึดติดคงสภาพเดิมได้โดยไม่เกิดรอยแยกเมื่อฟิล์มของกาวแห้งตัว นอกจากนี้ยังช่วยปรับความเหนียวด้วย ในกรณีที่ต้องผสมตัวทำละลาย เช่น เบนซีน ทอลูอีน ลงในกาวน้ำยางเพื่อปรับปรุงสมบัติการเกิดฟิล์มของกาว ก็จะไม่ทำให้สมบัติการโค้งงอเปลี่ยนไปด้วย

### 4 ตัวทำให้สุก (Curatives)

ช่วยการเกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยงที่แข็งแรง ทำให้สมบัติการยึดติดไม่เปลี่ยนแปลงเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป นอกจากนี้ยังช่วยปรับสภาพความทนทานต่อน้ำและตัวทำละลายด้วย

### 5 สารตัวเติม (Fillers)

ช่วยลดต้นทุน หรือ ช่วยเพิ่มความแข็งแรง และลดการยึดตัวของฟิล์ม หรือเพิ่มปริมาณสารที่เป็นของแข็งทั้งหมด (Total solid contents) หรือเพื่อปรับปรุงสมบัติการไหล หรือป้องกันการไหลติดกันเองที่อุณหภูมิต่ำในกรณีของกาวที่ต้องใช้ความร้อนกระตุ้น สารตัวเติมที่ใช้ในกาวน้ำยาง ต้องคำนึงถึงปริมาณที่เติมด้วย เพราะถ้าปริมาณไม่เหมาะสม เช่น มากเกินไป ผลลัพธ์ก็จะแข็ง และสมบัติการยึดติดเสื่อมลง โดยปกติสารตัวเติมในกาวน้ำยางจะใช้ในปริมาณ ๑ - ๓๐ ส่วนต่อพอลิเมอร์แห้ง 10๐ ส่วน

### ๖ สารเติมแต่งอื่น ๆ (Other additives)

ได้แก่ สารป้องกันการเกิดออกซิเดชัน กันเชื้อรา กันการเสื่อมสภาพ เพิ่มความว่องไวของผิวหน้า สารป้องกันการเกิดฟอง สารระงับกลิ่น สารทำให้เกิดกลิ่น หรือสารที่ทำให้เกิดสี

การเลือกสารเติมแต่ง ต้องคำนึงถึงการนำไปใช้งานด้วย เช่น ถ้าใช้ในการยึดติดวัสดุที่ต้องสัมผัสกับอาหาร สารบางตัวไม่อาจนำมาใช้ได้ เพราะอาจเกิดอันตรายถึงชีวิตของผู้บริโภค

### ทฤษฎีการยึดติด (Adhesion theories)

อะตอมหรือโมเลกุลในของแข็งยึดติดกันด้วยแรงความเชื่อมแน่น (Cohesion force) แรงระหว่างอะตอมหรือโมเลกุลเหล่านี้ ช่วยให้ของแข็งคงสภาพความเป็นของแข็งอยู่ได้ เมื่อเกิดการแตกในของแข็ง ส่วนที่แตกทั้งสองส่วนไม่อาจนำมาติดกันใหม่ให้มีสภาพเหมือนดังเดิม (Original stage) ได้ แรงความเชื่อมแน่นจะมีผลอีกครั้ง ถ้าระหว่างจุดเริ่มต้นของอะตอม หรือโมเลกุลนั้นถูกสร้างขึ้นมาใหม่ อาจกล่าวว่าเป็นการติด (Joining) วัสดุที่ต่างกันทั้งสองชนิด คือ การรวมเข้าซึ่งกันและกันอย่างสมบูรณ์เหนือพื้นที่ของการติดระหว่างซีของโมเลกุล จะมีผลต่อการยึดติดเข้าด้วยกันด้วยแรงความเชื่อมแน่น พบว่าการรวมกันไม่สนิทเกิดขึ้นโดยสาเหตุ 2 ประการ คือ

1 ความหยาบของผิววัสดุที่จะยึดติด

2 การเกิดขึ้นขอบเขต (Boundary layer) ที่อ่อนแอ เนื่องจากการดูดซับสิ่งสกปรกจากสิ่งแวดล้อม หรือ จากการแพร่ซึมจากข้างในของวัสดุ

ดังนั้นหน้าที่ของสารยึดติดคือ ต้องกำจัดความหยาบของผิว และ ชั้นขอบเขต

หลายปีที่ผ่านมามีการพัฒนาทฤษฎีต่าง ๆ มากมาย เพื่ออธิบายการกระทำที่เกิดขึ้นของสารยึดติด เช่น กลไกของการยึดติด เป็นต้น นับแต่ทฤษฎีเชิงกลอย่างง่าย (Simple mechanism theory) มาจนถึงทฤษฎีไฟฟ้าสถิต (Electrostatic theory) และทฤษฎีการดูดซับ (Adsorption theory) ตลอดจนทฤษฎีการแพร่ซึม (Diffusion theory)

สำหรับปรากฏการณ์การยึดติดบางอย่าง ทฤษฎีเหล่านี้ถูกนำมาใช้ยืนยันได้ และให้ผลเป็นที่น่าพอใจ แต่ทางตรงกันข้ามทฤษฎีเหล่านี้ก็อาจจะให้ข้อบ่งชี้ได้ไม่ดี หรือ ไม่ได้เลย

สำหรับปรากฏการณ์บางประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ดี การยึดติดของสารยึดติดต่อวัสดุ สามารถจะนำทฤษฎีเหล่านี้มาใช้ อธิบายได้ทั้งหมดสมควร โดยรายละเอียดของทฤษฎีแต่ละทฤษฎีมีดังนี้

### 1. ทฤษฎีเชิงกลของการยึดติด (Mechanical theory of adhesion)

เป็นทฤษฎีเก่าแก่ของการยึดติด ซึ่งอธิบายได้ด้วยลักษณะเชิงกล หลักการของ ทฤษฎีนี้กล่าวว่า สารยึดติดจะไหลเข้าไปในรูพรุน และผิวที่ขรุขระของวัสดุ เมื่อสารยึดติด แห่งนี้ เป็นของแข็งที่ยึดเกาะกับวัสดุตรงรูพรุน หรือ ผิวที่ขรุขระ ได้อย่างแข็งแรง ทฤษฎี นี้ใช้อ้างได้ในวัสดุประเภทที่มีรูพรุน (Porous material)

