

ภาวะที่เหมาะสมในการคลอริเนตถุงมือยาง



นางสาวเอกอร ควชะกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีเทคนิค ภาควิชาเคมีเทคนิค  
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-333-476-9

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

OPTIMAL CONDITIONS ON CHLORINATION OF RUBBER GLOVES



MISS EKON KAVACHAKUL

สถาบันวิทยบริการ

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master Science in Chemical Technology

Department of Chemical Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 1999

ISBN 974-333-476-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ภาวะที่เหมาะสมในการคลอดถุงมียอยาง

โดย

นางสาวเอกอร ควชะกุล

ภาควิชา

เคมีเทคนิค

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร. ชูชาติ บารมี


อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม


นางวราภรณ์ ขจรไชยกูล

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

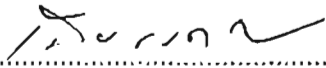
  
.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์  
(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย ไพฑิภัต)

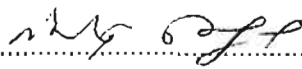
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
.....ประธานกรรมการ  
(ศาสตราจารย์ ดร. ภัทรพรรณ ประศาสน์สารกิจ)

  
.....อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ ดร. ชูชาติ บารมี)

  
.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(นางวราภรณ์ ขจรไชยกูล)

  
.....กรรมการ  
(อาจารย์ ดร. เพียรพรรค ทศคร)

  
.....กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ งามประเสริฐสิทธิ์)

เอกอร คุวชะกุล : ภาวะที่เหมาะสมในการคลอรีเนตถุงมือยาง(OPTIMAL CONDITIONS ON CHLORINATION OF RUBBER GLOVES) อ. ที่ปรึกษา : รศ. ดร. ชูชาติ บารมี,  
อ. ที่ปรึกษาร่วม : อ. วราภรณ์ ขจรไชยกุล , 85 หน้า. ISBN 974-333-476-9.

การคลอรีเนตถุงมือยางเป็นกระบวนการที่ทำให้ถุงมือสีน้ำตาล โดยนำถุงมือยางบ่มกับน้ำคลอรีน คลอรีนจะเข้าทำปฏิกิริยาที่ผิวถุงมือยางทำให้ถุงมือสีน้ำตาลโดยไม่ต้องใช้แป้งช่วยหล่อลื่นถุงมือ งานวิจัยนี้ ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการคลอรีเนตถุงมือยางทางการแพทย์ที่ได้คุณภาพตามข้อกำหนดของ มอก. 538-2540 (ถุงมือยางปราศจากเชื้อสำหรับการศัลยกรรมชนิดใช้ครั้งเดียว), มอก. 1056-2540 (ถุงมือยางสำหรับการตรวจโรคชนิดใช้ครั้งเดียว), ASTM D 3577-99 (ถุงมือยางสำหรับการศัลยกรรม) และ ASTM D 3578-99 (ถุงมือยางสำหรับการตรวจโรค) ถุงมือยางที่ใช้ในงานวิจัยนี้ผลิตขึ้นเองตามสูตรที่กำหนด ตัวแปรที่ใช้ศึกษาคือ อายุการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี (4, 5, 6 และ 7 วัน) ก่อนนำไปใช้จุ่มถุงมือ ความเข้มข้นของน้ำคลอรีน (ร้อยละ 0.05, 0.06 และ 0.07 โดยมวล) เวลาคลอรีนชัน (5, 10 และ 15 นาที) แล้วนำถุงมือที่ได้ศึกษาสมบัติด้านการดึงยาง, ลักษณะพื้นผิว, การเปลี่ยนสี, การเกาะติดกันของพื้นผิว และปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้

จากการศึกษาพบว่าภาวะที่เหมาะสมในการคลอรีเนตถุงมือยางคือ อายุการบ่มน้ำยาง 6-7 วัน ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนร้อยละ 0.07 โดยมวล และเวลาคลอรีนชัน 10 นาที ถุงมือที่ได้มีสมบัติดังนี้ พื้นผิวถุงมือไม่เหนียวติดกัน ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ลดลง และสมบัติด้านการดึงยางอยู่ในเกณฑ์ข้อกำหนดของมอก. 538-2540, มอก. 1056-2540, ASTM D 3577-99 และ ASTM D 3578-99

ภาควิชา เคมีเทคนิค  
สาขาวิชา เคมีเทคนิค  
ปีการศึกษา 2542

ลายมือชื่อนิสิิต ..... *เอกอร คุวชะกุล* .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ..... *[Signature]* .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ..... *[Signature]* .....

4072476023 : MAJOR CHEMICAL TECHNOLOGY

KEY WORD: CHLORINATION / GLOVE / POWDER – FREE.

EKON KAVACHAKUL : THESIS TITLE. OPTIMAL CONDITIONS ON CHLORINATION OF RUBBER GLOVES. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. SHOOSHAT BARAME, Ph.D. THESIS COADVISOR : VARAPORN KAJORNCHAIYAKUL, 85 pp. ISBN 974-333-476-9.

Chlorination of rubber gloves is normally used to enhance the smoothness of the surface. Chlorination process is based upon dipping rubber glove into a solution containing free Chlorine. The Chlorine will react with the glove surface, hence smoothness of the surface and powder free glove is obtained. The aim of this work is to find optimal chlorination conditions of rubber gloves which meet the requirement of TISI 538-2540, TISI 1056-2540, ASTM D 3577-99 and ASTM D 3578-99. The gloves of this study were produced from setting compounded latex formula. The experiment had been conducted by varying the maturation time of compounded latex at 4, 5, 6 and 7 day ; concentrations of Chlorine at 0.05, 0.06 and 0.07% by weight ; time of chlorination at 5, 10 and 15 minutes. The tensile properties, the glove surface, color changes, sticky of the glove surface and extractable protein content, were studied.

It was showed that optimal chlorination conditions of rubber gloves were compounded latex matured for 6 and 7 days ; concentrations of Chlorine was 0.07% by weight ; time of chlorination was 15 minutes. The results obtained were smoothness of the glove surface, decrease of extractable protein content and tensile properties met the requirement of TISI 538-2540, TISI 1056-2540, ASTM D 3577-99 and ASTM D 3578-99.



ภาควิชา เคมีเทคนิค  
สาขาวิชา เคมีเทคนิค  
ปีการศึกษา 2542

ลายมือชื่อนิสิต ..... *ชกฉง* *ดวช:ทล*  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ..... *[Signature]*  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ..... *[Signature]*

## กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ชูชาติ บารมี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และ อาจารย์ วราภรณ์ ขจรไชยกูล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้คำปรึกษา แนะนำและช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ บริษัท ด็อกเตอร์ บู จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านสารเคมีมาตลอด และขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่บุคลากรในสถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตรทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือ สารเคมี ในการทำวิจัยครั้งนี้ จนสามารถดำเนินการวิจัยได้ด้วยดีมาโดยตลอด และขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ในภาควิชาเคมีเทคนิค และผู้อยู่เบื้องหลังทุกท่านที่เป็นกำลังใจในการสนับสนุนช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด

เนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยของภาควิชาเคมีเทคนิค และบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา พี่ๆ ที่เป็นกำลังใจ ให้การช่วยเหลือและสนับสนุนเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา



## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
วัตถุประสงค์และขอบเขตงานวิจัย.....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้จากงานวิจัย.....	2
2 วารสารปริทัศน์.....	6
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับน้ำยางธรรมชาติ.....	6
น้ำยางข้น.....	12
สารเคมีที่ใช้กับน้ำยาง.....	15
การเตรียมสารเคมีที่ใช้กับน้ำยาง.....	18
กระบวนการผลิตถุงมือยาง.....	20
กระบวนการคลอรีเนตถุงมือยาง.....	23
โปรตีนในน้ำยางธรรมชาติ.....	26
โปรตีนกับอาการแพ้.....	28
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	29
สมมติฐานของงานวิจัย.....	32
3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	33
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	33
สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....	34
การดำเนินการวิจัย.....	36
4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล.....	42
5 สรุปผลการทดลอง.....	59
รายการอ้างอิง.....	62

ภาคผนวก.....	64
ประวัติผู้เขียน.....	85





สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
4.1	ระดับการคงรูปของน้ำยางผสมสารเคมี.....	42
4.2	การเปลี่ยนสีของถุงมืออย่างเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ เปรียบเทียบที่ความเข้มข้น ของน้ำคลอรีนต่างๆ.....	46
4.3	การเปลี่ยนสีของถุงมืออย่างเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ เปรียบเทียบที่เวลาในการ คลอรีเนตต่างๆ.....	51
4.4	สมบัติทางกายภาพด้านการดึงยางของถุงมือที่ภาวะไม่บ่มแรงของถุงมือที่ผลิต จากน้ำยางผสมสารเคมีที่บ่มไว้ 6 วัน.....	53
4.5	สมบัติทางกายภาพด้านการดึงยางของถุงมือที่ภาวะหลังบ่มแรงที่ 100 องศา เซลเซียส 22 ชั่วโมงของถุงมือที่ผลิตจากน้ำยางผสมสารเคมีที่บ่มไว้ 6 วัน.....	54
4.6	การเกาะติดกันของผิวถุงมืออย่างี่ผ่านการคลอรีเนตแล้วที่ภาวะต่างๆ.....	55
4.7	การเปรียบเทียบข้อกำหนดต่างๆกับสมบัติด้านการดึงยางที่ภาวะไม่บ่มแรงของถุง มือที่ผลิตจากน้ำยางผสมสารเคมีอายุ 6 วัน ผ่านการคลอรีเนตที่ภาวะที่เหมาะสม.....	57
4.8	การเปรียบเทียบข้อกำหนดต่างๆกับสมบัติด้านการดึงยางที่ภาวะหลังบ่มแรงที่ 100 องศาเซลเซียส 22 ชั่วโมง ของถุงมือที่ผลิตจากน้ำยางผสมสารเคมีอายุ 6 วัน ผ่านการคลอรีเนตที่ภาวะที่เหมาะสม.....	58
5.1	การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนและปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ของน้ำยาง ชั้นและน้ำยางผสมสารเคมี.....	60
ก.1	ข้อกำหนดคุณภาพมาตรฐาน ISO 2004 สำหรับน้ำยางชั้นจากการปั่น.....	65
ฉ.1	สมบัติทางกายภาพด้านการดึงยางของถุงมือที่ภาวะไม่บ่มแรงของถุงมือที่ไม่ผ่าน การคลอรีเนตกับถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตโดยใช้ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนร้อยละ 0.07 โดยมวล ที่อายุการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี และเวลาในการคลอรีเนต ต่างๆ.....	82
ฉ.2	สมบัติทางกายภาพด้านการดึงยางของถุงมือที่ภาวะหลังบ่มแรงที่ 100 องศา เซลเซียส 22 ชั่วโมง ของถุงมือที่ไม่ผ่านการคลอรีเนตกับถุงมือที่ผ่านการ คลอรีเนตโดยใช้ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนร้อยละ 0.07 โดยมวล ที่อายุการ บ่ม น้ำยางผสมสารเคมีและเวลาในการคลอรีเนตต่างๆ.....	83

## สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ฉ.3 สมบัติทางกายภาพด้านการตั้งยางของถุงมือที่ภาวะไม่บ่มเร่งของถุงมือที่ผลิต จากน้ำยางผสมสารเคมีที่บ่มไว้ 6 วัน.....	84
ฉ.4 สมบัติทางกายภาพด้านการตั้งยางของถุงมือที่ภาวะหลังบ่มเร่งที่ 100 องศา เซลเซียส 22 ชั่วโมงของถุงมือที่ผลิตจากน้ำยางผสมสารเคมีที่บ่มไว้ 6 วัน.....	84



## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 เปรียบเทียบปริมาณผลผลิตยางธรรมชาติที่ส่งออกต่างประเทศกับที่ใช้ภายในประเทศของประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2531-2541.....	3
1.2 มูลค่าการส่งออกถุงมือยางระหว่างปี พ.ศ. 2536-2541.....	4
1.3 สัดส่วนมูลค่าส่งออกผลิตภัณฑ์ต่างๆ ปี พ.ศ. 2541.....	5
2.1 ภาพหน้าตัดตามยาวของเครื่องปั่นน้ำยางชั้น.....	13
2.2 น้ำยางสดที่ผ่านการปั่นแยก.....	27
2.3 ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด และระดับการแพ้ของถุงมือทางการแพทย์ที่ทำจากน้ำยางธรรมชาติ 46 ตัวอย่าง.....	31
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติด้านกายภาพด้านการดึงยางกับอายุการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีที่ภาวะไม่บ่มแรงและหลังบ่มแรงที่ 100 องศาเซลเซียส 22 ชั่วโมงของถุงมือยางที่ไม่ผ่านการคลอรีเนตกับถุงมือยางที่ผ่านการคลอรีเนตโดยใช้ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนร้อยละ 0.07 โดยมีผล ที่เวลาในการคลอรีเนตต่างๆ โดย (a) ความต้านแรงดึง, (b) ความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 300, (c) ความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 500 และ(d) ความยืดเมื่อขาด.....	43
4.2 ปฏิกริยาการเปลี่ยนแปลงของถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตเมื่อได้รับความร้อนสูง.....	44
4.3 พื้นผิวของถุงมือยางที่ขยายผ่านกลังจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด ขนาดกำลังขยาย 2000 เท่า โดย (a)ถุงมือที่ไม่ผ่านการคลอรีเนต, (b)ถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตที่ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนร้อยละ 0.06 โดยมีผลและเวลาในการคลอรีเนต 15 นาที และ (c)ถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตที่ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนร้อยละ 0.07 โดยมีผลและเวลาในการคลอรีเนต 15 นาที .....	47
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติด้านการดึงยางกับความเข้มข้นของน้ำคลอรีนที่ภาวะไม่บ่มแรงและหลังบ่มแรงที่ 100 องศาเซลเซียส 22 ชั่วโมงของถุงมือยางที่ไม่ผ่านการคลอรีเนตและถุงมือยางที่ผ่านการคลอรีเนตที่เวลาในการคลอรีเนตต่างๆ โดย (a) ความต้านแรงดึง, (b) ความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 300, (c) ความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 500 และ(d) ความยืดเมื่อขาด.....	49

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.5	52
<p>พื้นผิวของถุงมืออย่างที่ขยายผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด ขนาดกำลังขยาย 2000 เท่า โดย (a)ถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตที่ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนร้อยละ 0.07 โดยมวลและเวลาในการคลอรีเนต 10 นาที และ (b)ถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตที่ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนร้อยละ 0.07 โดยมวลและเวลาในการคลอรีเนต 15 นาที.....</p>	





นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534 ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตยางธรรมชาติและส่งออกในรูปของยางดิบมากที่สุด โดยมีแนวโน้มที่จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปีดังแสดงในรูปที่ 1.1<sup>1</sup> ปริมาณการส่งออกอยู่ในระดับ ร้อยละ 90 ของปริมาณที่ผลิตได้ ที่เหลือร้อยละ 10 ใช้เป็นวัตถุดิบของอุตสาหกรรมภายในประเทศเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในประเทศและส่งออกต่างประเทศ ผลิตภัณฑ์ส่งออกที่มีมูลค่าสูงสุดตามรายงานของศูนย์สถิติการพาณิชย์ คือ ผลิตภัณฑ์ถุงมือยาง ดังแสดงในรูปที่ 1.2<sup>1</sup> และ 1.3<sup>1</sup> ซึ่งในปี 2540 มีมูลค่าการส่งออกถึง 8,609 ล้านบาท และในปี 2541 มีมูลค่าการส่งออกถึง 12,847.84 ล้านบาท จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ถุงมือยางนั้นทำรายได้ให้แก่ประเทศไทยอย่างมาก แต่อย่างไรก็ตามการแข่งขันทางเศรษฐกิจในปัจจุบันได้เพิ่มสูงขึ้น จึงจำเป็นที่จะต้องศึกษาวิธีการที่จะผลิตถุงมือตามตลาดต่างประเทศต้องการ และควรเป็นวิธีการที่มีต้นทุนต่ำมิฉะนั้นจะไม่สามารถผลิตสินค้าออกไปแข่งขันกับต่างประเทศผู้ผลิตรายอื่นซึ่งได้มีการค้นคว้าพัฒนาก้าวหน้าไปไกลมากกว่า

ปัจจุบันถุงมือประเภทที่ไม่มีแป้งกำลังเป็นที่ต้องการของตลาดอย่างมาก เนื่องจากในโรงงานอุตสาหกรรมบางชนิด เช่น โรงงานผลิตอาหาร โรงงานด้านอิเล็กทรอนิกส์ และถุงมือทางการแพทย์ มีความจำเป็นต้องควบคุมความสะอาดของผลิตภัณฑ์เป็นพิเศษซึ่งถ้าใช้ถุงมือที่มีฝุ่นแป้งอาจทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่สะอาดพอ หรือได้ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ตามมาตรฐานกำหนด และอาจทำให้เกิดผลเสียต่ออุปกรณ์บางอย่างได้ วิธีการผลิตถุงมือประเภทไม่มีแป้ง วิธีการหนึ่งคือกระบวนการคลอรีเนตถุงมือยาง (chlorination of gloves) เป็นกระบวนการที่ทำให้ผิวถุงมือลื่นอย่างถาวร เป็นวิธีที่สะดวก ต้นทุนต่ำ และยังสามารถลดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้<sup>8</sup> ซึ่งนับเป็นข้อดีของการคลอรีเนตถุงมือยาง เนื่องจากมีรายงานการแพ้โปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยางของบุคคลากรในโรงพยาบาลต่างประเทศ ทำให้หลายประเทศพยายามที่จะกำหนดมาตรฐานเกี่ยวกับปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติ แต่ถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตแล้วนั้นมักพบปัญหาที่เกิดกับถุงมือเสมอ<sup>11</sup> เช่น ถุงมือมีสีคล้ำไม่น่าใช้, ถุงมือเปลี่ยนสีเร็วมากเมื่อเก็บไว้, ถุงมือมีลักษณะเหนียว เป็นต้น ดังนั้นถ้าสามารถทราบถึงสาเหตุต่างๆ ที่มีผลต่อคุณภาพถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตแล้วจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งแก่อุตสาหกรรมถุงมือยางที่จะสามารถแข่งขันกับผู้ผลิตประเทศต่างๆ และสามารถได้รับการยอมรับจากลูกค้าหรือผู้ใช้ทั่วไป อีกทั้งยังสามารถเป็น

แนวทางในการผลิตถุงมือยางที่ได้มาตรฐาน มีต้นทุนการผลิตต่ำ และมีการสูญเสียน้อยเป็นสินค้าที่ทุกคนมีความเชื่อมั่นในคุณภาพ

#### วัตถุประสงค์และขอบเขตงานวิจัย

เพื่อศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการคลอรีนตุงมือยาง ที่ได้ตามข้อกำหนดของ มอก. 538-2540, มอก. 1056-2540, ASTM D 3577-99 และ ASTM D 3578-99

1) หาขั้นตอนของกระบวนการคลอรีนตุงมือยางที่เหมาะสม

2) หาความเข้มข้นของน้ำคลอรีน :

ศึกษาความเข้มข้นของน้ำคลอรีนที่ ร้อยละ 0.05 0.06 และ 0.07 โดยมวล

3) หาเวลาที่ใช้คลอรีนชั้น :