### 2. ทฤษฎีไฟฟ้าสถิตของการยึดติด (Electrostatic theory of adhesion)

ตามทฤษฎีไฟฟ้าสถิต แรงการยึดติดระหว่างชิ้นวัสดุ และสารยึดติด เกิดโดยการ สัมผัส หรือ ถ่ายโอนศักย์ (Potential) การถ่ายโอนศักย์เหล่านี้ เป็นสาเหตุให้เกิดชั้นคู่ ของไฟฟ้า (Electric double layer) ที่รอยต่อของสารยึดติดกับวัสดุ และเกิดแรง ดึงดูดคูลอมบ์ระหว่างองค์ประกอบทั้งสอง โดยทั่วไปการถ่ายโอนศักย์ที่เกิดขึ้น ไม่เป็นปัญหา สามารถแสดงให้เห็นได้ โดยการปล่อยประจุไฟฟ้าสถิต ซึ่งสามารถตรวจจับได้จาก โครงสร้างของรอยเชื่อมของสารยึดติด ความสำคัญของแรงดึงดูด เกี่ยวข้องกับการปล่อย ประจุเหล่านี้ การลอกสารยึดติดออก เปรียบเสมือนการแยกแผ่นเก็บประจุออกจากกัน ความแข็งแรงของการยึดติดที่เกิดจากสารยึดติดจะเพิ่มขึ้น ถ้ารูพรุนของผิววัสดุที่สารยึดติด เกาะอยู่เพิ่มขึ้น

### 3. ทฤษฎีการดูดซับ (Adsorption theory)

ทฤษฎีนี้เกิดขึ้นด้วยแรงที่ผิว อธิบายได้ว่า โมเลกุลของสารยึดติดและวัสดุมีผลต่อ ความแข็งแรงในการยึดติดของสารยึดติด ทฤษฎีนี้ใช้อธิบายการยึดติดผิววัสดุต่างชนิดกัน หรือสารยึดติดกับวัสดุก็ได้

พบว่า ถ้าใช้สารยึดติดในรูปหลอมเหลว หรือสารละลาย จะเกิดการดูดซับสาร ยึดติดบนผิวของวัสดุ ซึ่งสัมพันธ์กับการปลดปล่อยการแทนที่โมเลกุลอื่น และการจัดเรียงตัว ของโมเลกุลของสารยึดติดที่ถูกดูดซับ เมื่อตัวทำละลายระเหยไป หรือเมื่อสารยึดติดแข็งตัว แรงที่เกิดระหว่างโมเลกุลและวัสดุเป็นแรงรวมที่เกิดจากแรงแวนเดอร์วาลส์ (Vander

waals forces) ซึ่งเกิดจากการเชื่อมติดกันของ โมเลกุล

ดังนั้นการทาสารยึดติดลงบนผิววัสดุอย่างสมบูรณ์ ช่วยให้แรงที่ยึดติดกันแข็งแรงยิ่งขึ้น การยึดติดที่ดีสามารถคาดหมายได้ ถ้าสารยึดติดที่อยู่ในรูปของ เหลว เปียกวัสดุ

ทฤษฎีการดูดซับมีพื้นฐานของ ทอร์โมไดนามิกส์ ดังนั้นการยึดติดจึงสามารถหาได้จากอัตราส่วนระหว่างพลังงานที่ผิวของสารยึดติดและวัสดุที่ประกอบขึ้น เป็นวัสดุที่ต้องการจะยึดติด พลังงานที่ผิวของสารยึดติดต้องต่ำกว่าวัสดุที่ต้องการจะยึดติด

#### 4. ทฤษฎีการแพร่ (Diffusion theory)

ทฤษฎีแสดงความสามารถในการยึดติดกับวัสดุประเภทต่าง ๆ มีความเกี่ยวเนื่องกับการแพร่ของสารยึดติด ซึ่งเป็นสารพอลิเมอร์ที่มีโมเลกุลใหญ่กับวัสดุ ทฤษฎีนี้จะ เป็นจริงก็ต่อเมื่อ สารยึดติดและวัสดุต้องละลายซึ่งกันและกันได้ ความแข็งแรงของการยึดติดของการยึดติดของสารยึดติดเป็นสัดส่วนกับจำนวน โมเลกุลของสารยึดติดที่เชื่อมกับกัน ระหว่างชั้นวัสดุและความลึกของการแพร่บนชั้นวัสดุ

ความสัมพันธ์ระหว่าง โมเลกุลของสารยึดติดกับวัสดุขึ้นกับตัวแปรหลายค่า เช่น ความดัน อุณหภูมิ เวลา ขนาดของโมเลกุล และความสามารถในการละลาย ตัวอย่าง การยึดติดที่ใช้ทฤษฎีการแพร่ คือ วัสดุพอลิไวนิลคลอไรด์ ทั้งที่เติมและไม่เติมสารช่วยให้ อ่อนตัว ในตัวทำละลายที่มีเตตระไฮโดรฟิวแรน ซึ่งเรียกว่า " Contact bonding " ทฤษฎีนี้ใช้อธิบายไม่ได้ในกรณีของแก้วหรือโลหะต่าง ๆ

#### 5. ทฤษฎีอื่น ๆ (Other theories)

เนื่องจากไม่มีทฤษฎีใด ๆ ที่กล่าวมาแล้ว สามารถอธิบายครอบคลุมเรื่องของการยึดติดได้ทั้งหมด ดังนั้นอาจมีบางที่ที่เกิดขึ้นเฉพาะกรณีตามลักษณะของการยึดติด ที่พอจะอธิบายได้

อย่างไรก็ดีที่กล่าวมา 4 ทฤษฎีแรก สามารถนำไปใช้ได้พอสมควร

## การจำแนกประเภทสารยึดติด (Classification of adhesives)

จำแนกตามกลไกการยึดติด แบ่งเป็น

### 1. การยึดติดโดยปราศจากปฏิกิริยาเคมี

#### 1.1 ชนิดที่ไม่มีตัวทำละลายที่ระเหยได้

ก. Hotmelt adhesive เช่น เอทิลีน-ไวนิลอะซิเตต โพลีเอไมด์ โพลีเอไมต์ โพลีเอสเทอร์ ใช้ยึดติดวัสดุประเภทกระดาษ ใยเบอร์เบอร์ดี พลาสติก สิ่งทอ และหนัง

ข. Plastisol adhesive เช่น ส่วนผสมของพีวีซีกับพลาสติกไซเซอร่า และสารกระตุ้นการยึดติด ใช้กับวัสดุชนิดที่เป็นโลหะ และวัสดุที่มีซิลิเกตปะปนอยู่

1.2 ชนิดสารละลายและตัวทำละลายระเหยออกไปได้ การระเหยเกิดจากได้รับความร้อนก่อนหรือระหว่างการยึดติด

ก. Heat - sealing adhesive ได้แก่ สารประกอบของโพลีเอไมด์ ไวนิล ใช้ยึดติดวัสดุประเภทกระดาษ พลาสติก ฟิล์มพลาสติกกับฟอยล์

ข. Contact cement เป็นสารยึดหยุ่น ได้แก่ โพลีบิวทาไดอีน กับ เรซินเอนอิลิกที่ปรับปรุงโครงสร้าง ลักษณะการยึดติดเกิดจากการสัมผัสโดยใช้ความดัน ใช้ยึดติดไม้ พลาสติก โลหะ และยาง

ค. Pressure - sensitive adhesive ได้แก่ สารยึดติดจากยางธรรมชาติ และยางสังเคราะห์กับเรซินธรรมชาติที่ปรับปรุงโครงสร้าง หรือเรซินสังเคราะห์ ใช้ยึดติดวัสดุที่ต้องการให้ผิวหน้าสัมผัสกันเท่านั้น เช่น สารยึดติดที่มีลักษณะเป็นเทป หรือฉลากต่าง ๆ

#### 1.3 ชนิดตัวทำละลายระเหยไประหว่างการยึดติด

ก. สารละลายของโพลีเอไมด์ที่ได้จากธรรมชาติ หรือจากการสังเคราะห์ เช่น โพลีเอไมด์ของสารประเภทไวนิล ยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ที่มีสภาพชั่วคราว ใช้ยึดติดกระดาษ พลาสติก วัสดุที่มีสารประเภทซิลิเกต และไม้

ข. สารละลายของวัสดุที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ๆ ที่ได้จากรวมชาติ หรือจากการสังเคราะห์ ได้แก่ แป้ง เดกซ์ตริน เคซีน เซลลูโลสอีเทอร์ พอลิเมอร์ของกรดอะคริลิก พีวีเอ พอลิ (ไวเนลไพไรโรโดน) ใช้ยึดติดกระดาษ ไฟเบอร์บอร์ด

ค. กาว เป็นกาวจากสัตว์ ใช้ยึดติดไม้ กระดาษ เทป และไฟเบอร์บอร์ด

#### 1.4 ชนิดที่ใช้ในรูปสารละลายอิมัลชันในน้ำ

มีการระเหยของน้ำระหว่างการยึดติด เช่น โอลิโมพอลิเมอร์ร่วมของไวเนลอะซิเตต และไวเนลพอลิอูเรต

### 2. การยึดติดโดยเกิดปฏิกิริยาเคมี

เกิดขึ้นและเชื่อมโยงระหว่างเนื้อสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ๆ

#### 2.1 เกิดการเชื่อมโยงฟิล์มของสารยึดติดโดยการพอลิเมอร์ไรซ์

ก. Two-package polymerisation adhesive

ข. One-package polymerisation adhesive แบ่งเป็น กาว

ไซยาโนอะครีเลต และ Anaerobic adhesive

#### 2.2 เกิดการเชื่อมโยงฟิล์มของสารยึดติด โดยการพอลิแอตติชัน

ก. กาวอีพอกซี ใช้กับโลหะ พลาสติก วัสดุที่มีซิลิเกต

ข. กาวรีแอคทีฟพอลิยูรีเทน ที่มีหมู่ไฮดรอกซีอยู่ที่ปลายโซ่

#### 2.3 เกิดการเชื่อมโยงฟิล์มของสารยึดติด โดยการคอนเดนเซชัน

ก. พอลิไฮดรอกซีเมทิล ได้แก่ ฟีนอล-พอร์มัลดีไฮด์เรซิน ยางไนไทล์

ข. สารยึดติดจากซิลิโคน มีความคงตัวในสภาพความชื้นของบรรยากาศ

ใช้ยึดติดวัตถุที่มีซิลิเกต

ค. สารยึดติดของพอลิยูรีเทน ใช้ยึดติดวัตถุที่มีซิลิเกต

ง. พอลิเอไมด์ และพอลิเบนซิมิดาโซน ใช้ยึดติดโลหะ

#### 2.4 เกิดการเชื่อมโยงของส่วนประกอบของสารยึดติดในแผ่นและของวัสดุที่

ต้องการยึดติด เช่น ยางกับโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## วัตถุประสงค์

ประเทศไทยเป็นประเทศที่สามารถผลิตน้ำยางได้เอง เนื่องจากเป็นประเทศที่มีภูมิอากาศเหมาะสมต่อการปลูกยางพารา ซึ่งส่วนใหญ่ น้ำยางที่ได้จะนำไปแปรรูปเป็นยางแผ่น การใช้ น้ำยางในลักษณะที่เป็นเวลาที่กึ่งขังอยู่ในวงจำกัด เช่น ใช้ทำถุงมือยาง สารยึดติดในอุตสาหกรรมรองเท้า และการหล่อแบบ เนื่องจากโดยธรรมชาติ น้ำยางมีสมบัติของการยึดติดอยู่ในตัวเอง ดังนั้นโครงการพิเศษฉบับนี้จึงได้ศึกษาถึงวิธีการปรับปรุงน้ำยาง โดยการเติมสารเคมีบางชนิดลงไป เพื่อให้สมบัติการยึดติดดีขึ้น และสามารถนำไปใช้กันงานทั่วไปได้

## ขั้นตอนการวิจัย

- 1 ทดลองหาสูตรสารยึดติดที่เหมาะสม
- 2 ปรับปรุงสูตรโดยการ เปลี่ยนแปลงสารตัวเติม
- 3 ทดสอบสมบัติของการยึดติด