ศึกษาเวลาที่ใช้ในการคลอรีนตุงมือยางที่ 5 10 และ 15 นาที

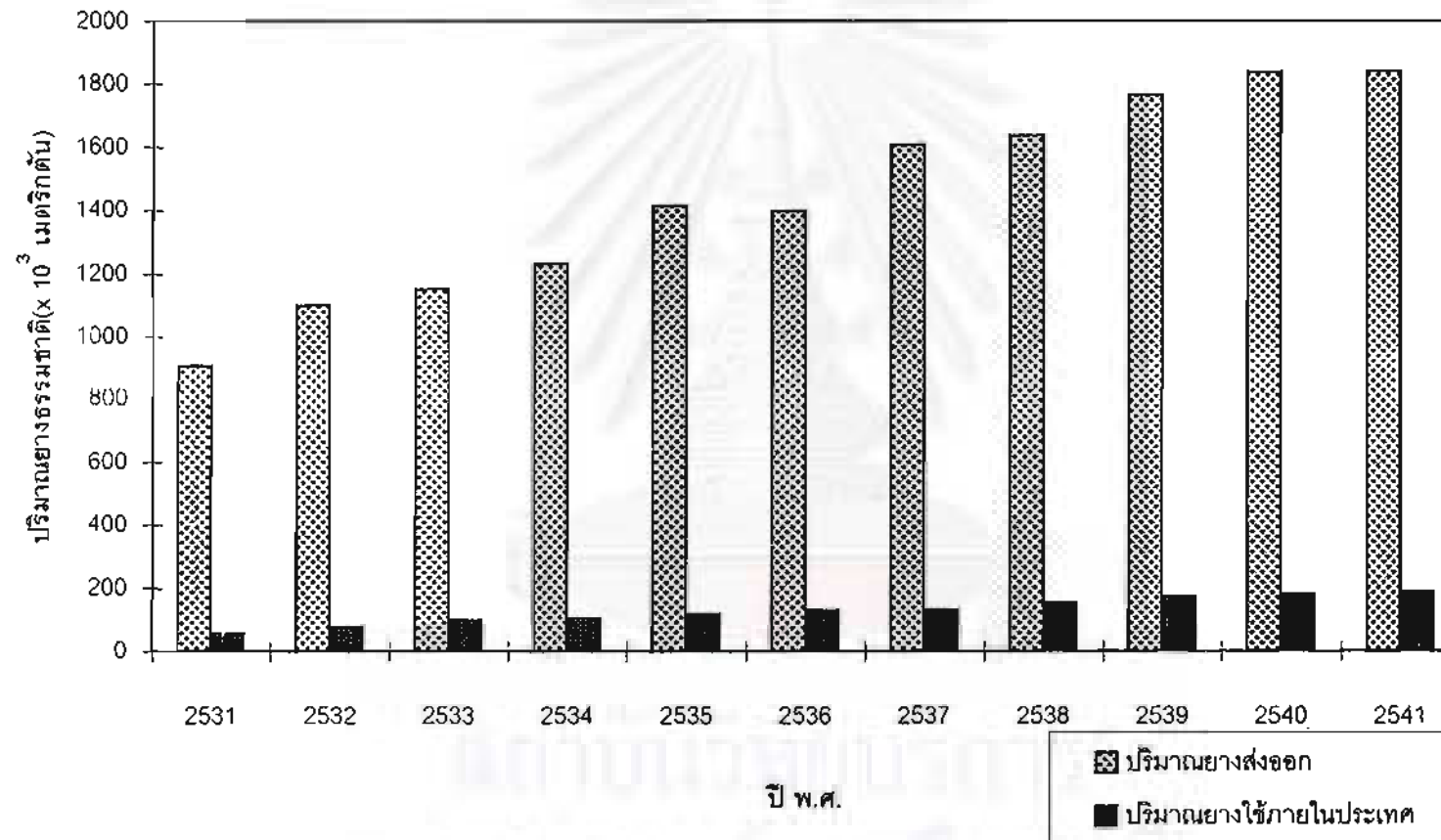
4) อายุการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี (compounded latex) :

ศึกษาอายุในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีที่ 4 5 6 และ 7 วัน

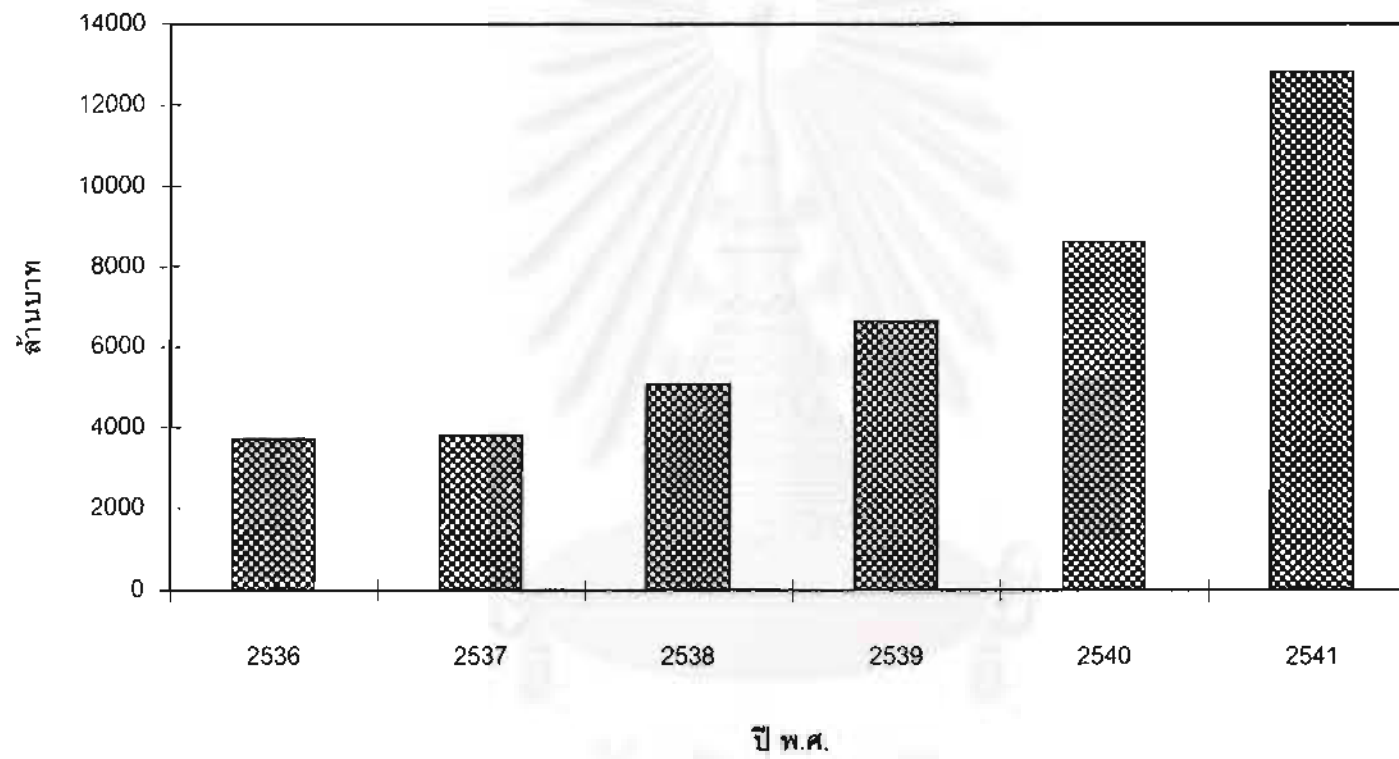
#### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1) ได้ข้อมูลและแนวทางในการผลิตถุงมือยางชนิดที่ไม่มีแป้ง และมีปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ต่ำ อีกวิธีหนึ่ง

2) ได้วิธีการที่สามารถนำไปใช้ส่งเสริมให้มีการใช้น้ำยางชั้นซึ่งเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ผลิตในประเทศให้ได้มูลค่าเพิ่มสูงสุดอันเป็นผลดีต่อเกษตรกรที่ทำสวนยางและต่อเศรษฐกิจของประเทศ

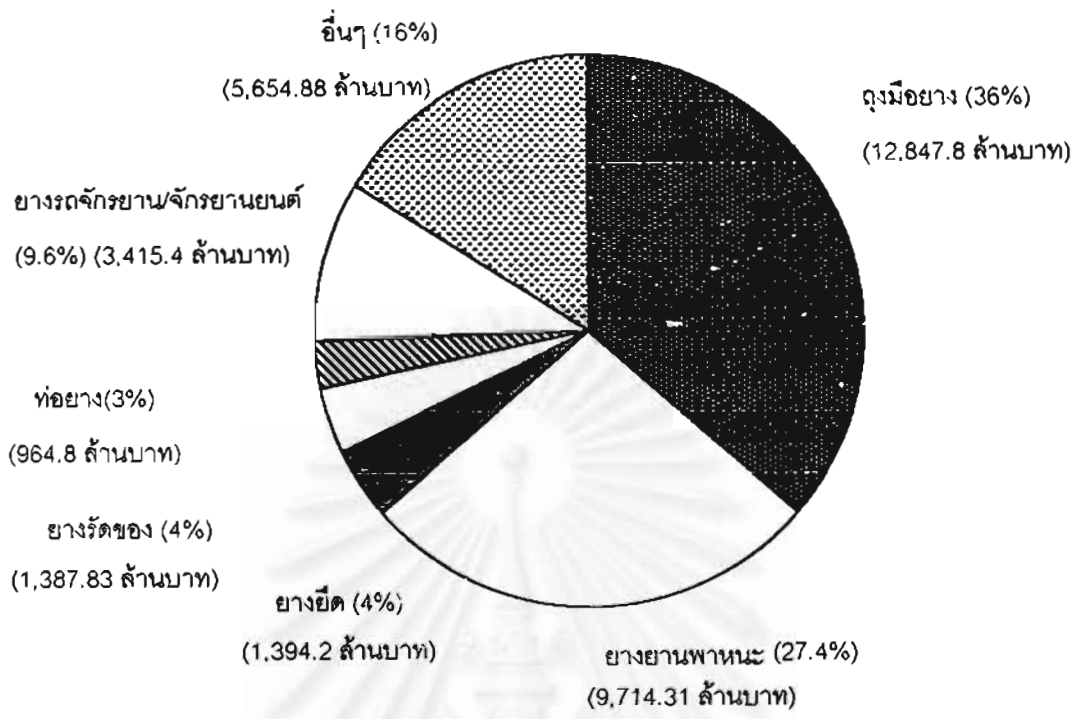


รูปที่ 1.1 เปรียบเทียบปริมาณผลผลิตyangธรรมชาติที่ส่งออกต่างประเทศกับที่ใช้ภายในประเทศของประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2531-2541



รูปที่ 1.2 มูลค่าการส่งออกถุงมือยาง ระหว่างปี พ.ศ. 2536-2541





รูปที่ 1.3 สัดส่วนมูลค่าส่งออกผลิตภัณฑ์ต่างๆ ปี พ.ศ. 2541

## บทที่ 2

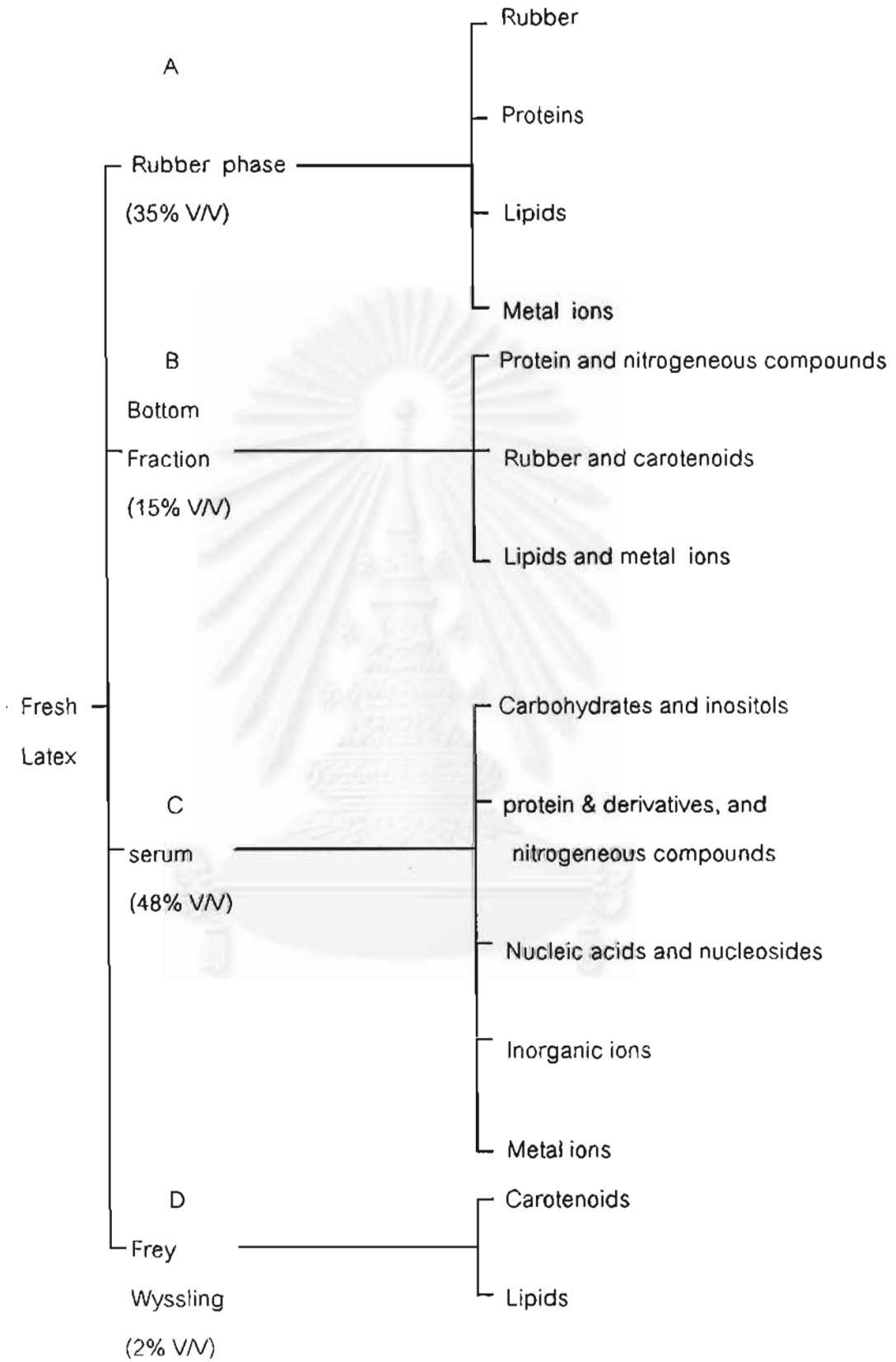
### วารสารปริทัศน์

#### 1) ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับน้ำยางธรรมชาติ<sup>2,3</sup>

##### 1.1) สมบัติและส่วนประกอบของน้ำยางสด

น้ำยางสด หมายถึง น้ำยางธรรมชาติที่กรีดยได้จากต้นยางพารา (*Hevea brasiliensis*) มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวคล้ายนม มีความหนาแน่นระหว่าง 0.975 - 0.98 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีความเป็นกรด - เบส (pH) 6.5 - 7 ของเหลวนี้ประกอบด้วยส่วนที่เป็นอนุภาคกลมเล็กๆของพอลิเมอร์ยาง (เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.1 - 5 ไมครอน) จะเป็น disperse phase แขนงลอยกระจายอยู่ในตัวกลางที่เป็นน้ำ (dispersion medium) อาจเรียกดัวกลางที่เป็นน้ำว่า ซีรัม (serum)

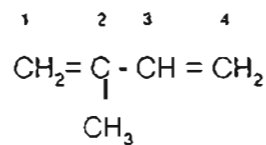
น้ำยางจัดอยู่ในระบบคอลลอยด์ประเภท hydrosol คือ อนุภาคยางที่อยู่ใน disperse phase เป็นของแข็ง ตัวทำละลายหรือตัวกลางเป็นของเหลวที่เป็นน้ำ น้ำยางอยู่ในระบบคอลลอยด์ที่ค่อนข้างซับซ้อน น้ำยางสดธรรมชาติที่ได้จากการกรีดยางพารา มีองค์ประกอบที่สำคัญ 4 ส่วนคือ



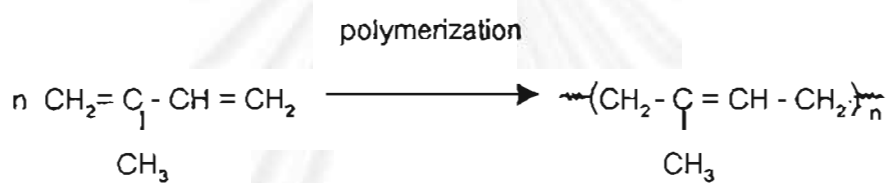
เมื่อพิจารณาจากองค์ประกอบของน้ำยางที่มีทั้งยาง และสารที่ไม่ใช่ยางมากมายหลายชนิดซึ่งองค์ประกอบของน้ำยางนั้นจะมีความแปรปรวนอย่างกว้างขวาง และมีสาเหตุกระทบหลายประการด้วยกัน เช่น พันธุ์ยาง อายุยาง ฤดูกาลกรีดยาง และวิธีการกรีดยาง อาจแบ่งส่วนประกอบของน้ำยางอย่างกว้างๆ ได้ 2 ส่วนคือ

1.1.1) ส่วนที่เป็นยาง (dry rubber content, DRC) ประกอบด้วยสารประกอบอินทรีย์จำพวกไฮโดรคาร์บอนอันเป็นหน่วยของไอโซพรีน (isoprene) ที่เชื่อมโยงต่อกันประมาณ 2000 - 5000 หน่วยต่อ 1 ไมลิกุล

(C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>) isoprene unit ของยางธรรมชาติ เขียนสูตรโครงสร้างดังนี้

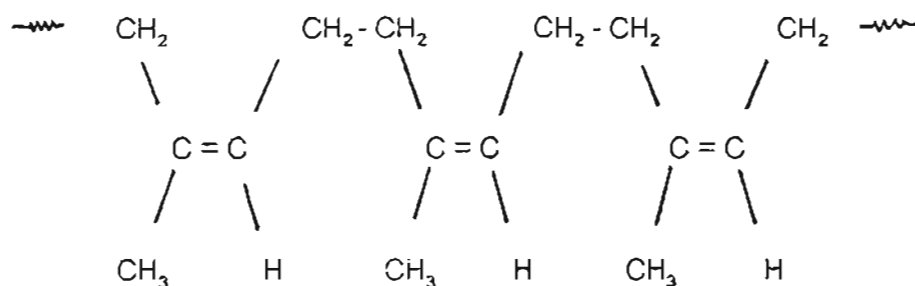


แต่ละมอโนเมอร์ ชื่อ 2 methyl - 1,3 - butadiene เมื่อเกิดกระบวนการ polymerization จะต่อกันที่ซ้ำกันให้เป็นโซ่ยาวดังนี้



n คือจำนวนมอโนเมอร์ในโซ่ยาวของพอลิเมอร์ เรียกว่า degree of polymerization จากสูตรโครงสร้างของ isoprene จะเห็นว่าพันธะคู่อยู่ที่ตำแหน่งระหว่างคาร์บอน 1,2 และ 3,4 ดังนั้น การเชื่อมอณูเข้าด้วยกันในกระบวนการ polymerization ก็จะทำให้ตำแหน่งคาร์บอน 1,4 หรือ 1,2 หรือ 3,4 แต่ในยางธรรมชาติจะพบการต่ออณูแบบ cis-1,4 polyisoprene มากที่สุดถึง 99%