## บทที่ 2

### สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

สูตรสารยึดติดจากน้ำยางชั้นที่มีสมบัติเหมาะสมประกอบด้วย น้ำยางชั้นชนิดปริมาณ แอมโมเนียต่ำ สารละลายโซเดียมลอร์ริลซัลเฟต สารละลายเตตระโซเดียมไฟโรฟอสเฟต สารตัวเติมทึบคัม หรือแป้งมันสำปะหลัง สารละลายโซโอยูเรีย ดิสเพอร์ชันของแอนติ-ออกซิแดนท์ และสารละลายโซเดียมเมตาซิลิเกต

จากการทดลอง ได้ทำการศึกษาถึงปริมาณของส่วนประกอบที่เหมาะสมในสูตร สารยึดติดจากน้ำยางชั้น ภายหลังจากได้สูตรที่เหมาะสมแล้วจึงทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลง ปริมาณสารตัวเติม ซึ่งสามารถสรุปผลการทดลองที่ได้ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารตัวเติมที่ลค้ม

ตารางที่ 2.1 แสดงสูตรสารยึดติดจากน้ำยางที่มีลค้มเป็นสารตัวเติม

ส่วนผสม	ส่วนโดยน้ำหนัก				
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5
60% น้ำยางข้นชนิด ปริมาณ $NH_3$ ต่ำ	167.0	167.0	167.0	167.0	167.0
25% สารละลายโซ เดียมลอร์ลซัลเฟต	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10% สารละลายเตตระ โซเดียมโพโรฟอสเฟต	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
ลค้ม	-	25.0	50.0	75.0	100.0
10% สารละลาย	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
ไซโอยูเรีย					
50% ดิสเพอร์ชันของ แอนติ-ออกซีแดนท์	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
10% สารละลาย	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
โซเดียมเมตาซิลิเกต					

ตารางที่ 2.2 แสดงปริมาณของแข็งทั้งหมด ( % TSC) ของสารยึดติดจากน้ำยางที่  
ใช้ที่ลคัมเป็นสารตัวเติมเทียบกับน้ำยางชั้น

สารยึดติด	% TSC
น้ำยางชั้น	61.97
สูตรที่ 1	50.73
สูตรที่ 2	52.46
สูตรที่ 3	53.62
สูตรที่ 4	54.38
สูตรที่ 5	55.27

จากตารางที่ 2.2 พบว่า สูตรที่เตรียมได้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดเพิ่มขึ้นเมื่อ  
ปริมาณของสารตัวเติมที่ลคัมเพิ่มขึ้น แต่จะน้อยกว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำยางชั้น

ตารางที่ 2.3 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่าง ของสารยึดติดจากน้ำยางที่ใช้ลคัมเป็น สารตัวเติมเทียบกับน้ำยางชั้น

สารยึดติด	ค่าความเป็นกรด - ด่าง
น้ำยางชั้น	9.56
สูตรที่ 1	9.86
สูตรที่ 2	9.69
สูตรที่ 3	9.67
สูตรที่ 4	9.70
สูตรที่ 5	9.69

จากตารางที่ 2.3 พบว่าค่าความเป็นกรด - ด่าง ของสารยึดติดจากน้ำยาง มีค่าใกล้เคียงกัน และแต่ละสูตรมีค่าความเป็นกรด - ด่าง สูงกว่าน้ำยางชั้นเพียงเล็กน้อย

ตาราง 2.4 แสดงค่าความหืดของสารยึดติดจากน้ำยางที่ใช้ลคัมเป็นสารตัวเติม เทียบกับน้ำยางชั้น

สารยึดติด	ค่าความหืด (เซนติเมอส์)
น้ำยางชั้น	112.50
สูตรที่ 1	129.17
สูตรที่ 2	175.00
สูตรที่ 3	187.50
สูตรที่ 4	189.58
สูตรที่ 5	185.40

จากตารางที่ 2.4 พบว่าค่าความหืดของสูตรที่เติมลคัมมีค่าใกล้เคียงกัน และมีค่าความหืดมากกว่าสูตรที่ไม่ได้เติมลคัม

ตารางที่ 2.5 แสดงความแข็งแรงในการยึดติดระหว่างผิววัสดุของสารยึดติดจาก  
 น้ำยางที่ใช้หุ้มคัมเป็นสารตัวเติมเทียบกับน้ำยางชั้นในสภาวะต่าง ๆ

สารยึดติด	ความแข็งแรงในการยึดติดระหว่างผิววัสดุ (กิโลกรัม/เซนติเมตร)		
	สภาพปกติ	แช่น้ำ	แช่กรด
น้ำยางชั้น	1.80	2.26	2.76
สูตรที่ 1	3.40	1.24	2.52
สูตรที่ 2	3.20	1.08	1.60
สูตรที่ 3	1.52	0.76	1.48
สูตรที่ 4	1.12	0.32	1.32
สูตรที่ 5	0.28	0.26	0.76

หมายเหตุ : การทดลองทุกสภาวะต้องทิ้งขึ้นทดสอบไว้ 24 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ

จากการตารางที่ 2.5 พบว่าความแข็งแรงในการยึดติดระหว่างผิววัสดุจะมี  
 แนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ เมื่อปริมาณสารตัวเติมหุ้มคัมเพิ่มขึ้นในทุกสภาวะ

ตอนที่ 2      ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารตัวเติมแบ่งเป็นส่วนสูง

ตารางที่ 2.6      แสดงสูตรสารยึดติดจากน้ำยางที่มีน้ำแบ่งสูงเป็นสารตัวเติม

ส่วนผสม	ส่วนโดยน้ำหนัก	
	สูตรที่ 6	สูตรที่ 7
60% น้ำยางชั้นชนิดปริมาณ $\text{NH}_2$ ต่ำ	167.0	167.0
25% สารละลายไซเตียมลอริลซัลเฟต	1.0	1.0
10% สารละลายเตตระไซเตียมไพโรฟอสเฟต	2.0	2.0
4% น้ำแบ่งสูง	50.0	-
12.5% น้ำแบ่งสูง	-	50.0
10% สารละลายโรโอยูเรีย	10.0	10.0
50% ดีสเพอร์ชันของแวนดี-ออกซิแดนท์	2.0	2.0
10% สารละลายไซเตียมเมตาซิลิเกต	5.0	5.0

ตารางที่ 2.7 แสดงปริมาณของแข็งทั้งหมดของสารยึดติดที่ใช้ น้ำแข็งสูกเป็นสารตัวเติม  
เทียบกับน้ำยางข้นและสารยึดติดสูตรที่ 1

สารยึดติด	% TSC
น้ำยางข้น	61.97
สูตรที่ 1	50.73
สูตรที่ 6	48.20
สูตรที่ 7	32.13

จากตารางที่ 2.7 พบว่าน้ำแข็งสูกที่ใช้เป็นสารตัวเติมทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดในสารยึดติดลดลง มีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับน้ำยางข้น และน้ำแข็งสูกที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดสูงทำให้ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในสารยึดติดลดลงมากกว่า น้ำแข็งสูกที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดต่ำกว่า

ตาราง 2.8 แสดงค่าความเป็นกรด - ด่างของสารยึดติดที่ใช้ น้ำแข็งสูกเป็นสารตัวเติม  
เทียบกับน้ำยางข้นและสารยึดติดสูตรที่ 1

สารยึดติด	ค่าความเป็นกรด - ด่าง
น้ำยางข้น	9.56
สูตรที่ 1	9.86
สูตรที่ 6	8.93
สูตรที่ 7	9.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 2.8 พบว่าน้ำแข็งสุกที่นำมาใช้เป็นสารตัวเติม ทำให้สารยึดติดที่เตรียมขึ้นมีสภาพความเป็นเบสลดลงเล็กน้อย และสูตรที่ 6 ให้ค่าความเป็นกรด - ด่างต่ำกว่า ๑.7

ตารางที่ 2.9 แสดงค่าความหนืดของสารยึดติดที่ใช้ น้ำแข็งสุกเป็นสารตัวเติมเทียบกับน้ำยางข้นและสารยึดติดสูตรที่ 1

สารยึดติด	ค่าความหนืด (เซนติพอยล์)
น้ำยางข้น	112.50
สูตรที่ 1	129.17
สูตรที่ 6	127.00
สูตรที่ 7	12000.00

จากตารางที่ 2.9 พบว่าความหนืดของสารยึดติดเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำแข็งสุกที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2.10 แสดงค่าความแข็งแรงในการยึดติดระหว่างผิววัสดุของสารยึดติดที่ใช้น้ำแบ่งสูกเป็นสารตัวเติมเทียบกับน้ำยางข้นและสารยึดติดสูตรที่ 1 ในสภาวะต่าง ๆ

สารยึดติด	ความแข็งแรงในการยึดติดระหว่างผิววัสดุ (กิโลกรัม/เซนติเมตร)		
	สภาพปกติ	แช่น้ำ	แช่กรด
น้ำยางข้น	1.80	2.26	2.76
สูตรที่ 1	3.40	1.24	2.52
สูตรที่ 6	2.52	1.19	1.53
สูตรที่ 7	2.28	1.00	0.92

หมายเหตุ : การทดสอบทุกสภาวะต้องทิ้งขึ้นทดสอบไว้ 24 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ

จากตารางที่ 2.10 พบว่าสารยึดติดสูตรที่ 6 ให้ค่าความแข็งแรงในการยึดติดสูงกว่าสูตรที่ 7 ในทุกสภาวะการทดสอบ

## วิจารณ์ผลการทดลอง

สภาวะปกติ (ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง) ความแข็งแรงในการยึดติดของสูตรที่ไม่มี การเติมสารตัวเติมใด ๆ มีค่าสูงสุด และจะลดลงเรื่อย ๆ เมื่อปริมาณทัลคัมเพิ่มขึ้นจาก สูตรที่ 2 ถึง สูตรที่ 5 และตั้งแต่สูตรที่ 3 ถึง สูตรที่ 5 ความแข็งแรงในการยึดติดจะ น้อยกว่าน้ำยางชั้น

ความแข็งแรงในการยึดติดในสูตรที่ 2 มีค่าสูง และลดลงเมื่อปริมาณทัลคัมเพิ่ม ขึ้น แต่ความแข็งแรงในการยึดติดทั้งหมดก็จะยังน้อยกว่าในสูตรที่ไม่ได้เติมทัลคัม หรือน้ำแบ่ง สุก อาจเป็นเพราะในปริมาณที่ใช้เท่ากัน อนุภาคของยางจะถูกแทนที่ด้วยสารเคมีและสาร ตัวเติมที่ใช้ในสูตร สารเคมีสามารถละลายในน้ำ ทำให้การยึดติดลดลงกว่าน้ำยางชั้น

การท่น้ำ ความแข็งแรงในการยึดติดของสูตรที่ 1 จะลดลงกว่าน้ำยางชั้น และลดลงเรื่อย ๆ เมื่อปริมาณทัลคัมเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากสารเคมีที่เติมลงในสูตร ทำ ให้อนุภาคของยางกระจายตัวมากขึ้น ดังนั้นเมื่อเทียบปริมาณเนื้อยางที่ทาลงในชั้นงานต่อ หนึ่งหน่วยพื้นที่ของสูตรที่ 1 จะมีปริมาณเนื้อยางน้อยกว่า และในสูตรที่ 3 - สูตรที่ 5 ปริมาณอนุภาคของเนื้อยางยิ่งลดลง เมื่อปริมาณทัลคัมเพิ่มมากขึ้น

การท่นกรด ความแข็งแรงในการยึดติดของน้ำยางชั้น จะสูงกว่าสูตรที่ 1 ถึง สูตรที่ 5 ซึ่งอาจอธิบายได้ด้วยเหตุผลเดียวกับการท่น้ำ

เมื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงในการยึดติดระหว่างการแช่น้ำกับการแช่กรด พบว่าการแช่กรด ทำให้ความแข็งแรงในการยึดติดสูงกว่าแช่น้ำธรรมดาในทุกกรณี เพราะ อาจเกิดการยึดติดที่มีของฝังมึน แรงดึงดูดระหว่างประจุลบของอนุภาคของยาง และ สารเคมีที่เติมลงไปกับโปรตอนจากกรด

## บทที่ 3

### การทดลอง

ศึกษาถึงปริมาณสารตัวเติม (Filler) ที่เติมลงในสูตรสารยึดติดจากน้ำยาง โดยสารตัวเติมที่ใช้ได้แก่ ทัลคัม (Talcum) และแป้งมันสำปะหลัง (Starch)