การต่ออณูแบบ cis-1,4 configuration จะมีลักษณะดังนี้



1.1.2) ส่วนที่ไม่ใช่ยาง (non rubber content) ส่วนนี้เป็นส่วนประกอบอื่นๆทั้งหมดที่ไม่ใช่ยาง มีสารประกอบต่างๆ หลายชนิด เช่น น้ำตาล โปรตีน ไขมัน คาโรทีนอยด์

เกลือแร่ เอนไซม์ และสารประกอบไนโตรเจน เป็นต้น โปรตีนและไขมันส่วนใหญ่จะดูดซับอยู่บนผิวอนุภาคยาง ทำหน้าที่ห่อหุ้มอนุภาคยางไว้ ช่วยรักษาสภาพความคงตัวของน้ำยางขณะที่อยู่ในท่อน้ำยาง ให้อยู่ในสภาพแขวนลอยและบางส่วนละลายอยู่ในน้ำ

### ตัวอย่างส่วนประกอบของน้ำยางสด

	เปอร์เซ็นต์
ของแข็งทั้งหมด (total solid content, TSC)	36
เนื้อยางแห้ง (dry rubber content, DRC)	33
โปรตีน	1-1.5
เรซิน	1-2.5
เถ้า (สูงถึง)	1
น้ำตาล	1
น้ำ (ในปริมาณที่รวมแล้วเป็น)	100

ปริมาณเนื้อยางของน้ำยางธรรมชาติอาจแปรปรวนตั้งแต่ 25-45% ปริมาณความแตกต่างระหว่างปริมาณที่เป็นของแข็งทั้งหมดในน้ำยางกับปริมาณเนื้อยางแห้งประมาณ 3% แต่ถ้าในกรณีของน้ำยางที่ปั่นทำให้ขึ้นแล้ว ความแตกต่างดังกล่าวลดเหลือประมาณ 1.5% เท่านั้น

### 1.2) การรักษาสภาพของน้ำยางสด

1.2.1) ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความคงสถานะของเหลวของน้ำยางมี 2 ประการ คือ

1.2.1.1) โปรตีน ส่วนหนึ่งของโปรตีนนี้จะดูดซึมอยู่รอบผิวของอนุภาคยาง/ฟอรัมชั้นห่อหุ้ม (hydrated protein envelope) อนุภาคยางไว้ ชั้นห่อหุ้มนี้มีความสำคัญต่อสถานะความคงตัวเป็นของเหลวของน้ำยางเพราะชั้นโปรตีนนี้จะป้องกันไม่ให้แต่ละอนุภาคยางรวมกัน อนึ่งเมื่อมีการสูญเสียน้ำ (dehydrated) ในชั้นของโปรตีนที่ห่อหุ้มอนุภาคยางอยู่ซึ่งอาจเกิดขึ้นโดยการเติมแอลกอฮอล์หรือสารบางอย่างลงในน้ำยาง น้ำยางจะสูญเสียความคงตัวและเกิดการรวมของอนุภาคยางจับตัวเป็นก้อนโคแอกกูลัม (coagulum)

1.2.1.2) ประจุไฟฟ้าลรอบๆอนุภาคยางซึ่งจะก่อให้เกิดแรงผลักระหว่างอนุภาค ช่วยรักษาสถานะการกระจายของอนุภาคยาง (dispersion) ทำให้น้ำยางเป็นของเหลวอยู่ได้ ถ้าหากเกิดผลกระทบกระเทือนที่ทำให้ประจุไฟฟ้าลดลง อนุภาคยางก็จะรวมกัน

ทำให้ขนาดอนุภาคใหญ่ขึ้น การเคลื่อนย้ายการจัดกระจายของอนุภาคก็จะค่อยๆลดลงจนในที่สุดจะเกิดเป็นก้อนโคแอกกูลัม ในทางตรงกันข้าม ถ้าหากประจุไฟฟ้าลบที่อนุภาคยางเพิ่มขึ้นความคงสถานะเป็นน้ำยางก็จะเพิ่มขึ้น

#### 1.2.2) สารเคมีรักษาสภาพน้ำยาง

เนื่องจากในน้ำยางมีสารประกอบพวกน้ำตาลที่เป็นอาหารของแบคทีเรียและยีสต์ ดังนั้นพื้นที่ที่น้ำยางไหลออกจากต้นยาง แบคทีเรียในอากาศบนรอยกรีดยาง เปลือกต้นยาง และในถ้วยรับน้ำยางจะลงปะปนกับน้ำยาง ทำให้เกิดการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นสารพวกกรด น้ำยางสดตอนไหลออกจากต้นเดิมมีสถานะเป็นเบสก็จะถูกเปลี่ยนสถานะเป็นกรดหากไม่มีการเติมสารเคมีรักษาน้ำยาง (preservatives) สภาพความเป็นกรดจะทำลายชั้นโปรตีนที่ห่อหุ้มอนุภาคยางอยู่ ทำให้น้ำยางเสียความคงสถานะเป็นของเหลวจะหนืดขึ้น และจับตัวเป็นเม็ดเล็กๆที่เรียกว่า “ เม็ดพริก ” มีกลิ่นเหม็นของสารบูดเน่าภายในเวลาเพียงไม่กี่ชั่วโมงนับจากไหลออกจากต้นยาง การจับตัวดังกล่าวเรียกว่า “ การจับตัวที่เกิดเองตามธรรมชาติ ” (natural or spontaneous coagulation) ซึ่งจะเกิดช้าหรือเร็วเพียงใดขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น สภาพแวดล้อม/อุณหภูมิ และสมบัติความคงตัวของน้ำยางแต่ละพันธุ์ เป็นต้น อย่างไรก็ตามเมื่อน้ำยางเกิดการเสียสถานะความคงตัวเป็นของเหลวไปแล้วก็จะเกิดการแยกส่วนเป็นก้อนโคแอกกูลัม กับส่วนที่เป็นน้ำ คือซีรัม และมีกลิ่นบูดเหม็น ดังนั้นเพื่อป้องกันมิให้น้ำยางจับเป็นก้อนก่อนเวลาที่ต้องการหรือเพื่อให้ น้ำยางอยู่ในสภาพของเหลวตามที่ต้องการจึงจำเป็นต้องเติมสารเคมีรักษาสภาพของน้ำยาง

สารเคมีที่ใช้ในการรักษาสภาพน้ำยาง (preservative) ควรจะมีสมบัติดังนี้

- มีประสิทธิภาพในการทำลาย หรือกีดขวางปฏิกิริยาของแบคทีเรียได้
- ควรส่งเสริมสถานะการเป็นสารคอลลอยด์ของน้ำยาง โดยการเพิ่มประจุและเพิ่มพลังงานระหว่างอนุภาคยางกับส่วนที่เป็นน้ำ (rubber - water interface)
- ควรมีสภาพเป็นเบส เพื่อเพิ่ม pH ให้แก่น้ำยาง เนื่องจากในขณะที่น้ำยางออกจากต้นยางชั้นของสารโปรตีนที่ห่อหุ้มอนุภาคยางอยู่มีฤทธิ์เป็นเบส
- ควรเป็นสารที่ไม่ทำให้อนุผลของโลหะหนักเกิดการไวต่อปฏิกิริยาด้วยเหตุผล 2 ประการคือ ประการแรก อนุผลของโลหะเป็นตัวการสำคัญในการเจริญอยู่ได้ของพวกแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุให้น้ำยางจับตัว และประการสอง อนุผลโลหะหนักโดยเฉพาะอนุผลของแมงกานีสเชื่อมก่อให้เกิดการเสีสภาพของน้ำยาง
- สามารถระงับการทำงานของเอนไซม์ที่มีอยู่ในน้ำยาง
- ไม่เป็นพิษทั้งต่อคนและเนื้อยาง ไม่ควรทำให้สีของน้ำยางหรือสีของยางที่แห้งแล้วเปลี่ยนแปลง ไม่ควรมีกลิ่นรุนแรง และไม่ควรก่อให้เกิดปัญหายุ่งยากต่อกระบวนการผลิต

- มีราคาถูก และขนย้ายได้สะดวก

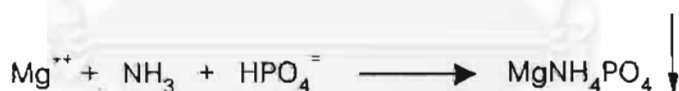
สารเคมีที่นิยมใช้รักษาสภาพน้ำอย่าง อาจแบ่งได้เป็น 3 จำพวกคือ

#### 1.2.2.1) แอมโมเนีย

แอมโมเนียถือเป็นสารมาตรฐานสำหรับรักษาสภาพน้ำอย่าง ซึ่งในการผลิตน้ำอย่างชั้น แอมโมเนียถูกใช้ในทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิต ปริมาณประมาณ 0.2% แอมโมเนียต่อน้ำ หนักยาง พอเพียงที่จะรักษาสภาพน้ำอย่างใช้ได้ในระยะเวลาระหว่างสั้น(ประมาณ 1-3 วัน หลังกรีต) และปริมาณประมาณ 0.7%แอมโมเนียต่อน้ำหนักยาง พอเพียงที่จะรักษาสภาพน้ำอย่างไว้ในช่วงเวลายาวนาน(เป็นเวลาหลายเดือน)

หน้าที่ของแอมโมเนียที่เติมลงในน้ำอย่าง มีดังต่อไปนี้

- ทำหน้าที่เป็นตัวทำลายแบคทีเรีย แอมโมเนียจะให้ประสิทธิภาพในการทำลายแบคทีเรียได้ดีมากถ้าหากเติมลงในน้ำอย่างในปริมาณเกินกว่า 0.35%ต่อน้ำหนักยางทันทีที่ถูกกรีตออกจากต้น
- แอมโมเนียเป็นเบส จึงช่วยส่งเสริมความเป็นเบสของซีรัมทำให้คงสถานะเป็นน้ำยางอยู่ได้
- แอมโมเนียจะตกตะกอนอนุมูลของโลหะ แอมโมเนียสามารถหยุดปฏิกิริยาอนุมูลของโลหะบางชนิดได้โดยเกิดเป็นแอมมีน (ammine) เกิดตะกอนไฮโดรเปอร์ออกไซด์ที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble hydroperoxides) กับพวกอนุมูลของแมกนีเซียม และแอมโมเนียยังทำให้เกิดตะกอนแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟต เมื่ออนุมูลฟอสเฟตอยู่ในน้ำอย่าง :



ตะกอนที่เกิดขึ้นนี้ จะตกอยู่ก้นถังน้ำอย่างในรูปของตะกอน (sludge) ที่รวมเอาพวกดิน ทราย สิ่งสกปรกพวกเปลือกไม้ใบไม้ตกตะกอนลงไปด้วย

- แอมโมเนียจะก่อร่างเป็นสนุ่ของแอมโมเนียม โดยรวมตัวกับกรดไขมันที่ได้จากการไฮโดรไลซ์สารพวกไขมันสดแอมโมเนียมมีสมบัติช่วยรักษาความคงตัวของน้ำยาง
- แอมโมเนียไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ (นอกจากการสูดไอแอมโมเนียเข้าไปมากหรือนอกจากผิวหนังถูกสารละลายแอมโมเนียเข้มข้น) แอมโมเนียเป็นสารระเหยง่ายจึงกำจัดออกได้ง่ายเมื่อต้องการกำจัด และไม่เหลือตกค้างอยู่ในเนื้อยาง และแอมโมเนียไม่ก่อให้เกิดสีในน้ำยางหรือในยางที่แห้งแล้วมากนัก อย่างไรก็ตามแอมโมเนียมีข้อเสียคือมีกลิ่นฉุนรุนแรง และเนื่องจากการเก็บแอมโมเนียไม่สะดวกนักจึงเป็นผลให้แอมโมเนียมีราคาแพง นอกจากนี้แอมโมเนียก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับกระบวนการผลิตบางอย่าง เช่น ก่อให้เกิดลักษณะคริมแข็ง (thickening) เมื่อมี

การเติมพวกซิงค์ออกไซด์ในกระบวนการผลิต และแอมโมเนียยังขัดขวางการเกิดเจล (gelation) ของน้ำยางแบบที่ใช้สารโซเดียมซิติโคฟลูออไรด์ จึงเกิดความจำเป็นต้องลดปริมาณแอมโมเนียให้ต่ำกว่าก่อนหน้าการผลิตยางฟองน้ำโดยกระบวนการซิติโคฟลูออไรด์ วิธีที่นิยมใส่แอมโมเนียคือวิธีระบายอากาศ(aeration)

#### 1.2.2.2) แอมโมเนียร่วมกับสารอื่น

สารช่วยซึ่งเป็น secondary preservative ที่ใช้ร่วมกับแอมโมเนีย เช่น tetramethylthiuram disulphide(TMTD) ร่วมกับ ZnO เป็น (TZ) , boric acid( $H_3BO_3$ ) , zinc diethyl dithiocarbamate(ZEDC) เป็นต้น โดยจะใช้ร่วมกับแอมโมเนียเมื่อจะผลิตน้ำยางชั้นชนิดที่มีแอมโมเนียต่ำ (low ammonia)

#### 1.2.2.3) สารเคมีอื่นๆ

สารเคมีอื่นๆ ได้แก่ การใช้ฟอร์มาลดีไฮด์และตามด้วยแอมโมเนีย, โซเดียมซัลไฟด์, โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์, สารปฏิชีวนะ (antibiotic) เป็นต้น

## 2) น้ำยางชั้น<sup>2</sup>

### 2.1) วิธีผลิตน้ำยางชั้น

น้ำยางชั้น คือ น้ำยางที่เอาส่วนที่เป็นของเหลว (ซีรัม) ซึ่งมีสารจำพวกไม่ใชยาง (non rubber constituents) อยู่ด้วยออกไปจากน้ำยาง เพื่อให้ได้ส่วนที่เป็นครีม หรือส่วนที่ข้น (concentrate) ของน้ำยาง จะได้น้ำยางที่มีปริมาณเนื้อยางแห้งสูงถึง 60% เนื่องจากน้ำยางสดโดยปกติจะมีปริมาณเนื้อยางแห้งระหว่าง 25-45% (เฉลี่ย 35% โดยประมาณ) และมีส่วนที่ไม่ใช่ยางประมาณ 5% นอกจากนั้นเป็นน้ำ ดังนั้นจึงไม่เป็นการประหยัดที่จะต้องทำการขนย้ายน้ำยางสดจากสวนไปสู่โรงงานที่ต้องการ การขนย้ายน้ำยางในสถานะเข้มข้น 60% นี้ย่อมประหยัดและได้เปรียบกว่า หนึ่งกรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง เช่น การผลิตยางฟองน้ำ (latex foam process) ต้องใช้น้ำยางที่มีเนื้อยางอย่างน้อย 60% นอกจากนี้ น้ำยางชั้นจะให้ผลผลิตที่มีคุณภาพสม่ำเสมอดีกว่าเมื่อนำน้ำยางสด ทั้งนี้เพราะสารพวกที่ไม่ใช่ยางบางส่วนได้ถูกแยกออกจากน้ำยางระหว่างกรรมวิธีการทำน้ำยางชั้น

กรรมวิธีในการผลิตน้ำยางชั้น มีหลายวิธีคือ

2.1.1) วิธีระเหยน้ำ (evaporation)

2.1.2) วิธีทำให้เกิดครีม (creaming)

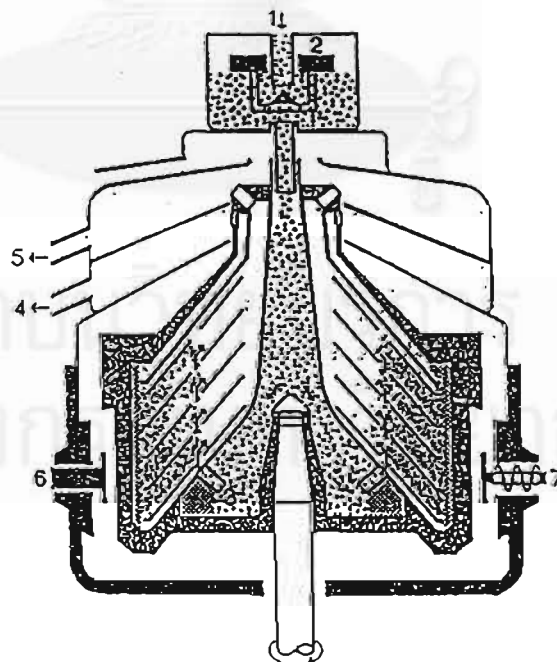
2.1.3) วิธีแยกด้วยไฟฟ้า (electrodecantation)



#### 2.1.4) วิธีการปั่น (centrifugation)

วิธีการปั่นเป็นวิธีที่นิยมที่สุดในการผลิตทางด้านการค้าประมาณกว่า 90% ของการผลิตน้ำยางข้นจะได้จากวิธีการปั่นนี้ส่วนวิธีอื่นๆ เป็นวิธีที่ค่อนข้างยุ่งยาก สิ้นเปลืองเวลา และต้นทุนสูง จึงไม่นิยมผลิตในเชิงการค้า หลักการของวิธีการปั่น คือ น้ำยางธรรมชาติเป็นสารผสมที่จัดอยู่ในระบบ คอลลอยด์ ที่ประกอบด้วยอนุภาคยางแขวนลอยกระจัดกระจายอยู่ในซีรัม อนุภาคยางเหล่านี้มีการเคลื่อนไหวแบบ Brownian และเนื่องจากอนุภาคยางเบากว่าซีรัม ดังนั้นอนุภาคยางจึงมีแนวโน้มที่จะลอยตัวสู่วิห่น้ำของน้ำยาง อัตราการเคลื่อนที่ของอนุภาคยางขึ้นกับแรงดึงดูดของโลก ฉะนั้นการปั่น ซึ่งสามารถจะเพิ่มแรงดึงดูดได้เป็น 2,000 ถึง 3,000 เท่าของแรงดึงดูดของโลก จึงสามารถเร่งการเคลื่อนที่ของอนุภาคยางได้ จากหลักการนี้จึงได้ถูกนำมาพิจารณาสร้างเครื่องปั่นน้ำยางเพื่อการผลิตน้ำยางข้น

เครื่องผลิตน้ำยางข้น ผลิตจำหน่ายโดยหลายบริษัท ได้แก่ บริษัท Alfa-Laval ประเทศสวีเดน บริษัท Westfalia Separatro Co., ประเทศเยอรมัน และอีกสองบริษัทในประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน เป็นต้น รูปที่ 2.1<sup>2</sup> แสดงลักษณะหน้าตัดภายในของถังปั่นแบบ Alfa-Laval (รุ่น LRH 410)