#### สารเคมี

- 1 น้ำยางชั้นหนืดปริมาณแอมโมเนียต่ำ (Natural rubber latex , low ammonium)
- 2 น้ำกลั่นวิจัย (Double distilled water)
- 3 กรดอะซิติก (Acetic acid ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ )
- 4 โซเดียมลอริลซัลเฟต (Sodium lauryl sulfate,  $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{OSO}_3^- \text{Na}^+$ )
- 6 ทัลคัม (Talcum ,  $3 \text{MgO} \cdot 4 \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )
- 7 แป้งมันสำปะหลัง (Starch)
- 8 ไธโอยูเรีย (Thiourea ,  $\text{H}_2\text{NCSNH}_2$ )
- 9 ดิสเพอร์ชันของแอนติออกซิแดน (Antioxidant dispersion)
- 10 โซเดียมเมตาซิลิเกต (Sodium metasilicate ,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ )
- 11 แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (Ammonium hydroxide ,  $\text{NH}_4\text{OH}$ )

## อุปกรณ์และเครื่องมือทดลอง

- 1 บีกเกอร์ (Beaker)
- 2 แท่งแก้วคน
- 3 โถดูดความชื้น
- 4 ขวดแก้วขนาด 250 มิลลิลิตร
- 5 จานเพาะเชื้อ
- 6 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ
- 7 เทอร์โมมิเตอร์
- 8 เครื่องวัดความหนืด (Brookfield viscometer)
- 9 เครื่องวัดความเป็นกรด - ด่าง (pH meter)
- 10 เครื่องวัดแรงดึง (Shimadzu autograph)
- 11 เครื่องกวน (Chemical stirrer)
- 12 กระจกน้ำกลั่น
- 13 หนึ่งแท่งขนาด 2.5 x 9.0 เซนติเมตร
- 14 ลูกกลิ้งยาง
- 15 แท่งเหล็กหนัก 10 กิโลกรัม

การเตรียมสูตรสารยึดติดแบ่งออกเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารตัวเติมที่ล้น

จากตารางที่ 2.1 ในบทที่ 2

ส่วนผสม	ส่วนโดยน้ำหนัก				
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5
60% ไนโตรเจนซันชิต	167.0	167.0	167.0	167.0	167.0
ปริมาณ NH <sub>3</sub> ต่ำ					
25% สารละลายโซเดียมคลอไรด์	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
เติมมอลลิบดีนัม					
10% สารละลายเตตระโซเดียมไฟโรฟอสเฟต	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
ทล้น	-	25.0	50.0	75.0	100.0
10% สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
โซเดียมไฮดรอกไซด์					
50% ดิสเพอร์ชันของแอนติ-ออกซิเจน	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
10% สารละลายโซเดียมเมตาซิลิเกต	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### วิธีเตรียม

ซึ่งน้ำยางข้นชนิดปริมาณแอมโมเนียต่ำ 167.0 กรัม ในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร นำไปกวนด้วยเครื่องกวน Chemy stirrer B-100 ด้วยความเร็วรอบ 57 รอบ / นาที เติมสารละลายลอริลซัลเฟตเข้มข้น 25 % ลงไป 1.0 กรัม เติมสารละลายเตตระโซเดียมเข้มข้น 10 % ลงไป 2.0 กรัม เติมทลคัมที่มีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ในอัตราส่วน 25 กรัม / น้ำกลั่นวิจัย 5 มิลลิลิตร อย่างช้า ๆ เมื่อของผสมมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน เติมส่วนที่เหลือตามลำดับและปริมาณตามตาราง จากนั้นปั่นของผสมด้วยความเร็วรอบเท่าเดิมอีก 15 นาที

### วิธีทดสอบสมบัติ

สารยึดติดจากน้ำยาง จะทำการทดสอบสมบัติต่อไปนี้

- 1 ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid content, TSC)
- 2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง
- 3 ค่าความหนืด
- 4 ความแข็งแรงในการยึดติดระหว่างผิววัสดุในสภาวะต่าง ๆ

### ปริมาณของแข็งทั้งหมด

ซึ่งสารยึดติดจากน้ำยางหนัก 2 0.5 กรัม ลงในจานเผาเชื้อที่ทราบน้ำหนักแน่นอน ซึ่งมีน้ำหนักละเอียดถึง 0.001 กรัม เอียงจานเผาเชื้อ และหมุนช้า ๆ เพื่อให้สารยึดติดกระจายทั่วจาน ในกรณีที่มีปริมาณทลคัมเพิ่มขึ้น จะเติมน้ำกลั่นวิจัยลงไป 2 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิควบคุมอุณหภูมิ 80 ± 2 องศาเซนติเกรด จนได้น้ำหนักคงที่ คำนวณหาปริมาณของแข็งทั้งหมด โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

### การคำนวณ

$$\% \text{ TSC} = (\text{น้ำหนักสารยึดติดที่แห้ง} / \text{น้ำหนักสารยึดติดเมื่อเริ่มต้น}) \times 100$$

## ค่าความเป็นกรด - ่าง

ปรับเครื่อง pH meter จากน้ำสารยึดติดจากน้ำยางวัดค่าความเป็นกรด-่าง  
สภาวะการทดสอบ

อุณหภูมิ 22 องศาเซนติเกรด

## ค่าความหนืด

ปรับเครื่อง Brookfield viscometer เลือก Spindle และความเร็ว  
รอบ (rpm) ที่เหมาะสม

สภาวะการทดสอบ

Spindle หมายเลข 2

ความเร็วรอบ 12 รอบ / นาที

อุณหภูมิ 22 องศาเซนติเกรด

บันทึกค่าที่อ่านได้จากหน้าปัดของเครื่อง โดยการทำการทดสอบ 3 ครั้ง แล้ว  
นำค่าที่ได้มาเฉลี่ย

การคำนวณ

นำหมายเลขของ Spindle ที่ใช้ และความเร็วรอบไปเทียบกับตารางหมายเลข  
LV 2 บันทึกค่าแฟคเตอร์จากตารางดังกล่าว นำค่าที่อ่านได้จากหน้าปัดคูณกับค่าแฟคเตอร์  
จะได้ค่าความหนืดของสารยึดติดในหน่วยเซนติพอยส์ (Centipoise)

## ความแข็งแรงในการยึดติดระหว่างผิววัสดุที่สภาวะต่าง ๆ

ทาสารยึดติดจากน้ำยาง ลงบนชิ้นทดสอบหนึ่งแท่งด้านสี่เหลี่ยม ขนาด 2.5 × 3.0  
เซนติเมตร โดยการทาลงทั้งสองชั้น ๆ ละ 3 ครั้ง โดยปล่อยให้วัสดุแห้งอย่าง ระยะเวลา  
เวลาก่อนการประกบชิ้นทดสอบเข้าด้วยกัน (Open time) 5 นาที วางทับด้วยแผ่น  
เหล็กหนัก 10 กิโลกรัม เป็นเวลา 15 นาที แล้วจึงนำไปทดสอบความแข็งแรงของการ  
ยึดติดที่สภาวะต่าง ๆ ด้วยเครื่อง Shimadzu autograph

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะการทดสอบ

ความแข็งแรงในการยึดติดระหว่างผิววัสดุ ภายหลังจากทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง

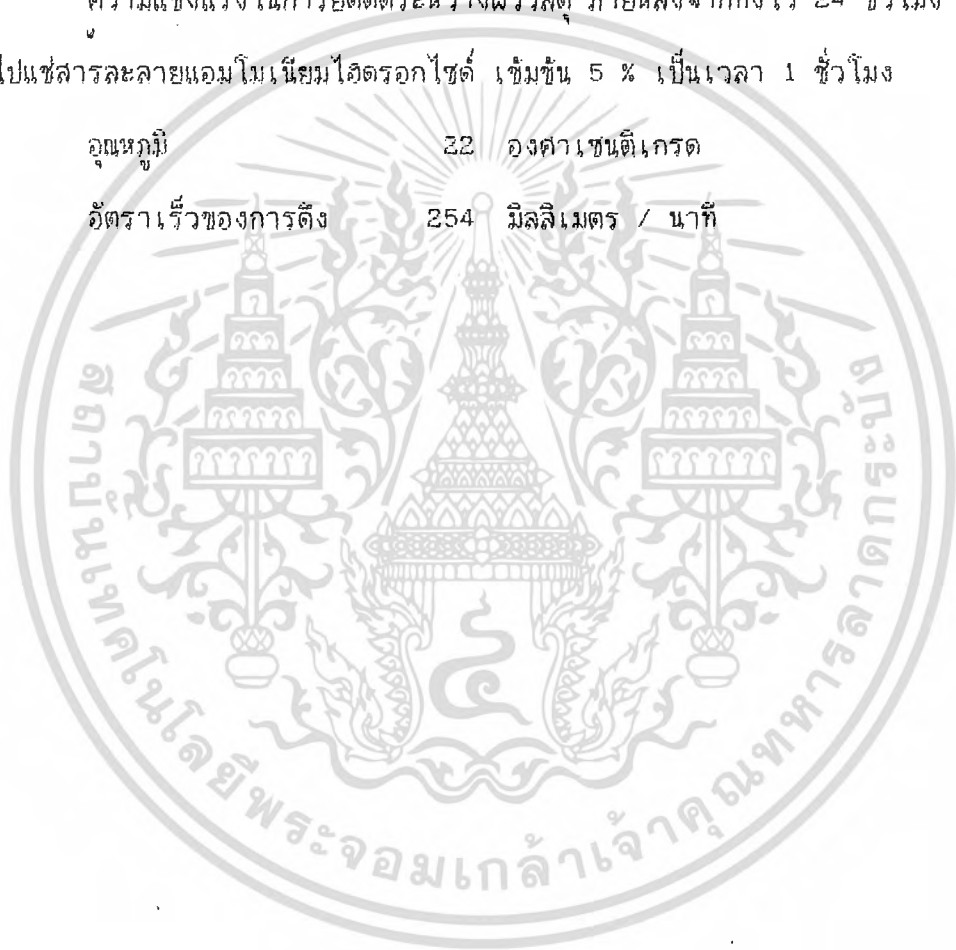
ความแข็งแรงในการยึดติดระหว่างผิววัสดุ ภายหลังจากทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง และ  
นำไปแช่น้ำเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ความแข็งแรงในการยึดติดระหว่างผิววัสดุ ภายหลังจากทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง และ  
นำไปแช่สารละลายกรดอะซิติก เข้มข้น 5 % เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ความแข็งแรงในการยึดติดระหว่างผิววัสดุ ภายหลังจากทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง และ  
นำไปแช่สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 5 % เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

อุณหภูมิ 22 องศาเซนติเกรด

อัตราเร็วของการดึง 254 มิลลิเมตร / นาที



ตอนที่ 2      ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารตัวเติมแข็งบนเสาประหลังสูง

จากตารางที่ 2.6 ในบทที่ 2

ส่วนผสม	ส่วนโดยน้ำหนัก	
	สูตรที่ 6	สูตรที่ 7
60% ไม้ยางขึ้นชนิดปริมาณ $NH_3$ ต่ำ	167.0	167.0
25% สารละลายโซเดียมคลอไรด์	1.0	1.0
10% สารละลายเตตระโซเดียมไฮดรอกไซด์	2.0	2.0
4% น้ำแข็งสูก	50.0	-
12.5% น้ำแข็งสูก	-	50.0
10% สารละลายโซเดียมเรียว	10.0	10.0
50% ดิสเพอร์ชันของแวนดีน-ออกซิเดน	2.0	2.0
10% สารละลายโซเดียมเมตาซิลิเกต	5.0	5.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 58  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### วิธีเตรียม

ซึ่งน้ำยางข้นชนิดปริมาณแอมโมเนียต่ำ 167.0 กรัม ในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร กวนด้วยเครื่องปั่น Chemy stirrer B - 100 ด้วยความเร็วรอบ 57 รอบ ต่อนาที เติมสารละลายลอริลซัลเฟตเข้มข้น 25 % จำนวน 1.0 กรัม ปั่นด้วยความเร็วรอบเท่าเดิม เติมสารละลายเตตระโซเดียมไฟโรฟอสเฟตเข้มข้น 10 % จำนวน 2.0 กรัม ลงไปปั่นด้วยความเร็วรอบเท่าเดิม จากนั้นเติมน้ำแป้งสุกเข้มข้น 4 % จำนวน 50 กรัม ลงไปในบีกเกอร์ ปั่นด้วยความเร็วรอบเท่าเดิม เติมสารละลายโซโอยูเรียเข้มข้น 10 % จำนวน 10.0 กรัม เติมดีสเพอร์ชันของแอนติออกซิแดนท์ จำนวน 2.0 กรัม ปั่นต่อไป และเติมสารละลายโซเดียมเมตาซิลิเกตเข้มข้น 10 % จำนวน 5.0 กรัม ปั่นของผสมดังกล่าวต่อไปด้วยความเร็วรอบเท่าเดิม เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