รูปที่ 2.1 ภาพหน้าตัดตามยาวของเครื่องปั่นน้ำยางข้น

น้ำยางจะไหลเข้าทาง (1) ซึ่งอยู่ส่วนบนสุดของตัวเครื่อง ระดับของน้ำยางจะปรับให้คงที่โดย (2) น้ำยางไหลโดยแรงโน้มถ่วง (gravity) ไปที่จุดกลางของถังปั่นและแรงปั่นของเครื่องจะปั่นให้น้ำยางไหลไปตามรูของชุดของจานแยก (3) จากนั้นน้ำยางจะถูกแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่มีน้ำหนัก (heavy phase) คือหางน้ำยาง (skim) ไหลออกสู่อบนอกของถังปั่นและไปตามทางด้านบนของถังผ่านสกรู ปรับสู่ที่เก็บแยกหางน้ำยาง (4) ส่วนชั้นของน้ำยาง (concentrate or cream) ซึ่งเป็นส่วนที่มีเนื้อยางจะไหลเข้าสู่กลางถังปั่นไปยังด้านบนถังเข้าสู่ที่เก็บ (5)

ปกติน้ำยางชั้นที่ได้จากเครื่องปั่นจะมีความเข้มข้นประมาณ 60% เนื้อยางแห้ง เครื่องปั่นน้ำยางขนาดเล็กๆ สามารถแยกน้ำยางสดได้ประมาณ 15 ลิตร/ชั่วโมง และเครื่องขนาดใหญ่ (ขนาดใช้ในโรงงาน) แยกน้ำยางสดได้ 400-600 ลิตร/ชั่วโมง และปกติการเดินเครื่องปั่นจะสามารถเดินติดต่อกันได้อย่างมากครั้งละไม่เกิน 3 ชั่วโมง เพราะจำต้องหยุดเครื่องเพื่อทำความสะอาดล้างพวกตม (sludge) ที่ติดอยู่ในเครื่อง

## 2.2) การรักษาสภาพน้ำยางชั้น

น้ำยางชั้นที่ผลิตได้จะต้องเติม หรือปรับแอมโมเนียรักษาสภาพน้ำยาง ปกติมีวิธีการรักษาน้ำยางชั้น 2 วิธี คือ

2.2.1) รักษาด้วยปริมาณแอมโมเนียมาก ประมาณ 0.7 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักน้ำยาง เรียกน้ำยางชนิดนี้ว่า HA (high ammonia)

2.2.2) รักษาด้วยปริมาณแอมโมเนียน้อย ประมาณ 0.2 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักน้ำยาง และมีสารช่วยบางชนิด TMTD/ZnO เรียกน้ำยางชนิดนี้ว่า LA (low ammonia)

## 2.3) สมบัติน้ำยางชั้น

สมบัติที่ใช้ระบุน้ำยางชั้น คือ

2.3.1) ปริมาณสารของแข็งทั้งหมด (total solid content, TSC)

2.3.2) ปริมาณเนื้อยางแห้ง (dry rubber content, DRC)

2.3.3) สภาพความเป็นเบส (alkalinity, %NH<sub>3</sub>)

2.3.4) เวลาความคงตัวของเครื่องมือกล (mechanical stability time, MST)

2.3.5) จำนวนกรดไขมันที่ระเหยได้ (volatile fatty acid number, VFA No.)

2.3.6) จำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (potassium hydroxide number, KOH

No.)

2.3.7) ปริมาณก้อนยางจับตัว (coagulum content)

2.3.8) ปริมาณตม (sludge content)

### 2.3.9) กลิ่นและสี

#### 3) สารเคมีที่ใช้กับน้ำยาง<sup>2.4</sup>

สารเคมีที่ใช้กับน้ำยางและผลิตภัณฑ์น้ำยางมีหลายชนิดซึ่งใช้ในหน้าที่ต่างๆ กัน ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะสารเคมีที่จำเป็นในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ถุงมือและสารเคมีที่เกี่ยวข้องเท่านั้น ซึ่งจะแบ่งเป็นหัวข้อดังนี้ คือ

##### 3.1) สารเพิ่มความคงตัว (stabilizer)

สารเพิ่มความคงตัวที่ใช้โดยทั่วไปเป็นเบสและสบู่ของกรดไขมัน โดยใช้เบสพวกโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ซึ่งเหมาะกว่าโซเดียมไฮดรอกไซด์เพราะการลดความคงตัวของน้ำยางน้อยกว่าอนุผลโซเดียม ปริมาณการใช้เบสอยู่ระหว่าง 0.2-0.5 ส่วนต่อเนื้อยาง 100 ส่วน โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ทำหน้าที่เพิ่มความคงตัวให้น้ำยางโดยการรักษาช่วยความเป็นเบสของน้ำยาง เพราะแอมโมเนียอาจจะหายไปบ้าง และยังช่วยลดการเกิดคริมที่ผิวหน้ายางด้วย ส่วนสารพวกสบู่ของกรดไขมันจะใช้พวกที่โมเลกุลประกอบด้วยคาร์บอน 8-12 อะตอม เช่น โพแทสเซียมแคปริเลต (potassium caprylate,  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOK}$ ) และโพแทสเซียมลอเรต (potassium laurate,  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOK}$ ) สบู่ของกรดไขมันจะช่วยให้น้ำยางมีความคงตัวต่อเครื่องมือกลดีขึ้น แต่ไม่ควรใช้สารนี้มากเกินไปเพราะจะทำให้เกิดฟองได้โดยทั่วไปจะใช้ประมาณ 0.2-0.4 ส่วนต่อน้ำยาง 100 ส่วน

การใช้สารเพิ่มความคงตัวให้น้ำยางมีข้อที่ควรพิจารณาคือ ถ้าน้ำยางมีความคงตัวมากเกินไปก็จะเกิดปัญหายุงยากเช่นเดียวกับน้ำยางที่ไม่มี ความคงตัว การเติมสารเพิ่มความคงตัวมากเกินไปจะมีผลให้การจุ่มพิมพ์ได้ฟิล์มยางที่มีความหนาไม่สม่ำเสมอ

##### 3.2) สารในระบบการคงรูป (vulcanizing system)

ใช้ระบบการคงรูปที่ประกอบด้วย ซัลเฟอร์ (sulfur) เป็นสารทำให้นยางคงรูป (vulcanizing agent) ซิงค์ออกไซด์ ( $\text{ZnO}$ ) เป็นสารกระตุ้น (activator) และใช้สารเร่งปฏิกิริยา ยางคงรูปชนิดเดียวหรือสองชนิดขึ้นไป สามารถใช้สารเร่งพวกไวต่อการเกิดปฏิกิริยา (ultra accelerator) เช่นกลุ่ม ไตโทไธคาร์บาเมต (dithiocarbamate) ปริมาณสารเคมีที่ใช้มีดังนี้

### 3.2.1) ซัลเฟอร์

ปริมาณการใช้ซัลเฟอร์อยู่ระหว่าง 0.3-1.5 ส่วนต่อเนื้อยางแห้ง 100 ส่วน โดยแปรตามอัตราเร็วที่จะเกิดการคงรูป, โมดูลัส (modulus) ของยางที่ต้องการ และขึ้นกับปริมาณสารอื่นๆ ที่เติมลงในน้ำยางด้วย

### 3.2.2) ซิงค์ออกไซด์

ปริมาณการใช้ซิงค์ออกไซด์เป็นสารกระตุ้นอยู่ระหว่าง 0.1-2.0 ส่วนต่อเนื้อยางแห้ง 100 ส่วน การเพิ่มปริมาณซิงค์ออกไซด์ในช่วง 0.1-2.0 ส่วนต่อเนื้อยางแห้ง 100 ส่วน ทำให้อย่างมีโมดูลัสสูงขึ้น ถ้าต้องการให้อย่างมีความโปร่งแสงต้องใช้ซิงค์ออกไซด์ในปริมาณต่ำประมาณ 0.25 ส่วนต่อเนื้อยางแห้ง 100 ส่วน

### 3.2.3) สารเร่งปฏิกิริยา

การทำยางให้คงรูปโดยใช้ซัลเฟอร์เพียงตัวเดียวจะพบว่าต้องใช้ปริมาณของซัลเฟอร์สูงและยังทำให้ประสิทธิภาพของการทำปฏิกิริยาล่าช้า ดังนั้นจึงได้ใช้สารเคมีช่วยเร่งปฏิกิริยาของการคงรูป สารเคมีที่เร่งปฏิกิริยาการทำยางคงรูปมีหลายชนิดด้วยกันและที่นิยมใช้ ได้แก่

3.2.3.1) ซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต (zinc diethyl dithiocarbamate, ZEDC or ZDC) เป็นสารสีขาวไม่มีกลิ่นไม่ละลายน้ำ ปริมาณการใช้อยู่ระหว่าง 0.3-1.5 ส่วนต่อเนื้อยางแห้ง 100 ส่วน ZEDC จะเพิ่มอัตราเร็วของการคงรูปขึ้นอย่างเด่นชัดที่อุณหภูมิสูงกว่า 70 องศาเซลเซียส โดยที่ ZEDC จะไม่ทำให้น้ำยางเกิดการคงรูปขึ้นก่อน (pre-vulcanization) เมื่อเก็บน้ำยางที่ผสม ZEDC ไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า ดังนั้นจึงทำให้สามารถใช้ น้ำยางที่ผสม ZEDC ในกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันได้ การใช้ ZEDC ในยางที่ไม่เติมสารเติม (filler) จะได้อย่างที่มีสมบัติความต้านแรงดึงยางจนขาดและความยาวที่ยางยืดจนขาดดีเยี่ยม โมดูลัสสูงปานกลาง

หากต้องการยางที่มีโมดูลัสสูงขึ้นไปให้ใช้ ZEDC ร่วมกับสารเร่งปฏิกิริยาอย่างคงรูปกลุ่มไทอะโซล (thiazoles) เช่น แซสเอ็มบีที (zinc 2-mercaptobenzthiazole, ZMBT) มีลักษณะเป็นผงสีขาว ไม่ละลายน้ำ ปริมาณการใช้คือ ZEDC 1 ส่วน ต่อ ZMBT 0.25 - 0.5 ส่วน ในเนื้อยางแห้ง 100 ส่วน นอกจากจะทำให้สมบัติโมดูลัสของยางสูงขึ้นแล้ว ยังมีผลในการเสริมประสิทธิภาพการคงรูปให้เร็วขึ้นมากกว่าการใช้แต่ละตัวตามลำพัง

3.2.3.2) ซิงค์ไดบูทิลไดไทโอคาร์บาเมต (zinc dibutyl dithiocarbamate, ZBDC) เป็นผงสีเหลืองอ่อน ไม่ละลายน้ำ ให้สมบัติการวัลคาไนซ์ของยางช้ากว่าและปลอดภัยกว่า ZEDC อุณหภูมิวัลคาไนซ์ที่ 95 - 110 องศาเซลเซียส เป็นสารเร่งปฏิกิริยาอย่างคงรูปที่มีปฏิกิริยาเร็วกว่า ZEDC จึงง่ายต่อการที่ยางจะเกิดการคงรูปขึ้นก่อนอย่างช้าๆ ขณะบ่มน้ำยางผสมสารเคมีไว้ที่อุณหภูมิห้อง

ข้อเสียของสารกลุ่มไดไฮโอคาร์บาเมต คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มักจะมีตำหนิอันเนื่องจากสารทองแดงได้ง่าย แม้ว่าในน้ำยางจะมีทองแดงเพียงเล็กน้อยก็ตาม จะทำให้ผลิตภัณฑ์เป็นสีน้ำตาลได้ แม้แผ่นยางที่ยังไม่แห้งเมื่อถูกกับทองแดงจะทำให้เปลี่ยนสีได้เช่นกัน

### 3.3) สารป้องกันการเสื่อมสภาพ (antioxidants)

สารป้องกันการเสื่อมสภาพ ที่ใช้ในน้ำยางมี 2 ชนิดใหญ่ๆ คือชนิดที่เป็นเอมีน (amine) และฟีนอล (phenol) เป็นสารที่ใส่ลงในผลิตภัณฑ์ยางเพื่อป้องกันการถูกออกซิไดซ์ของโมเลกุลของยางที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ถุงมือยางจะเป็นพวกฟีนอล สารในตระกูลนี้ส่วนใหญ่ไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์เปลี่ยนสี หรือสีตก แต่การป้องกันสู่ตระกูลเอมีนไม่ได้ สารในตระกูลนี้มีมากมาย ที่จะกล่าวนี้เป็นพวกที่อยู่ในกลุ่มอนุพันธ์ของฟีนอล ที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์แบบจุ่ม เช่น

3.3.1) 2,2'-methylene-bis-(4-methyl-6-tert-butyl phenol) เป็นผลิตภัณฑ์ขาวมีจุดหลอมเหลวที่ 125 - 133 °C ความถ่วงจำเพาะ 1.04 ไม่มีผลต่อการวัลคาไนซ์ ไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์สีตก(strain) แต่จะให้อย่างที่มีสีขาว เปลี่ยนสีเล็กน้อยเมื่อถูกแสง ไม่เกิดการบวม (bloom หมายถึง การที่สารเคมีเคลื่อนย้ายจากภายในออกมายังผิวของผลิตภัณฑ์และตกผลึกบนผิวของผลิตภัณฑ์นั้นๆ ) ปริมาณการใช้ 0.24 - 1.5 % ตัวอย่างชื่อการค้า เช่น Antage W-400 Kawaguchi เป็นต้น

3.3.2) Nonox WSL เป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท Imperial Chemical Industrial Co.Ltd. เป็นสารเคมีที่ไม่เปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ยางที่ได้ เป็นผลิตภัณฑ์มีส่วนผสมของ Alkylated phenol substance ซึ่งมีสมบัติการป้องกันการเสื่อมสภาพเนื่องจากความร้อนและแสงอย่างกลางๆ เป็นของเหลวสีเหลืองไม่มีปัญหาเรื่องการทำให้กระจายในน้ำในลักษณะเป็น อิมัลชัน (emulsion) ใช้ในรูปอิมัลชันกับน้ำยาง ปริมาณการใช้ 0.5 - 1 %

### 3.4) สารอื่นๆ

อาจเติมสารอื่นๆ ในการทำถุงมือยาง เช่น ไททาเนียมไดออกไซด์ (titanium dioxide) ประมาณ 5 ส่วน ต่อเนื้อยางแห้ง 100 ส่วน เพื่อช่วยให้ยางมีสีขาวหรือสีอื่นๆ ที่สดใสขึ้น หรืออาจใช้ลิโทโปน (lithopone) เป็นส่วนผสมของซิงค์ซัลไฟด์กับแบเรียมซัลเฟต ปกติใช้สารนี้เป็นสารเพิ่ม (filler) แต่เป็นสารที่ราคาถูกกว่าไททาเนียมไดออกไซด์และช่วยให้ยางมีสีขาวด้วย

#### 4) การเตรียมสารเคมีที่ใช้กับน้ำยาง <sup>2.5</sup>

สารเคมีต่างๆที่จะผสมลงในน้ำยางเพื่อการผลิตวัตถุสำเร็จรูปยางนั้น จำเป็นต้องทำให้ อยู่ในสถานะของของเหลวเสียก่อน เพราะถ้าหากนำสารเคมีแห้งๆใส่ลงไปลงในน้ำยางโดยตรง จะ ไม่ได้ของผสมที่เหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์ สารเคมีจะตกตะกอน หรืออาจจะเกิดเป็นก้อนขึ้นใน น้ำยาง และน้ำยางจะเกิดการจับตัวขึ้นในไม่ช้า จึงต้องทำสารเคมีนั้นเป็นสารละลาย ทำเป็น ดิสเพอร์ชัน หรืออิมัลชัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะหรือธรรมชาติของสารนั้นๆ ว่าจะสามารถเตรียม เป็นสถานะใดได้ สารเพิ่มความคงตัวหรือสารพวกช่วยความเสถียรส่วนใหญ่ละลายน้ำ จึงเหมาะ ที่จะเตรียมเป็นสารละลาย และเติมในสถานะสารละลายเจือจางลงในน้ำยาง สารพวกน้ำมันหรือ ของเหลวที่ไม่สามารถละลายน้ำ ก็จะต้องเป็นอิมัลชัน ส่วนสารพวกของแข็งทั้งหลายที่ไม่ละลาย น้ำ จะต้องเตรียมเป็นดิสเพอร์ชัน

4.1) หลักการสำคัญในการพิจารณาเติมสารละลาย อิมัลชัน หรือดิสเพอร์ชันลงในน้ำ ยาง คือ

4.1.1) ขนาดของอนุภาคของสารที่กระจายในดิสเพอร์ชัน และขนาดของของ เหลวในอิมัลชัน จะต้องเล็กพอๆกับขนาดของอนุภาคยางในน้ำยางที่ใช้ แต่หลักการพิจารณาข้อ นี้ก็ขึ้นอยู่กับ การแปรูปน้ำยางเป็นผลิตภัณฑ์ ว่าต้องการผลิตอะไร เช่น การผลิตยางฟองน้ำ ใช้ อนุภาคสารที่มีขนาดใหญ่กว่ากรณีการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทจุ่มแบบพิมพ์ได้

4.1.2) ระบบความคงตัวของดิสเพอร์ชันและของอิมัลชัน ควรเหมือนกับระบบ ความคงตัวของน้ำยางที่ใช้ เพราะไม่เช่นนั้นอาจเกิดปัญหามีปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดผลน้ำยางจับตัว ได้

4.1.3) ควรปรับระดับความเป็นกรด - เบส ของสารละลาย ดิสเพอร์ชัน และ อิมัลชัน ให้เท่ากับระดับความเป็นกรด - เบสของน้ำยางที่ใช้

4.2) การเตรียมสารละลาย อิมัลชัน และดิสเพอร์ชัน มีดังนี้

4.2.1) การเตรียมสารละลาย

สารเคมีที่ใช้ในสูตรน้ำยางและสามารถเตรียมเป็นสารละลายได้ จะเป็นพวกสารต่างๆ ดังนี้คือ

- เบส เช่น โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ สารละลายแอมโมเนีย
- สารละลายเคซีน (casein)
- สารละลายของพวกซัลเฟต (sulfate) และซัลโฟเนต (sulphonate)

- สารเร่งชนิดละลายน้ำได้ เช่น โซเดียมไดบิวทิลไดไฮโอคาร์บาเมต  
ปกติการใช้โฟแทสเซียมไฮดรอกไซด์ จะต้องเตรียมเป็นสารละลาย 10% ก่อนเติมลงในน้ำยาง

#### 4.2.2) การเตรียมอิมัลชัน

สารเคมีที่มีสถานะเหลวบางชนิดไม่ละลายน้ำ ได้แก่ สารเร่ง และสารป้องกันยางเสื่อมสภาพบางชนิด สารเหล่านี้ต้องเตรียมเป็นอิมัลชันโดยวิธีการและอุปกรณ์ที่เหมาะสม เช่น ใช้เครื่องผสม (homogeniser) ที่สามารถปั่นและเกิดแรงเฉือนอย่างสูง ตัวอย่างการเตรียม 50% อิมัลชัน ดังนี้

	น้ำหนัก
สารของเหลว	50.0
สารละลาย 20% โฟแทสเซียมไฮดรอกไซด์	7.5
น้ำ	42.5

ให้ผสมสารของเหลวกับน้ำโดยใช้สาร surface active solution แล้วผ่านเข้าไปในเครื่องปั่นที่มีความเร็วสูง เช่น เครื่อง silverson homogenizer หรือ colloid mill ด้วยแรงเฉือนของเครื่องจนทำให้สารละลายกระจายในน้ำมีขนาดเล็ก (5-20 นาโนเมตร) ถ้ากรณีของสารมีความหนืดสูงมากควรจะอุ่นให้ร้อน 60-70 องศาเซลเซียส ก่อนการปั่น

#### 4.2.3) การเตรียมดิสเพอร์ชัน

สารเคมีชนิดของแข็งจะต้องเตรียมเป็นดิสเพอร์ชันก่อนการเติมลงในน้ำยาง โดยทั่วไปวิธีการเตรียมดิสเพอร์ชันสำหรับใช้งานน้ำยาง ขั้นแรกคือ การผสมสารที่เป็นผงกับน้ำ และใส่สารช่วยการกระจายหรือสารที่ทำให้เกิดดิสเพอร์ชัน ตัวอย่างเช่น Dervan No. 1 หรือ 2, Daxad 11 G, Faxan IIP และ วัลตามอล จากนั้นจึงบดของผสมนี้ด้วยเครื่องมือบดย่อยสาร เพื่อบดย่อยอนุภาคของสารให้เล็กลง

ในการเตรียมดิสเพอร์ชันนอกจากสารหลักดังกล่าวแล้ว ยังมีสารอื่นๆที่ใช้เฉพาะในกรณีที่มีการเตรียมดิสเพอร์ชันมีปัญหา ได้แก่

- สารปรับสภาพความเป็นกรด-เบส ใช้ในกรณีที่สารเคมีบางตัวเป็นกรด จะต้องทำให้มีฤทธิ์เป็นเบสเหมือนน้ำยางก่อนที่จะเติมลงในน้ำยาง เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำยางเกิดการจับตัว ได้แก่ โฟแทสเซียมไฮดรอกไซด์ และ แอมโมเนีย

- สารเพิ่มความคงตัว ใส่เพื่อให้สารเคมีมีสภาพผิวคล้ายน้ำยาง ทำให้เข้ากับน้ำยางได้ดี ได้แก่ เคซีน ซึ่งใส่อยู่ในรูปของสารละลายแอมโมเนีย และในบางครั้งอาจใช้สารเคมีที่เป็นกลาง ได้แก่ วัลคาสแคป แอล ดับบลิว (vulcastab LW)

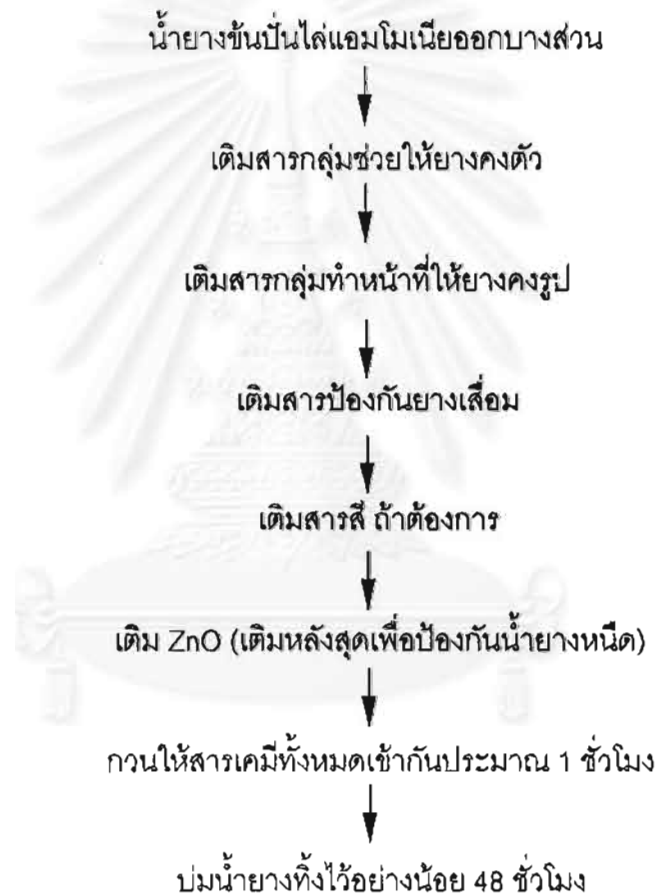
- สารเพิ่มความหนืด ใส่เพื่อให้สารผสมมีความหนืดสูงขึ้น ได้แก่ เมทิลเซลลูโลส (methyl cellulose) คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (carboxy methyl cellulose)

- สารป้องกันการเกิดฟอง ใส่เพื่อลดความเป็นฟองในการบด จะทำให้การบดมีประสิทธิภาพสูงสุด ได้แก่ ซิลิโคน อิมัลชัน (silicone emulsion)
- สารป้องกันการตกตะกอนแข็ง ใส่เพื่อป้องกันการเกิดเป็นตะกอนแข็งของสารเคมี ได้แก่ เบนโทไนท์-เคลย์ (bentonite clay)

## 5) กระบวนการผลิตถุงมือยาง<sup>2</sup>

ขั้นตอนในการผลิตถุงมือยางมีดังนี้

### 5.1) ลำดับการเติมสารเคมีผสมกับน้ำยาง



แต่ละกลุ่มหรือแต่ละอย่างของสารที่เติมลงไปในน้ำยางจะต้องผสมเข้ากับน้ำยางเป็นอย่างดีเสียก่อนจึงเติมสารตัวต่อไปลงไป และน้ำที่เติมเพื่อให้ได้ความเข้มข้นของเนื้อยางที่ต้องการนั้นสามารถเติมได้ในขั้นตอนการปั่นน้ำยางไล่แอมโมเนียและทุกช่วงของการเติมสารเคมี

ก่อนที่จะนำน้ำยางที่ผสมสารเคมีแล้ว (compounded latex) มาใช้จะต้องตรวจระดับหรือองศาของการคงรูปของน้ำยาง (degree of vulcanization) เสียก่อน



## วิธีการตรวจสอบของตาการคงรูปของน้ำยางมีดังนี้

### ก) คลอโรฟอร์ม (chloroform Test)

โดยการใช้คลอโรฟอร์มเล็กน้อยผสมกับน้ำยางในปริมาณเท่าๆ กันและกวนน้ำยาง ถ้าน้ำยางเกิดการจับตัวเป็นก้อนนิ่มๆ ยืดได้แสดงว่าน้ำยางยังไม่คงรูป ถ้าเกิดยางจับตัวร่วนหรือเป็นเม็ดเล็กๆ แสดงว่าน้ำยางเกิดการคงรูปอย่างสมบูรณ์ และถ้ายางที่ได้มีลักษณะก้ำกึ่งระหว่าง 2 ลักษณะดังกล่าวแสดงว่าน้ำยางมีการเกิดการคงรูปบ้างแต่ยังไม่สมบูรณ์

### ข) การทดสอบการบวม (swelling)

โดยการใช้น้ำยางผสมที่ทำให้แห้งเป็นฟิล์มบางๆ แล้วแช่ในตัวทำละลายยาง เช่น เบนซีน (benzene), โทลูอีน (toluene) หรือน้ำมันเชื้อเพลิง ถ้าฟิล์มยางบวมมากแสดงว่ายางได้มีการคงรูปไปบ้างเล็กน้อย และถ้าฟิล์มยางไม่ค่อยบวมหรือไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงแสดงว่ายางได้มีการคงรูปอย่างสมบูรณ์ (high degree of vulcanization)

## 5.2) ขั้นตอนการจุ่ม (dipping)

เมื่อบ่มน้ำยางผสมจนได้อายุที่เหมาะสมแล้ว ต่อไปก็เป็นขั้นตอนการจุ่ม โดยนำพิมพ์ที่เตรียมไว้มาจุ่มในน้ำยางผสม พิมพ์ที่นิยมใช้จะทำจากกระเบื้อง พิมพ์ถุงมืออาจมีผิวเรียบหรือผิวหยาบขึ้นอยู่กับชนิดของถุงมือที่จะผลิต ลักษณะผิวของพิมพ์มีผลกระบวนการผลิตและสูตรน้ำยางผสมเป็นอย่างมาก เพราะความหยาบของผิวพิมพ์จะมีผลต่อการเกาะพิมพ์ของสารช่วยจับตัว (coagulant) และการเกาะพิมพ์ของน้ำยางผสม ปกติถุงมือที่บางมากๆ จะใช้พิมพ์ผิวเรียบ นอกจากนี้ควรทำความสะอาดพิมพ์ให้ดีเสียก่อนเพราะสิ่งสกปรกจะทำให้เกิดตำหนิต่างๆ บนถุงมือได้

### เทคนิคการจุ่มมีหลายวิธี

#### 5.2.1) การจุ่มน้ำยางโดยตรง

#### 5.2.2) การจุ่มโดยใช้สารช่วยจับตัว

#### 5.2.3) การจุ่มโดยใช้พิมพ์ร้อน

#### 5.2.4) การจุ่มโดยใช้ขั้วไฟฟ้าช่วย

เทคนิคการจุ่มโดยใช้สารช่วยจับตัวจะเป็นที่นิยมและเหมาะสำหรับการผลิตถุงมือโดยทั่วไป ซึ่งเทคนิคการจุ่มโดยใช้สารช่วยจับตัวมีวิธีการคือจุ่มพิมพ์ลงในสารช่วยทำให้น้ำยางจับตัวแล้วจึงจุ่มพิมพ์ลงในน้ำยางผสม

สารช่วยทำให้น้ำยางจับตัวจะช่วยให้น้ำยางเกาะพิมพ์ เทคนิคนี้ยังแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ

#### 5.2.2.1) ใช้สารช่วยจับตัวเปียก (wet coagulant dipping) หมายถึงการ

ใช้สารที่เป็นของเหลว เช่น กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก จุ่มพิมพ์ลงในสารนี้แล้วจุ่มพิมพ์ที่เปียกลงในน้ำยางผสม วิธีนี้ไม่ค่อยนิยมในการทำถุงมือ

5.2.2.2) ใช้สารช่วยจับตัวแห้ง (dry coagulant dipping) หมายถึงการจุ่มพิมพ์ลงในสารช่วยจับตัว (ที่นิยมใช้ คือ สารละลายของเกลือแคลเซียม เช่น แคลเซียมคลอไรด์, แคลเซียมไนเตรต) แล้วทิ้งให้พิมพ์แห้งหรือหมาดเสียก่อน จึงนำไปจุ่มในน้ำยางผสม

### 5.3) การล้าง (leaching)

การล้างหมายถึงล้างฟิล์มยางที่จับอยู่บนพิมพ์ซึ่งอาจทำได้ 2 วิธีคือ ล้างในขณะที่อยู่ในกระบวนการผลิต (on-line) หรือล้างหลังจากแกะถุงมือออกจากพิมพ์แล้ว (off-line) การล้างนี้เพื่อกำจัดสารที่ละลายน้ำได้ออก ซึ่งได้แก่พวกเกลือที่มีอยู่ในน้ำยางแต่แรก หรือที่เติมลงไป ในน้ำยาง เหตุผลที่จำเป็นต้องล้างยาง

- เพื่อป้องกันการดูดซึมน้ำโดยสารชนิดที่มีความสามารถดูดซึมน้ำหรือชอบน้ำ (hydrophilic materials) ที่ตกค้างอยู่ในน้ำยาง
- เพื่อป้องกันผิวยางเหนียวอันเนื่องมาจากสารที่ตกค้างอยู่
- เพื่อไม่ให้สารตกค้างอยู่ในน้ำยาง เพราะอาจมีผลต่อการสัมผัสกับเนื้อเยื่อของคนงาน

- เพื่อลดการละลายเคื่องต่อผิวหนังเมื่อใช้ถุงมือยาง
- เพื่อลดการเปลี่ยนสีของถุงมือเมื่อถูกกับแสง
- เพื่อทำให้ถุงมือมีความแข็งแรงมากขึ้น

การล้างถุงมือในระหว่างกระบวนการผลิตจะได้ผลดีมาก โดยล้างด้วยน้ำกลั่นที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที

### 5.4) การอบแห้งและการทำให้ยางคงรูป (drying and vulcanizing)

อบในตู้ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เพื่อให้ยางคงรูป

### 5.5) การม้วนขอบ (beading)

การม้วนขอบถุงมือยางเพื่อให้มีความแข็งแรง ให้ม้วนขอบขณะที่ยางเกาะบนพิมพ์แห้งแล้วแต่ยังไม่ทำให้คงรูป ถ้าในขั้นตอนของการอบแห้งแยกกับการอบให้ยางคงรูปอาจทำการม้วนขอบระหว่าง 2 ขั้นตอนของการอบนี้และการม้วนขอบอาจทำได้โดยใช้มือหรือใช้เครื่อง

### 5.6) การถอดถุงมือจากพิมพ์

การถอดถุงมือจากพิมพ์จะเป็นขั้นสุดท้ายของกระบวนการผลิตโดยทั่วไปมักใช้มือถอดและอาศัยแปรง เช่น แปรงข้าวโพด, แปรงทาสี และเคลย์เพื่อป้องกันยางติด

## 6) กระบวนการคลอรีเนตถุงมือ <sup>6,7,11,14</sup>

กระบวนการคลอรีเนตยางเป็นที่รู้จักกันดีในผลิตภัณฑ์ เช่น ถุงมือแม่บ้าน (household gloves) , หุ่นมยาง (baby soothers), wiper blades และผลิตภัณฑ์อื่นที่การใช้ผงแป้งไม่เหมาะสม สำหรับถุงมือยางนั้นการคลอรีเนตทำให้ผิวของถุงมือยางมีความลื่น ทำให้การสวมใส่และถอดออกได้สะดวกในปัจจุบันจะใช้แป้งข้าวโพดเป็นสารหล่อลื่นที่ผิวถุงมือยางโดยจะพ่นที่ผิวก่อนที่จะถอดถุงมือออกจากพิมพ์ แต่แป้งข้าวโพดมีข้อเสียคือสามารถถูกเช็ดและล้างด้วยน้ำได้ง่าย ผิดกับถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตที่ผิวจะลื่นอย่างถาวรอีกทั้งการคลอรีเนตจะลดปริมาณ Extractable protein ที่ชะละลายได้จากผิวถุงมือยางด้วย

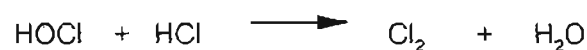
6.1) การเตรียมสารละลายที่มีคลอรีนอิสระ (free chlorine) โดยในกระบวนการคลอรีเนตนั้นจะต้องปั่นถุงมือยางในสารละลายที่มีคลอรีนอิสระ อยู่ซึ่งเตรียมได้ 2 วิธี

6.1.1) ละลายแก๊สคลอรีนโดยตรงในน้ำ

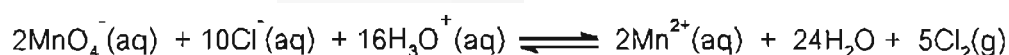
6.1.2) จากปฏิกิริยาเคมี เช่น

6.1.2.1) ปฏิกิริยาระหว่างสารละลายไฮโปคลอไรต์กับกรดเกลือ เช่น

กรดไฮโดรคลอริก

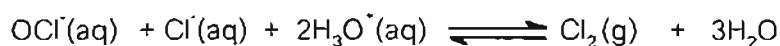


6.1.2.2) ปฏิกิริยาระหว่างโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต กับกรดไฮโดรคลอริก



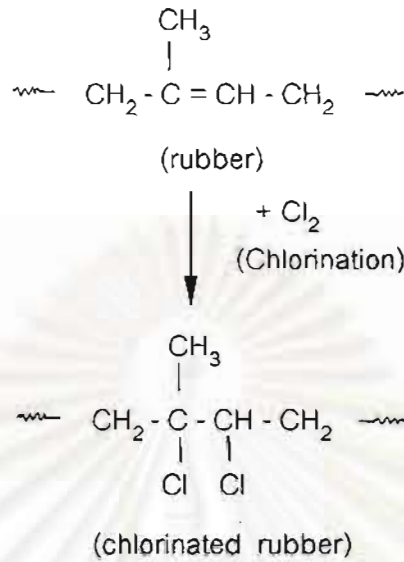
6.1.2.3) ปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมไฮโปคลอไรต์  $[\text{Ca}(\text{ClO})_2]$  กับกรด

ไฮโดรคลอริก

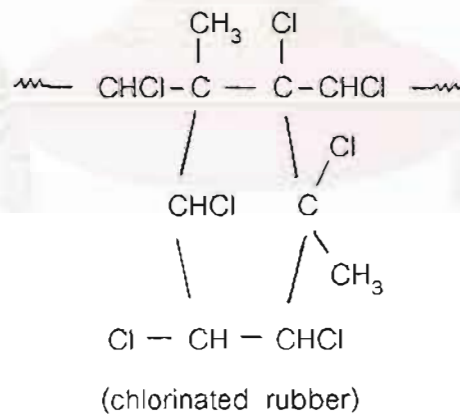


## 6.2) ปฏิริยาการคลอรีเนตยงที่อาจเป็นไปไดม้ดังนี้

6.2.1) ยางธรรมชาติเมื่อผ่านการคลอรีเนตแล้วโมเลกุลของคลอรีนจะเข้าจับที่พันธะคู่<sup>14</sup> โดยผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่เกิดจากปฏิริยานี้จะเกิดขึ้นได้น้อย



6.2.2) ยางธรรมชาติเมื่อผ่านการคลอรีเนตแล้วโมเลกุลของคลอรีนจะเข้าทำปฏิริยาที่ methyl group และถ้ามีปริมาณคลอรีนมากผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่เกิดขึ้นจะอยู่ในรูปดัง  
นี้<sup>15</sup>



ในการคลอรีเนตนั้นการเกิดปฏิริยาจะขึ้นอยู่กับ

- ความหนาของถุงมือยาง ถ้าถุงมือบางคลอรีนจะเข้าทำปฏิริยาได้ลึก
- เวลา ถ้าใช้เวลายในการบ่มน้อยเกินไปน้ำคลอรีนจะทำปฏิริยากับถุงมือไม่สม่ำเสมอ ถ้าใช้เวลายในการบ่มมากเกินไปจะเสียเวลาทำให้กำลังการผลิตลดลงและคุณภาพของถุงมือลดต่ำลง
- ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนจะต้องเหมาะสม ถ้าเข้มข้นมากจะมีผลต่อคุณภาพถุงมือเมื่อเก็บไว้นานๆคือสีจะเปลี่ยนเร็วขึ้นและค่าทนต่อแรงดึงจะตกเร็ว

-ระดับน้ำในถัง ถ้าระดับน้ำในถังน้อยเกินไปน้ำคลอรีนจะทำปฏิกิริยากับถุงมือไม่สม่ำเสมอ ทำให้ถุงมือเกิดความเหนียว ถ้าระดับน้ำในถังมากเกินไปจะสิ้นเปลืองน้ำคลอรีน

-ความเร็วในการปั่น ถ้ามีความเร็วน้อยเกินไปจะเสียเวลาในการปั่นนาน ถ้ามีความเร็วมากเกินไปถุงมือจะสัมผัสน้ำคลอรีนไม่ทั่ว แต่โดยทั่วไปแล้วความเร็วจะมีผลต่อคุณภาพของถุงมือน้อยมาก

### 6.3) ขั้นตอนทั่วไปของการทำ chlorination มีดังนี้

6.3.1) กลับถุงมือ นำด้านในซึ่งมีแปรงออกมาข้างนอก เพื่อล้างผงแปรงก่อนจะนำเข้าสู่กระบวนการคลอรีเนต