### วิธีทดสอบสมบัติ

ดำเนินการทดสอบสมบัติของสารยึดติดจากน้ำยางที่เตรียมโดยใช้น้ำแป้งสุกเป็นสารตัวเติม เช่นเดียวกับที่ใช้ทดสอบสมบัติของสารยึดติดจากน้ำยางที่มีหลักัมเป็นสารตัวเติมทุกประการ

## เอกสารอ้างอิง

1. Houwink , R. **Adhesion and Adhesive** ; 2 nd. VI ; Else Vier Publishing Company ; New York . 1965.
2. Blackley , D.C. **High Polymer latices** ; their science and technology ; Vol 2 ; Palmerton Pub.Co. ; New york , 1966.
3. Robert L. Patrick. **Treatices ; on Adhesion and Adhesive**. Vol 2
4. Goel. R.K. ; Gupta , R.K. **Industrial Adhesives and Gums** ; Small Business Publications.
5. Richard F. Blomquist. **Adhesives ; Past ; and Future** ; Edgar Marburg Lecture , 1963.
6. Patrick E. McGuire **Packaging and Paper converting Adhesives** ; Plannerton Publishing Co., Inc. , 1963.
7. Walter E. Burton. **Engineering with rubber** ; Mc Graw-Hill ; New York , 1949.
8. Shields, J. **Adhesives Hand Books** ; Butherworths , 1970.
9. Charles V. Cagle. **Adhesive Bonding ; techniques and Application**. Mc Graw-Hill ; New York , 1968.
10. Colvert , K.O. **Polymer latices and their application** ; Applied Science publisher Ltd. ; London , 1982.
11. E.P.W. " **Fragr in Fremanle** " . Rubber development. 1987 , Vol 80 , No 2 , 51 - 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก

### 1. การทดสอบความแข็งแรงของการยึดติดระหว่างพื้นผิววัสดุโดยการวัด Peel strength

#### สภาวะที่ใช้ในการทดสอบ

#### ก. การเตรียมชิ้นตัวอย่าง

ความกว้าง 2.5๕ เซนติเมตร

ความยาว 9.๑๕ เซนติเมตร

#### ข. การเตรียมพื้นผิวของสารตัวอย่าง

จำนวนครั้งที่ทากาว 3 ครั้ง

จำนวนชั้นงานที่ทา 2 ชั้น

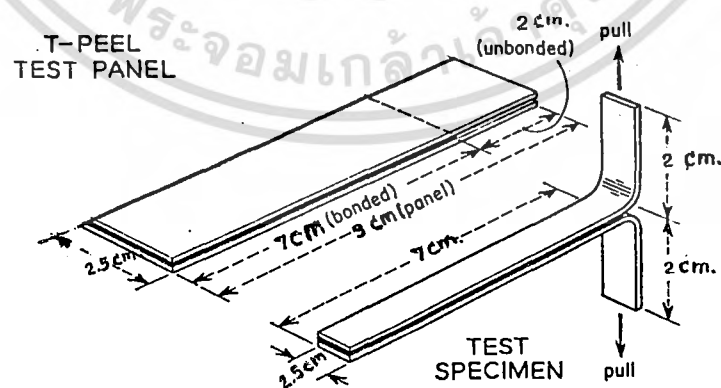
อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาก่อนการประกบชิ้นงาน 5 นาที

#### ค. การเตรียมเครื่อง Shimadzu autograph

ความเร็วของเครื่อง (Head speed) 254 มิลลิเมตร / นาที

#### ง. รูปแสดงการทดสอบค่า Peel strength



2. การหาปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำยางชั้นที่ใช้ในสูตร

ก. เตรียมน้ำยางชั้น 60 % (น้ำหนัก / ปริมาตร) ปริมาณ 167.00 กรัม

คิดหาปริมาณของแข็งทั้งหมดได้ดังนี้

สารละลาย 100.00 กรัม มีปริมาณของแข็งทั้งหมด 60.00 กรัม

สารละลาย 167.00 กรัม มีปริมาณของแข็งทั้งหมด =  $(60.00 \times 167.00) / 100.00$  กรัม  
= 100.20 กรัม

การเตรียมน้ำยางชั้นที่มีความเข้มข้น 60 % (น้ำหนัก / ปริมาตร) ปริมาณ 167.00 กรัม

จะมีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด เท่ากับ 100.20 กรัม

ข. การหาปริมาณเนื้อแข็งแห้ง (ปริมาณของแข็งทั้งหมด) จากสารละลายน้ำแป้ง  
เตรียมแป้งเข้มข้น 4 % (น้ำหนัก / ปริมาตร) ปริมาณ 50.00 กรัม

คิดหาปริมาณของแข็งทั้งหมดได้ดังนี้

สารละลายน้ำแป้ง 104.00 กรัม มีปริมาณของแข็งทั้งหมด 4.00 กรัม

สารละลายน้ำแป้ง 50.00 กรัม มีปริมาณของแข็งทั้งหมด  $(4.00 \times 50.00) / 104.00$  กรัม  
= 1.92 กรัม

สารละลายน้ำแป้งมีปริมาณของแข็งทั้งหมด เท่ากับ 1.92 กรัม (ประมาณ 2.00 กรัม)

นั่นคือ ในสูตรจะใส่สารละลายน้ำแป้ง ให้ได้ปริมาณของแข็งทั้งหมดประมาณ 2 กรัมต่อน้ำยางชั้น  
100 กรัม

ในกรณีของสารเคมีตัวอื่นที่ใช้ในสูตร ก็คิดด้วยวิธีการดังข้างต้น

## ประวัติผู้เขียน

นางสาว พัชรา เพ็ชรรุ่งเรือง สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนศึกษานารี กรุงเทพมหานคร เมื่อปี พ.ศ. 2524 และ พ.ศ. 2526 ตามลำดับ จบการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมีอุตสาหกรรม จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2531

นางสาว นิตยา บุรณะตันติกุล สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนราชวินิตบางแก้ว ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดสมุทรปราการ เมื่อปี พ.ศ. 2524 และ พ.ศ. 2526 ตามลำดับ จบการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมีอุตสาหกรรม จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2531

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้