6.3.2) การล้างถุงมือด้วยน้ำ เพื่อกำจัดฝุ่นแปรงที่ติดมากับถุงมือ

6.3.3) การล้างถุงมือด้วยน้ำคลอรีน เพื่อผลิตถุงมือที่ปราศจากฝุ่นแปรงจะทำให้ผิวของถุงมือทำปฏิกิริยากับน้ำคลอรีนจนมีความสิ้นแทนการใช้ฝุ่นแปรงในการป้องกันการติดกันของถุงมือ

6.3.4) การทำให้เป็นกลาง (neutralization) เพื่อกำจัดน้ำคลอรีนโดยใช้แอมโมเนีย หรือ โซเดียมไบคาร์บอเนต หรือ โซเดียมไฮโอซัลเฟต

6.3.5) ล้างถุงมือด้วยน้ำ จำนวน 2 ครั้ง เพื่อล้างสารเคมีที่ตกค้างอยู่ที่ถุงมือ ทำให้ถุงมือสะอาดยิ่งขึ้น

6.3.6) อบแห้ง เพื่อกำจัดความชื้นของถุงมือ เนื่องจากความชื้นจะทำให้เกิดราบนถุงมือได้ โดยในการอบจะใช้อุณหภูมิไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส เพราะความร้อนมีผลต่อถุงมือที่ผ่านการคลอรีนแล้วทำให้สีเปลี่ยนและสมบัติต่ำกว่ามาตรฐาน

## 7) โปรตีนในน้ำยางธรรมชาติ<sup>8</sup>

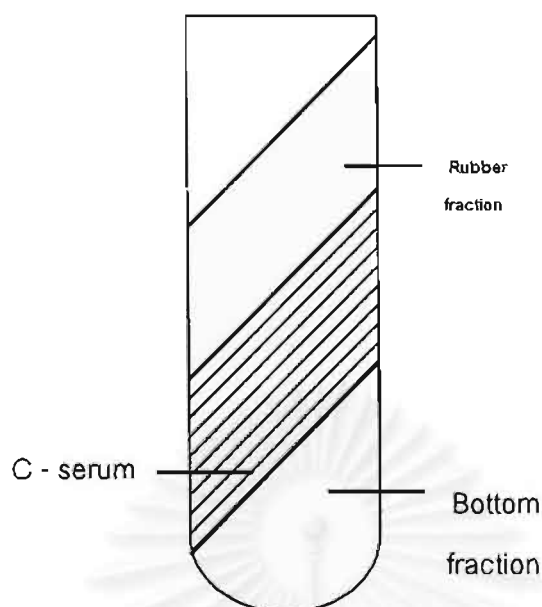
### 7.1) โปรตีนในน้ำยางสด

น้ำยางสดธรรมชาติประกอบด้วยอนุภาคยางที่แขวนลอยกระจายอยู่ในของเหลวที่เรียกว่า เซรัม นอกจากนั้นยังมีสารที่ไม่ใช่ยาง (non - rubber substances) ต่างๆ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และสารอนินทรีย์อื่นๆ ในสารที่ไม่ใช่ยางเหล่านี้มีโปรตีนอยู่ประมาณ 1 - 1.8% (น้ำยาง) หรือเฉลี่ยประมาณ 1.4% คิดเป็น 30 - 50 มิลลิกรัม/กรัมยางแห้ง โปรตีนในน้ำยางนี้มีทั้งชนิดที่ละลายน้ำได้ และละลายน้ำไม่ได้ พบทั้งในส่วนของยาง (rubber phase) ประมาณ 27% ส่วนของ เซรัม ซี (C-serum) ประมาณ 48% และส่วนของเซรัม บี (B-fraction) ประมาณ 25% ดังมีรายละเอียดดังนี้

7.1.1) โปรตีนที่อยู่ในส่วนของเนื้อยางส่วนใหญ่จะอยู่ที่ผิวรอบๆ อนุภาคยางเป็นโปรตีนชนิดที่ไม่ละลายน้ำ แต่ก็มีโปรตีนที่ละลายน้ำได้อยู่บ้างประมาณ 1 มิลลิกรัม/กรัมยางแห้ง โดยมีโปรตีนหลักอยู่ 2 ชนิด คือ ชนิดที่มีน้ำหนักโมเลกุล 14.0 kD และ 24.0 kD ซึ่งโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุล 14.0 kD เป็นโปรตีนที่อยู่ในส่วนเมมเบรนของอนุภาคยางที่เกี่ยวข้องกับการเกิดพอร์เมอโรเซชันของโมเลกุลยางและคาดว่าโปรตีนนี้อาจเป็นโปรตีนหลักตัวเดียวที่เป็นสาเหตุของอาการแพ้

7.1.2) โปรตีนที่อยู่ในส่วนของเซรัม บี มี เฮวิน (hevein) และเฮวามีน (hevamine) เป็นส่วนใหญ่ มีน้ำหนักโมเลกุล 14, 20, 25, 30 และ 35 kD และมีรายงานเพิ่มเติมว่าโปรตีนที่ปรากฏในเซรัม บี และที่ตรวจพบในถุงมือยางด้วยนั้น มีผลตอบสนองในการทดสอบ antigens - antibodies ในหนูทดลองทำให้ตั้งสมมติฐานได้ว่า โปรตีนในเซรัม บี ซึ่งมาจากส่วน lutoids ในน้ำยาง อาจเป็นโปรตีนที่ทำให้ผู้ใช้ถุงมือยางจากน้ำยางธรรมชาติเกิดอาการแพ้ได้

7.1.3) โปรตีนที่อยู่ในส่วนของเซรัม ซี โปรตีนส่วนใหญ่เป็น แอลฟา - กลูโบลิน พบว่าในเซรัม ซี นี้มีโปรตีนอยู่จำนวนมาก ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลกระจายตั้งแต่ น้อยกว่า 5 kD ถึง 100 kD



รูปที่ 2.2 น้ำยางสดที่ผ่านการปั่นแยก<sup>8</sup>

#### 7.2) โปรตีนในน้ำยางชั้น

น้ำยางชั้นเป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์จากน้ำยางชนิดต่างๆ ทำจากน้ำยางสดซึ่งมีปริมาณเนื้อยางแห้ง ประมาณ 35 - 40% ให้เป็นน้ำยางที่มีปริมาณเนื้อยางแห้งอย่างน้อย 60% เพื่อความสะดวกในการขนส่ง และนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์บางชนิดซึ่งการทำน้ำยางชั้นส่วนใหญ่จะใช้เครื่องปั่นแยก และในระหว่างการปั่นแยกนี้ คาร์โบไฮเดรตและโปรตีนส่วนใหญ่จะถูกชะออกไป ทำให้สารที่ไม่ใช่ยางเหลืออยู่ประมาณ 1 - 2% (น้ำหนักน้ำยาง) โดยเฉพาะโปรตีนและสารเคมีอื่นที่ได้จากการสลายตัวของโปรตีน น้ำยางชั้นที่ผลิตโดยวิธีการใช้เครื่องปั่นแยกนี้จะมีปริมาณโปรตีนเหลืออยู่ ประมาณ 1% หรือประมาณ 16 - 20 มิลลิกรัม/กรัมยางแห้ง และหากนำน้ำยางชั้นที่ผลิตใหม่ๆ ทำเป็นแผ่นฟิล์ม จะพบโปรตีนที่สกัดออกมาได้เพียงประมาณ 0.5 - 0.6 มิลลิกรัม/กรัมยางแห้ง โดยมีโปรตีนน้อยชนิดกว่าในน้ำยางสด ซึ่งเนื่องมาจากการหลุดไปอยู่ในส่วนของหางน้ำยาง และส่วนตมในระหว่างการปั่นน้ำยางสดเป็นน้ำยางชั้น และมีบางชนิดที่ถูกทำให้เปลี่ยนแปลงหรือถูกย่อยสลายด้วยแอมโมเนียที่ใช้เป็นสารรักษาสภาพน้ำยาง นอกจากนี้มีรายงานการวิจัยพบว่าการให้ความร้อนกับแผ่นฟิล์มยางจะกระตุ้นให้โปรตีนมีการเคลื่อนย้ายออกมาที่ผิวนอก

### 7.3) โพรตีนในน้ำยางผสมสารเคมี

ในการผลิตผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง ต้องเติมสารเคมีต่างๆ ที่จำเป็นลงในน้ำยาง และเมื่อได้น้ำยางผสมสารเคมีแล้ว มักจะบ่มน้ำยาง (maturation) ไว้ระยะหนึ่งก่อนการผลิต เพื่อให้สารเคมีกระจายตัวในน้ำยางได้ดีและเริ่มเกิดปฏิกิริยา เมื่อทำแผ่นฟิล์มยางน้ำยางผสมที่ผ่านการบ่มแล้วนี้ และนำมาตรวจวัดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ พบว่าปริมาณโปรตีนที่สกัดได้อาจเพิ่มขึ้นได้ถึง 1 มิลลิกรัม/กรัมยางแห้ง(1000ไมโครกรัม/กรัมยางแห้ง) ซึ่งเป็นผลมาจากการมีโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์(KOH) และ Surfactants ซึ่งสามารถละลายโปรตีนได้มากขึ้น แต่มีรายงานบางฉบับรายงานเพียง 0.14 มิลลิกรัม/กรัมยางแห้ง นอกจากนั้นการให้ความร้อนกับน้ำยางผสมสารเคมี หรือ การให้ความร้อนกับแผ่นฟิล์มที่ได้จากน้ำยางผสมสารเคมีนั้นจะทำให้ตรวจพบปริมาณโปรตีนที่สกัดได้เพิ่มขึ้นอีกประมาณเท่าตัว ซึ่งยืนยันว่ามีการเคลื่อนย้ายโปรตีนออกมาสู่ผิวหน้าของแผ่นฟิล์มยางเช่นเดียวกับการให้ความร้อนกับแผ่นฟิล์มยางจากน้ำยางข้น

### 7.4) โพรตีนในผลิตภัณฑ์ถุงมือยาง

ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยาง ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ น้ำยางข้น สูตรน้ำยางผสมสารเคมี เงื่อนไขการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีและขั้นตอนการผลิต เป็นต้น

### 8) โพรตีนกับอาการแพ้<sup>8,10</sup>

สาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดอาการแพ้ คือ สารโปรตีนจากถุงมือยางที่ผลิตจากน้ำยางธรรมชาติ ซึ่งสารโปรตีนนี้มีหลายชนิด เช่น heveamine, hevein และ rubber elongation factor (REF) เป็นต้น และมีการยืนยันว่า แป้งข้าวโพดที่ใช้เป็นสารหล่อลื่นในการผลิตถุงมือยาง เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ โปรตีนจากยางมาเกาะ ซึ่งทำให้โปรตีนดังกล่าวแพร่กระจายไปในอากาศทำให้ผู้ป่วยบางรายเกิดอาการแพ้เนื่องจากสูดเอาอากาศที่มีแป้งข้าวโพดนี้แขวนลอยอยู่ โดยอาการแพ้นั้นจะเกิดอย่างเฉียบพลัน ลักษณะอาการคือ ริมฝีปากบวม, เยื่อจมูกอักเสบ, หายใจไม่ออก, อาจช็อคและถึงแก่ความตายได้ในเวลาไม่กี่นาที



## 9) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

N. A. A. AZIZ (1993)<sup>11</sup> ได้ศึกษาการคลอริเนตถุงมือยาง ตัวแปรที่ศึกษาคือ ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนร้อยละ 0.01-0.3 โดยมวล และเวลาในการคลอริเนต 1-20 นาที จากนั้นนำถุงมือที่ผ่านการคลอริเนตแล้วมาศึกษาสมบัติต่างๆ ดังนี้

- ความต้านแรงดึงก่อนการบ่มแรง พบว่าถุงมือที่ผ่านการคลอริเนตแล้วที่ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนต่ำ คือ ร้อยละ 0.01-0.1 โดยมวล ค่าความต้านแรงดึงจะมีค่าลดลงเล็กน้อยตามความเข้มข้นของน้ำคลอรีนและเวลาในการคลอริเนตต่างๆ โดยที่เวลาในการคลอริเนต 1 นาที ความต้านแรงดึงจะมีค่าประมาณ 26.8-28.5 เมกะพาสคัล และเมื่อใช้เวลาเพิ่มขึ้นเป็น 20 นาที ความต้านแรงดึงจะมีค่าประมาณ 25-27 เมกะพาสคัล แต่ถ้าใช้ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนสูง คือ 0.3 โดยมวล ความต้านแรงดึงจะลดลงตามเวลาในการคลอริเนตอย่างเด่นชัด เมื่อใช้เวลาในการคลอริเนต 20 นาที ความต้านแรงดึงจะลดเหลือ 18 เมกะพาสคัล

- ความต้านแรงดึงหลังบ่มแรงที่ 70 องศาเซลเซียส 7 วัน พบว่าที่ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนต่ำ คือ ร้อยละ 0.01-0.1 โดยมวล ค่าความต้านแรงดึงจะลดลงเล็กน้อยตามความเข้มข้นของน้ำคลอรีนเวลาในการคลอริเนตต่างๆ โดยที่เวลาในการคลอริเนต 20 นาที มีค่าความต้านแรงดึงประมาณ 21-25 เมกะพาสคัล ยกเว้นที่ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนร้อยละ 0.3 โดยมวล ความต้านแรงดึงจะลดลงตามเวลาในการคลอริเนต และเมื่อใช้เวลาในการคลอริเนต 20 นาที ค่าความต้านแรงดึงจะลดเหลือ 11 เมกะพาสคัล

- ความต้านแรงดึงหลังบ่มแรงที่ 100 องศาเซลเซียส 22 ชั่วโมง พบว่าที่ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนต่ำสุด คือร้อยละ 0.01 โดยมวล ที่เวลาในการคลอริเนตต่างๆ ค่าความต้านแรงดึงยังคงสูงอยู่ มีค่าประมาณ 24 เมกะพาสคัล แต่เมื่อความเข้มข้นของน้ำคลอรีนสูงขึ้น ความต้านแรงดึงจะลดลงตามเวลาในการคลอริเนต

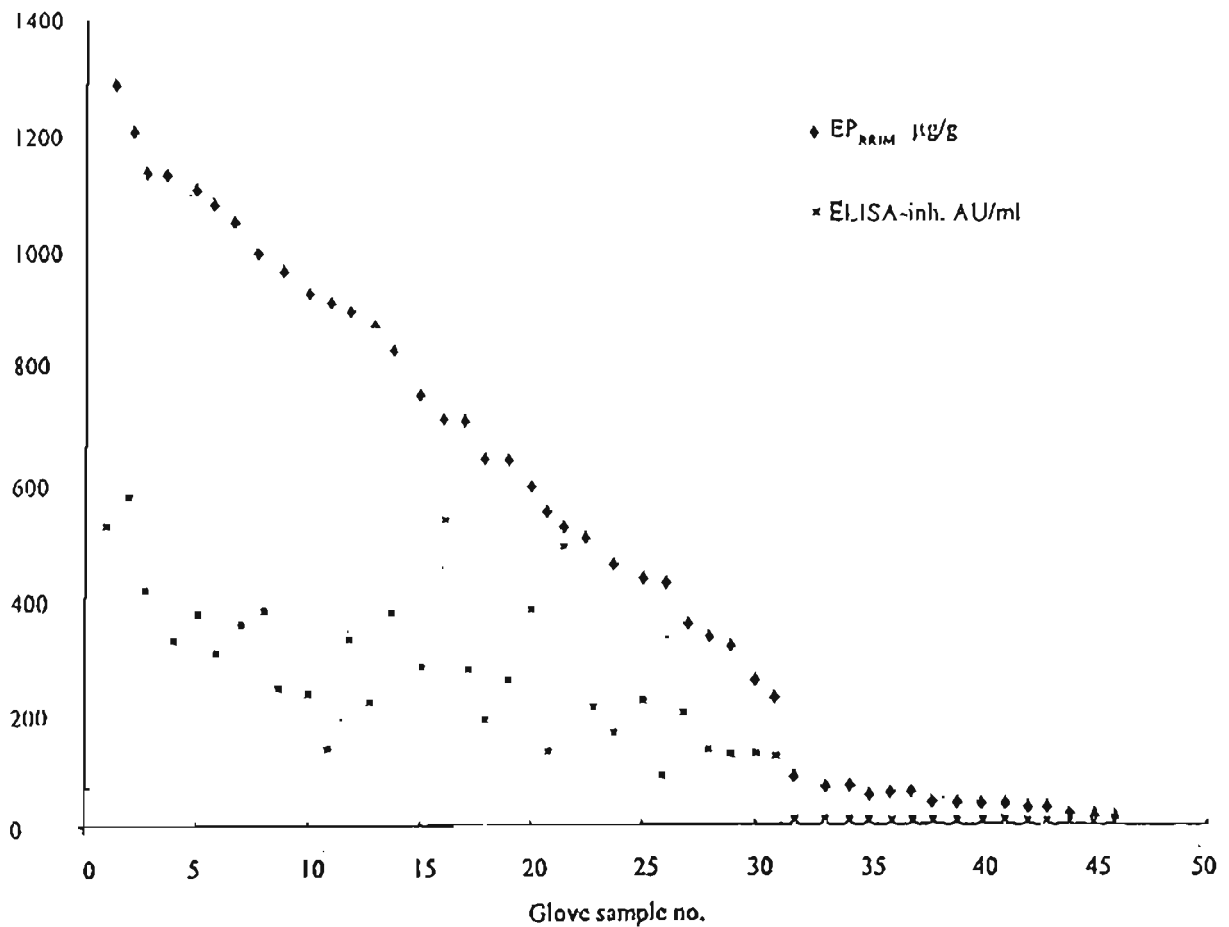
- ลักษณะพื้นผิวของถุงมือยาง พบว่าการคลอริเนตถุงมือยางจะทำให้ผิวถุงมือถูกทำลาย โดยรอยแตกแยกที่ผิวจะเพิ่มมากขึ้นตามความเข้มข้นของน้ำคลอรีนที่เพิ่มขึ้น

- การเปลี่ยนแปลงสี พบว่าถุงมือที่ผ่านการคลอริเนตแล้ว ถุงมือจะมีสีเหลืองมากขึ้นตามความเข้มข้นของน้ำคลอรีนและเวลาในการคลอริเนตที่มากขึ้น

- ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ พบว่าการคลอริเนตถุงมือยางสามารถลดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้อย่างมาก ถุงมือก่อนคลอริเนชันมีปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ 859 ไมโครกรัม/กรัมถุงมือ เมื่อนำมาคลอริเนชันโดยใช้เวลา 15 นาที ที่ความเข้มข้นต่างๆพบว่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จะลดลงเหลือ 11-23 ไมโครกรัม/กรัมถุงมือ โดยการแปรความเข้มข้นของน้ำคลอรีนไม่ปรากฏความแตกต่างของปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้

สุพะไชย์ จินดาวุฒิกุล (2540)<sup>9</sup> ศึกษาผลของการขยายผิวถุงมือยางต่อการชะละลายโปรตีน ตัวแปรที่ศึกษาคือ อุณหภูมิของน้ำล้างที่ 30 50 และ 70 องศาเซลเซียส ความถี่ของการขยายผิวถุงมือที่ 30 40 และ 50 ครั้ง/นาที และ ความเป็นเบสของน้ำล้างโดยเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อภาวะของน้ำล้างเป็นน้ำกลั่นกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำล้างจะทำให้ชะละลายโปรตีนออกจากถุงมือได้มากขึ้น การใช้สารละลายเบสจะชะละลายโปรตีนออกจากถุงมือได้ดีกว่าน้ำกลั่น และการขยายผิวถุงมือยางจะส่งเสริมการชะละลายโปรตีนออกมาได้มากยิ่งขึ้น

E. YIP, T. PALOSUO, H. ALENIUS et al. (1997)<sup>12</sup> ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total extractable proteins) กับระดับการแพ้ (allergen levels) ของถุงมือยางจากน้ำยางธรรมชาติ โดยการสุ่มตัวอย่างถุงมือยาง 46 ตัวอย่าง แล้ววัดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด โดยใช้ RRIM modified Lowry test (EP<sub>RRIM</sub>) พบว่าโปรตีนที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด จะอยู่ในช่วงต่ำกว่า 20-1290 ไมโครกรัม/กรัมถุงมือ ค่าเฉลี่ยคือ 485 ไมโครกรัม/กรัมถุงมือ และวัดระดับการแพ้โดยใช้ ELISA-inhibition test (enzyme-linked immunosorbant test with inhibition) พบว่าระดับการแพ้จะอยู่ในช่วงต่ำกว่า 1-570 AU/ml ค่าเฉลี่ยคือ 117 AU/ml โดยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด กับระดับการแพ้ ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด และระดับการแพ้ของถุงมือทางการแพทย์ที่ทำจากน้ำยางธรรมชาติ 46 ตัวอย่าง

จากรูปที่ 2.3 พบว่า ถุงมือที่มีปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดสูง จะส่งผลให้ระดับการแพ้สูงด้วย ในขณะที่เดียวกัน ถ้าถุงมือที่มีปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดต่ำ จะส่งผลให้ระดับการแพ้ต่ำด้วย และมีรายงานการวิจัยเกี่ยวกับปฏิกิริยาการตอบสนองต่ออาการแพ้โดยวิธี in-vivo skin-prick test ยืนยันว่า

ระดับการแพ้ ต่ำ	ค่าปฏิกิริยาการตอบสนองต่ออาการแพ้ < 10 AU/ml
ระดับการแพ้ ปานกลาง	ค่าปฏิกิริยาการตอบสนองต่ออาการแพ้ 100 AU/ml
ระดับการแพ้ สูง	ค่าปฏิกิริยาการตอบสนองต่ออาการแพ้ >100 AU/ml

เนื่องจากรูปที่ 2.3 จะเห็นได้ว่าค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดที่มีค่าต่ำกว่าหรือเท่ากับ 100 ไมโครกรัม/กรัมถุงมือ จะส่งผลให้ค่าปฏิกิริยาการตอบสนองต่ออาการแพ้ที่วัดได้จะมีค่าน้อยกว่า 9 AU/ml

ฉะนั้นจึงสรุปได้ว่า ถุงมือมีระดับการแพ้ต่ำสุดนั้นจะต้องมีปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 100 ไมโครกรัม/กรัมถุงมือ

### สมมติฐานของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการคลอรีนถุงมือยาง โดยมีสมมติฐานดังต่อไปนี้

1) การบ่มน้ำยางผสมสารเคมี (compounded latex) น่าจะมีผลทำให้ถุงมือที่ผ่านการคลอรีนแล้ว มีสมบัติทางกายภาพด้านการดึงยาง (tensile properties) ที่แตกต่างกันออกไป เช่น ความต้านแรงดึง, ความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 300 และ 500 , ความยาวที่ดึงยางจนขาด เป็นต้น เนื่องจากน้ำยางเมื่อนำมาผสมสารเคมีแล้วจะต้องนำมาบ่มทิ้งไว้ให้น้ำยางเกิดพันธะทางเคมีเชื่อมโยงกันมากขึ้นทุกวันจนน้ำยางเกิดการคงรูปอย่างสมบูรณ์ ดังนั้นถ้านำน้ำยางผสมสารเคมีในแต่ละวันมาทำถุงมือยางแล้วนำมาคลอรีน ก็น่าจะมีผลทำให้สมบัติทางกายภาพของถุงมือแตกต่างกันออกไป

2) ปริมาณความเข้มข้นของน้ำคลอรีน และเวลาในการคลอรีนน่าจะมีผลต่อสมบัติต่างๆ ของถุงมือยาง เนื่องจากคลอรีนมีฤทธิ์เป็นกรดจึงกัดผิวถุงมือยาง

3) การคลอรีนสามารถที่จะลดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยาง เนื่องจากการคลอรีนเป็นการนำถุงมือมาปั่นกับน้ำคลอรีน แล้วนำมาทำให้เป็นกลาง ต่อจากนั้นต้องนำถุงมือมาล้างน้ำเพื่อล้างสารเคมีที่หลงเหลืออยู่ออกไป ซึ่งจากขั้นตอนของการคลอรีนน่าจะทำให้โปรตีนที่เกาะอยู่ที่ผิวถุงมือยางถูกชะละลายออกไป ดังนั้นการคลอรีนสามารถที่จะลดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยาง

### บทที่ 3

#### อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการคลอริเนตถุงมือยาง โดยมีภาวะที่เป็นตัวแปรคือ

- 1) อายุการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 4 5 6 และ 7 วัน
- 2) ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนร้อยละ 0.05 0.06 และ 0.07 โดยมวล
- 3) เวลาในการคลอริเนต 5 10 และ 15 นาที

อุปกรณ์ สารเคมีและขั้นตอนในงานวิจัยมีดังต่อไปนี้

#### 1) อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

##### 1.1) อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำถุงมือยาง มีดังต่อไปนี้

- 1.1.1) พิมพ์มือ ทำจากเซรามิก
- 1.1.2) ถังสแตนเลส ทรงกระบอก
- 1.1.3) ตู้อบ

##### 1.2) อุปกรณ์ที่ใช้ในการคลอริเนต มีดังต่อไปนี้

- 1.2.1) เครื่องชั่งน้ำหนัก
- 1.2.2) บีกเกอร์แก้ว ขนาด 2,000 มิลลิลิตร
- 1.2.3) แผ่นพลาสติกใส
- 1.2.4) แท่งแก้ว
- 1.2.5) เครื่องวัดความเป็นกรด-เบส
- 1.2.6) ตู้อบ

##### 1.3) อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบสมบัติต่างๆ ของถุงมือยาง มีดังต่อไปนี้

- 1.3.1) แผ่นเทียบสีมาตรฐาน (Lovibond scale)
- 1.3.2) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด (scanning electron microscope) รุ่น JSM-6400
- 1.3.3) เครื่องมือทดสอบการดึงยืด (tensile tester) รุ่น LR50K บริษัท LLOYD

1.3.4) เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (UV-visible recording spectrophotometer)  
รุ่น UV-160A บริษัท Shimadzu

## 2) สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

2.1) น้ำยาที่ใช้ในการทดลองมีสมบัติต่างๆดังนี้

- ปริมาณสารที่เป็นของแข็งทั้งหมด	62.8849	ร้อยละโดยน้ำหนักน้ำยา
- ปริมาณเนื้อยางแห้ง	61.2051	ร้อยละโดยน้ำหนักน้ำยา
- ปริมาณแอมโมเนีย	0.4812	ร้อยละโดยน้ำหนักน้ำยา
- ความคงตัวของน้ำยาต่อการกวนด้วยเครื่องกล	989.5	วินาที
- จำนวนกรดไขมันระเหยได้	0.0925	
- จำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์	0.8002	
- ปริมาณแมกนีเซียมไอออน	4.6983	ส่วนในล้านส่วน

2.2) สารเคมีที่ใช้ในการผสมกับน้ำยางชั้น

	ชื่อบริษัทผลิต
KOH	Nippon Soda Co. , Ltd.
TP(SDBC)	Tavarat Co. , Ltd.
Sulphur	Loxley Public Co. , Ltd.
Wingstay L	Goodyear Co. , Ltd.
ZnO	Univenture Public Co. , Ltd.
TiO <sub>2</sub>	Dupont Co. , Ltd.
ZEDC	Flexsys Co. , Ltd.
ZMBT	Monsanto Co. , Ltd.

2.3) สารเคมีที่ใช้ในถังสารช่วยน้ำยางจับตัว

	ชื่อบริษัทผลิต
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Zturn Co. , Ltd.
NP 10	Zturn Co. , Ltd.
CaCO <sub>3</sub>	A.K. Thai Co. , Ltd.

	ชื่อบริษัทผลิต
Vultamol	BASF Co. , Ltd.

## 2.4)-การคลอรีเนต

	ชื่อบริษัทให้สารเคมี
น้ำคลอรีน	Dr. Boo Co. , Ltd.
โซเดียมคาร์บอเนต	Dr. Boo Co. , Ltd.

2.5) สารเคมีที่ใช้ทดสอบสมบัติต่างๆของน้ำยางข้น อยู่ที่ภาคผนวก ก

2.6) สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน อยู่ที่ภาคผนวก ข

2.7) สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน อยู่ที่ภาคผนวก ค

2.8) สารเคมีที่ใช้ในการหาความเข้มข้นของน้ำคลอรีน อยู่ที่ภาคผนวก ง

### 3) การดำเนินการวิจัย

#### 3.1) ผลิตรูปมียาง มีขั้นตอนดังนี้

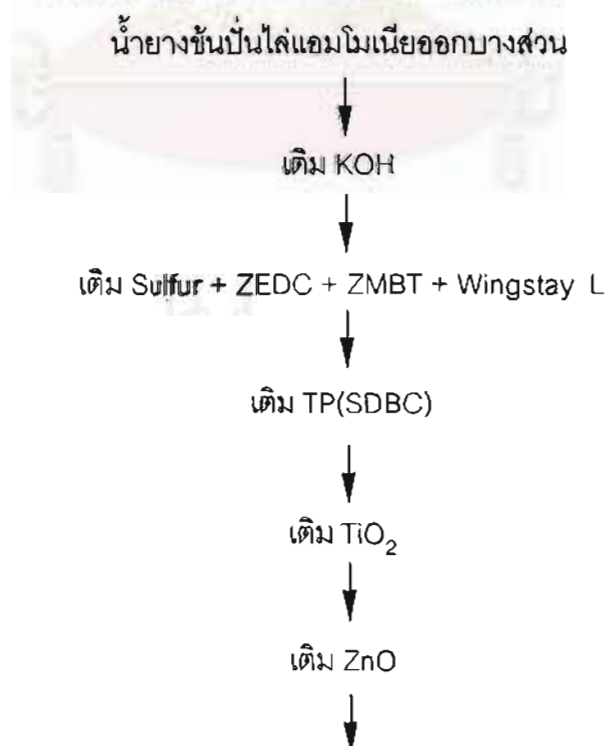
##### 3.1.1) ผสมน้ำยางชั้นกับสารเคมี

##### 3.1.1.1) สูตรสารเคมีที่ใช้มีดังนี้

	dry weight
60% น้ำยาง	100
10% KOH	0.085
50% Sulphur	0.6
50% ZEDC	0.5
50% ZMBT	0.1
50% Wingstay L	0.5
40% TP(SDBC)	0.1
50% ZnO	0.5
50% TiO <sub>2</sub>	0.4

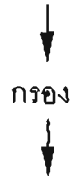
- ใช้น้ำกลั่นในการปรับความเข้มข้นของน้ำยางผสมสารเคมีให้ได้ ร้อยละ 35 โดยมวล

##### 3.1.1.2) ขั้นตอนการผสมน้ำยางชั้นและสารเคมี มีดังนี้





ปั่นทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง เพื่อให้สารเคมีทั้งหมดเข้ากัน



บ่มน้ำยางผสมสารเคมีทิ้งไว้

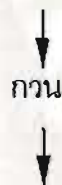
- แต่ละกลุ่มของสารเคมีเมื่อเติมลงในน้ำยางแล้วจะต้องผสมให้เข้ากับน้ำยางเสียก่อนโดยปั่นไว้ 3-5 นาที แล้วจึงเติมสารเคมีตัวต่อไป
- น้ำกลั่นที่ใช้ในการปรับความเข้มข้นสามารถเติมในขั้นตอนการบ่มน้ำยางชั้นและขั้นตอนการเติมสารเคมีได้

น้ำยางผสมสารเคมีจะบ่มทิ้งไว้เพื่อให้น้ำยางเกิดพันธะทางเคมีเชื่อมโยงกันมากขึ้นโดยก่อนที่จะนำน้ำยางผสมสารเคมีมาผลิตถุงมือยางจะต้องตรวจสอบองค์การคงรูปเสียก่อน

3.1.2) วิธีการตรวจสอบองค์การคงรูปของน้ำยางผสมสารเคมี มี 2 วิธี คือ

3.1.2.1) เช็คด้วยคลอโรฟอร์ม มีขั้นตอนดังนี้

น้ำยาง 5 กรัม + คลอโรฟอร์ม



ดูลักษณะของยางที่ได้

วัดผลเป็น เบอร์ 1-4 ตามลักษณะของยาง

เบอร์ 1 : ยางยังไม่คงรูป จะมีลักษณะจับตัวเป็นก้อนนิ่มๆ เหนียวและยืดได้

เบอร์ 2 : ยางเริ่มคงรูปเล็กน้อย จะมีลักษณะเริ่มจับตัวเป็นก้อนเมื่อดึงจะยืดน้อยกว่า เบอร์ 1

เบอร์ 2.5 : ยางคงรูปมากขึ้น จะมีลักษณะจับตัวเป็นก้อนเมื่อดึงจะขาดเลย

เบอร์ 3-3.5 : ยางคงรูปเพิ่มมากขึ้น จะมีลักษณะเริ่มจับตัวกันเป็นเม็ดเล็กๆ

เบอร์ 4 : ยางคงรูปเพิ่มมากยิ่งขึ้น จะมีลักษณะจับตัวเป็นเม็ดเล็กๆ และร่วน

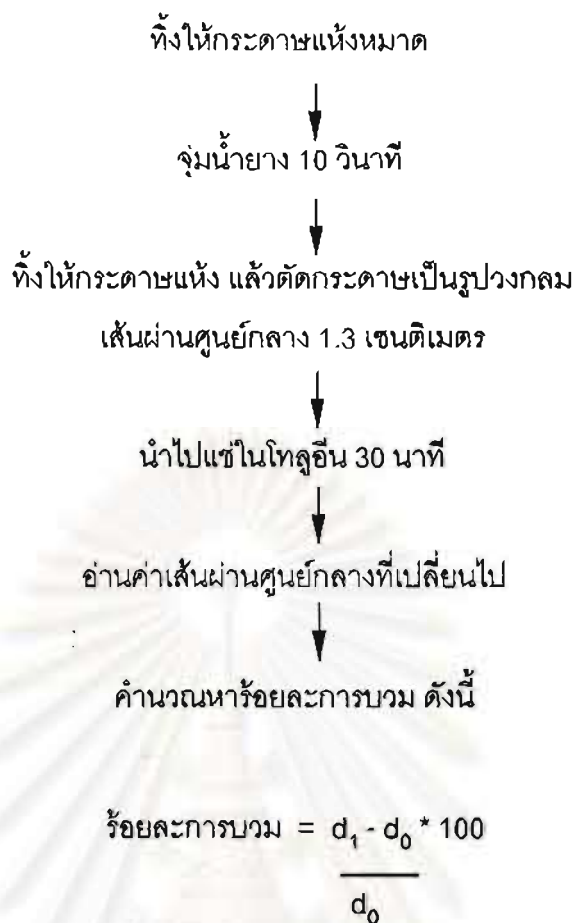
3.1.2.2) การทดสอบการบวม มีขั้นตอนดังนี้

ตัดกระดาษแข็งเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า



จุ่ม 10 % coagulant 2 วินาที





เมื่อ  $d_1$  = เส้นผ่านศูนย์กลางของยางที่ผ่านการแช่โหลอื่นเป็นเวลา 30 นาที

$d_0$  = เส้นผ่านศูนย์กลางเริ่มต้นของยาง คือ 1.3 เซนติเมตร

โดยทั่วไปแล้วร้อยละการบวมของน้ำยางควรมีค่าต่ำกว่าหรือเท่ากับ 80 จึงจะสามารถนำมาทำถุงมือยางได้

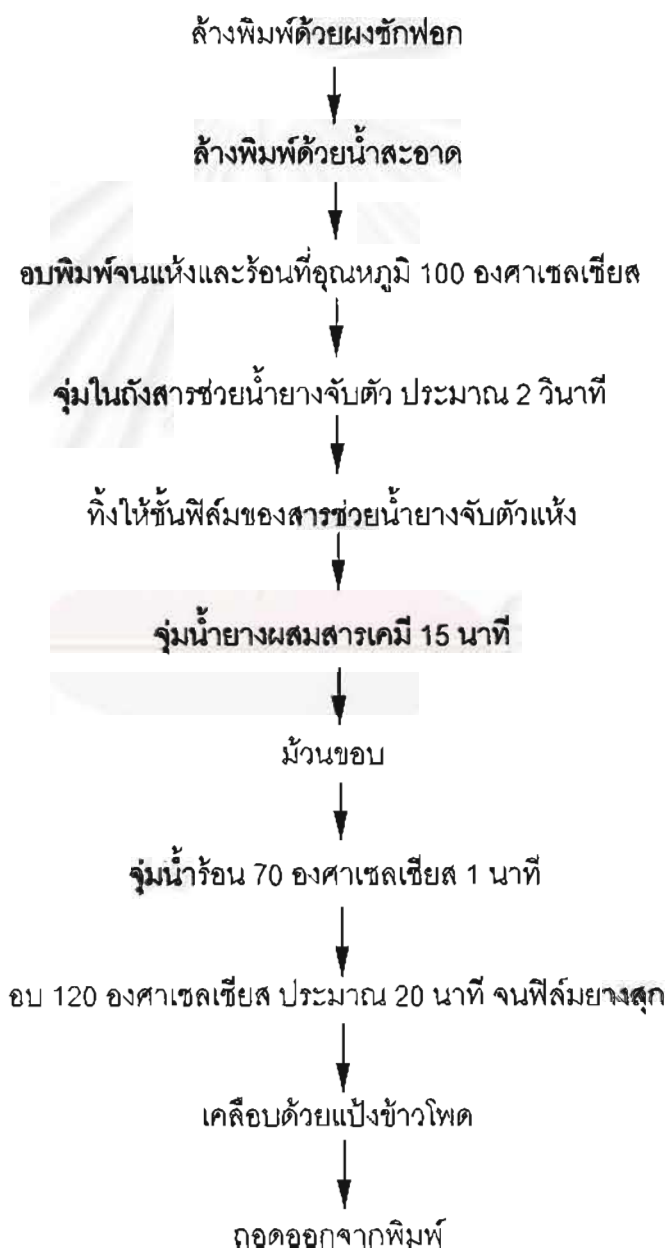
3.1.3) ขั้นตอนของการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี ศึกษาภาวะที่เป็นตัวแปร คือ อายุการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 4 5 6 และ 7 วัน

อายุการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี (วัน)	คลอโรฟอร์ม (เบอร์)	การบวม (ร้อยละ)
4	2.5	69.2
5	3	61.5
6	3.5	61.5
7	4	61.5

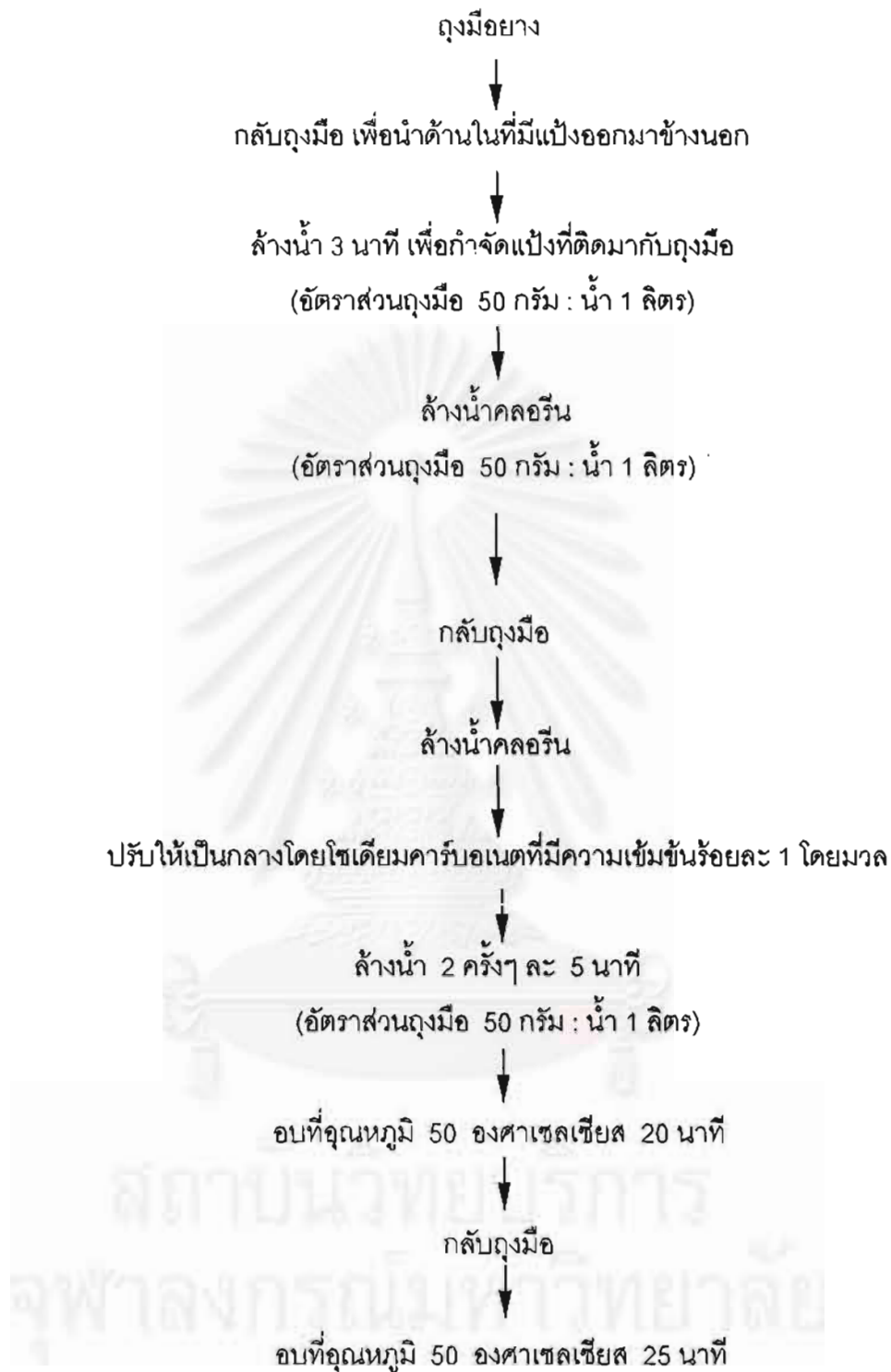
## 3.1.4) การเตรียมสารเคมีที่ใช้ในถังสารช่วยน้ำยางจับตัว ตามสูตรดังนี้

	dry wieght
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	8
NP 10	0.06
$\text{CaCO}_3$ (75%) hydrocard	3
Vultamol	0.1
น้ำกลั่น (ในปริมาณที่รวมแล้วเป็น)	100

## 3.1.5) การผลิตถุงมือยาง



3.2) ขั้นตอนการคลอรีนตุงมืออย่างที่เหมาะสม คือ



ในขั้นตอนการคลอรีนตุงมือนี้ ศึกษาภาวะที่เป็นตัวแปร คือ

- ความเข้มข้นของน้ำคลอรีน ร้อยละ 0.05 0.06 และ 0.07 โดยมวล
- เวลาในการคลอรีนตุงมือ 5 10 และ 15 นาที

3.3) เปรียบเทียบสมบัติต่างๆของถุงมือยางที่ไม่ผ่านการคลอรีนตกับถุงมือยางที่ผ่านการคลอรีนต ดังนี้

3.3.1) บันทึกการเปลี่ยนแปลงสี 16 สัปดาห์ โดยใช้แผ่นเทียบสีมาตรฐาน (Lovibond Scale)

3.3.2) ดูลักษณะพื้นผิวของถุงมือยาง โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกวาด

3.3.3) การวิเคราะห์หาค่า ความต้านทานแรงดึง (tensile strength), ความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 300 และ 500, ความยืดเมื่อขาด (elongation at break) โดยใช้เครื่องมือทดสอบการดึงยืด (tensile tester) ทำที่ 2 ภาวะ คือ ก่อนบ่มแรง และหลังบ่มแรงที่ 100 องศาเซลเซียส 22 ชั่วโมง

3.3.4) การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ โดยวิธี Modified Lowry



## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

งานวิจัยนี้ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการคลอรีนตุงมือยาง โดยมีภาวะที่เป็นตัวแปรคือ

- 1) อายุการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 4 5 6 และ 7 วัน
- 2) ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนร้อยละ 0.05 0.06 และ 0.07 โดยมวล
- 3) เวลาในการคลอรีน 5 10 และ 15 นาที

จากการวิจัยนี้ผลการทดลองที่ได้มีดังนี้

1) การศึกษาผลของตัวแปรที่มีต่อสมบัติต่างๆของถุงมือยางมีดังนี้

1.1) ผลของอายุการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีที่มีต่อน้ำยางผสมสารเคมีและถุงมือยางมีดังนี้

นี้

1.1.1) ระดับการคงรูปของน้ำยางผสมสารเคมี

ในขั้นตอนของการผลิตถุงมือยาง เมื่อนำน้ำยางข้นมาผสมกับสารเคมีแล้วจะต้องนำน้ำยางผสมสารเคมีมาบ่มทิ้งไว้ ในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีนั้นเพื่อให้สารเคมีกระจายตัวในน้ำยางได้ดีและเริ่มเกิดปฏิกิริยา<sup>2</sup> เมื่อบ่มจนได้องค์การคงรูปของน้ำยางที่เหมาะสม จะสามารถนำไปจุ่มผลิตเป็นถุงมือได้ ซึ่งจากสูตรสารเคมีที่ใช้ (ดูที่บทที่ 3) น้ำยางผสมสารเคมีนี้จะเริ่มเหมาะสมในการจุ่มถุงมือได้เมื่อบ่มไว้ 4 วัน เมื่อดูจากตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ระดับการคงรูปของน้ำยางผสมสารเคมี

อายุการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี (วัน)	คลอโรฟอร์ม (เบอร์)	การบวม (ร้อยละ)
4	2.5	69.2
5	3	61.5
6	3.5	61.5
7	4	61.5

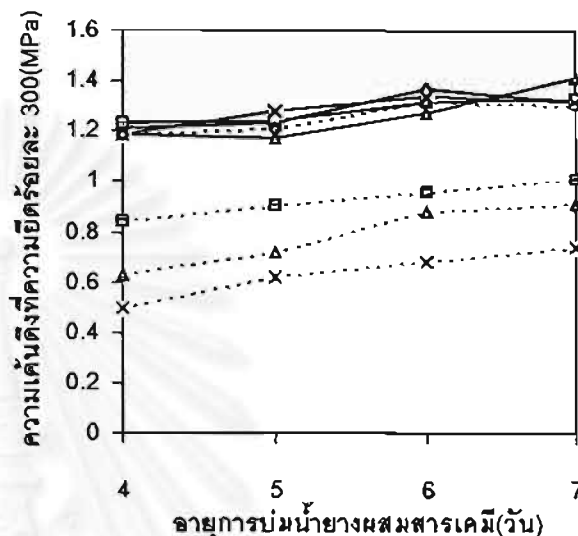
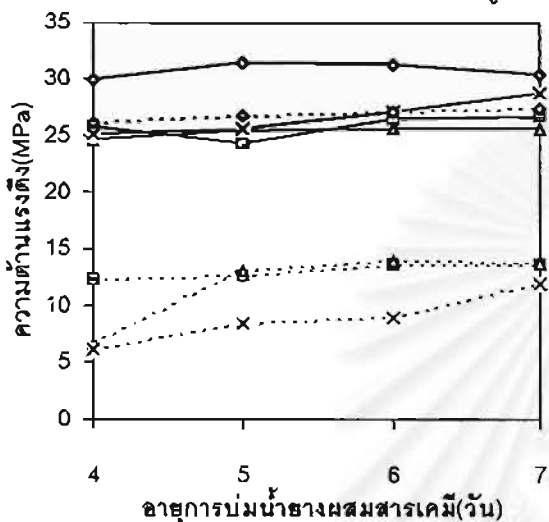
ที่อายุการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 4 วัน จะเห็นได้ว่าเมื่อนำมาตรวจสอบระดับการคงรูปด้วยการเช็คคลอโรฟอร์มยังได้เบอร์ต่ำ คือ 2.5 และร้อยละการบวมยังมีค่าสูงอยู่ คือ 69.2 แสดงว่าน้ำยางยังเกิดพันธะทางเคมีเชื่อมโยงกันยังไม่สมบูรณ์ และเมื่ออายุการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี

มากขึ้นน้ำยางจะเกิดพันธะทางเคมีเชื่อมโยงกันอย่างสมบูรณ์มากขึ้น ดูได้จากการเช็ค คลอโรฟอร์มที่มีค่าเพิ่มมากขึ้น และร้อยละการบวมที่เริ่มคงที่

1.1.2) สมบัติกายภาพด้านการดัดงาย

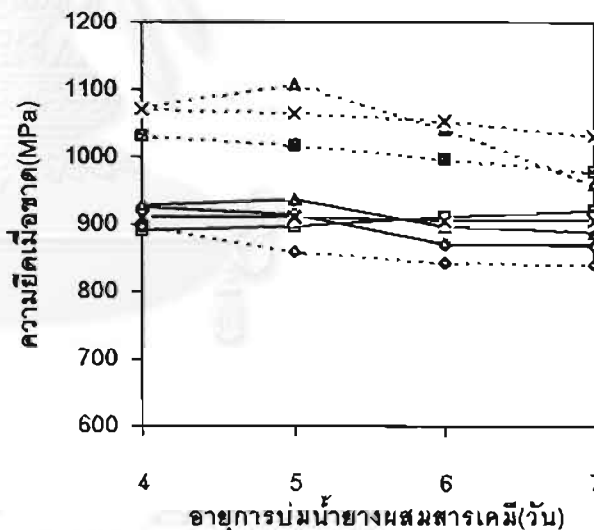
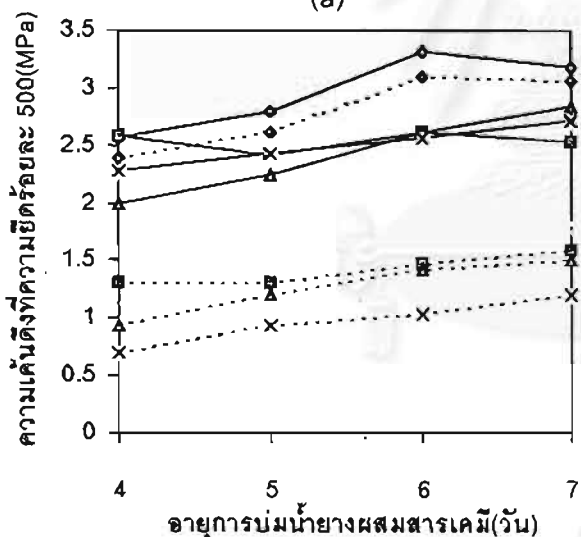
น้ำยางผสมสารเคมีที่อายุการบ่มต่างๆ เมื่อนำมาผลิตเป็นถุงมือยาง แล้วนำมาทดสอบ

สมบัติทางกายภาพด้านการดัดงายดังรูปที่ 4.1



(a)

(b)



(c)

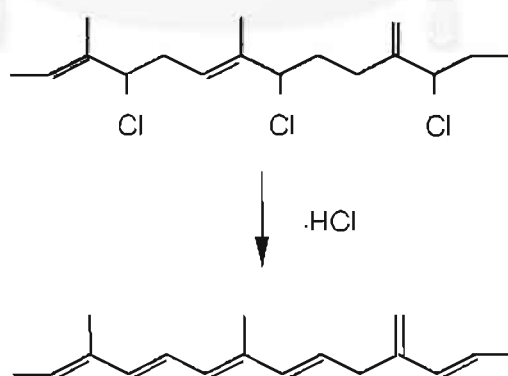
(d)



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติด้านการดัดงายกับอายุการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีที่ภาวะไม่บ่มแรงและหลังบ่มแรงที่ 100 องศาเซลเซียส 22 ชั่วโมง ของถุงมือยางที่ไม่ผ่านการคลอรีเนตและถุงมือยางที่ผ่านการคลอรีเนตโดยใช้ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนร้อยละ 0.07 โดยมวล ที่เวลาในการคลอรีเนตต่างๆ โดย (a) ความต้านแรงดึง, (b) ความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 300, (c) ความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 500 และ (d) ความยืดเมื่อขาด

พบว่าถุงมือที่ไม่ผ่านการคลอรีเนตเมื่ออายุการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีมากขึ้น ค่าความต้านแรงดึงยังไม่เห็นความแตกต่างอย่างเด่นชัด แต่ค่าความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 300 และ 500 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และค่าความยืดเมื่อขาดจะมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย และเมื่อพิจารณาที่ถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตที่ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนร้อยละ 0.07 โดยมวล และเวลาในการคลอรีเนตต่างๆ พบว่าสมบัติด้านการดึงยางจะมีแนวโน้มเดียวกันกับถุงมือที่ไม่ผ่านการคลอรีเนต คือ เมื่ออายุการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีมากขึ้น ค่าความต้านแรงดึงจะมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 300 และ 500 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และค่าความยืดเมื่อขาดจะมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากเมื่ออายุการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีมากขึ้นน้ำยางจะเกิดพันธะทางเคมีเชื่อมโยงกันอย่างสมบูรณ์มากขึ้น ทำให้ถุงมือที่ได้มีความแข็งแรงมากขึ้น จึงทำให้ใช้แรงมากขึ้นในการดึงยางจนขาดและใช้แรงมากขึ้นในการดึงยางให้มีความยาวเป็น 3 เท่า และ 5 เท่า ของความยาวเดิม และมีผลทำให้ความยืดเมื่อขาดลดลง

จากรูปที่ 4.1 เมื่อนำถุงมือที่ไม่ผ่านการคลอรีเนตและถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตมาผ่านการบ่มแรงที่ 100 องศาเซลเซียส 22 ชั่วโมง แล้วนำมาทดสอบสมบัติด้านการดึงยาง พบว่าถุงมือที่ไม่ผ่านการคลอรีเนตและถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนต เมื่ออายุการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีมากขึ้น จะมีผลทำให้ค่าความต้านแรงดึงจะมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 300 และ 500 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และค่าความยืดเมื่อขาดจะมีแนวโน้มลดลง เหตุผลดังที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่ถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตเมื่อนำมาบ่มแรงจะทำให้สมบัติด้านการดึงยางต่ำลงมากกว่า ถุงมือที่ไม่ผ่านการคลอรีเนต เนื่องมาจากถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตแล้วจะไม่สามารถทนความร้อนสูงได้ จะเกิดปฏิกิริยาดังนี้<sup>11</sup>



รูปที่ 4.2 ปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงของถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตเมื่อได้รับความร้อนสูง

เมื่อถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตแล้วได้รับความร้อนสูงจะเกิดการสูญเสียไฮโดรเจนคลอไรด์(HCl) และจะก่อดัวอยู่ในรูป conjugated vinylidene unsaturation แล้วอาจเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน



(oxidation) ต่อไป มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสี ถูมือจะมีสีเหลืองเข้มขึ้นและสมบัติต่างๆ ของถูมือจะแยลง และเมื่อพิจารณาที่ถูมืออย่างที่ผลิตจากน้ำยางผสมสารเคมีที่บ่มไว้ 4-5 วัน จะเห็นว่าเมื่อนำมาผ่านการคลอรีเนตแล้วนำไปบ่มเร่งที่ 100 องศาเซลเซียส 22 ชั่วโมง จะพบว่า เมื่อใช้เวลาในการคลอรีเนตเพิ่มมากขึ้น ค่าความต้านแรงดึงจะมีค่าลดต่ำลงมาก ฉะนั้นถูมือที่ผลิตจากอายุการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 4-5 วัน จะไม่เหมาะสมที่จะนำมาผ่านกระบวนการคลอรีเนต ดังนั้นในการคลอรีเนตควรใช้ถูมือที่ผลิตจากน้ำยางผสมสารเคมีที่บ่มไว้ 6-7 วัน และเนื่องจากถูมือที่ผลิตจากน้ำยางผสมสารเคมีที่บ่มไว้ 6 วัน จะให้สมบัติด้านการดึงยางที่ต่ำกว่าถูมือที่ผลิตจากน้ำยางผสมสารเคมีที่บ่มไว้ 7 วัน ดังนั้นเพื่อการศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการคลอรีเนต ถูมืออย่างทีละเขี่ยยิ่งขึ้นจะใช้ถูมือที่ผลิตจากน้ำยางผสมสารเคมีที่บ่มไว้ 6 วัน



## 1.2) ผลของความเข้มข้นของน้ำคลอรีนและเวลาในการคลอรีเนต

## 1.2.1) ผลของความเข้มข้นของน้ำคลอรีน ที่มีต่อสมบัติต่างๆ ของถุงมือยางมีดังนี้

## 1.2.1.1) การเปลี่ยนแปลงสีของถุงมือยาง

การจัดการเปลี่ยนสีของถุงมือที่ไม่ผ่านการคลอรีเนตกับถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องในถุงพลาสติกทึบแสง โดยใช้แผ่นเทียบสีมาตรฐาน (Lovibond scale) แสดง ค่าเป็นระดับความเข้มสี (คือ ระดับของสีเหลือง) เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ ดังตารางที่ 4.2 พบว่า ถุงมือที่ไม่ผ่านการคลอรีเนตนั้นระดับความเข้มสีจะมีค่าต่ำ คือ เบอร์ 2 ถุงมือจะมีสีเหลืองอ่อนคงที่ตลอด แต่เมื่อนำถุงมือมาผ่านการคลอรีเนต จะพบว่าถุงมือเกิดการเปลี่ยนสีเมื่อเก็บไว้อาจเป็นเพราะจากปฏิกิริยา ดังรูปที่ 4.2

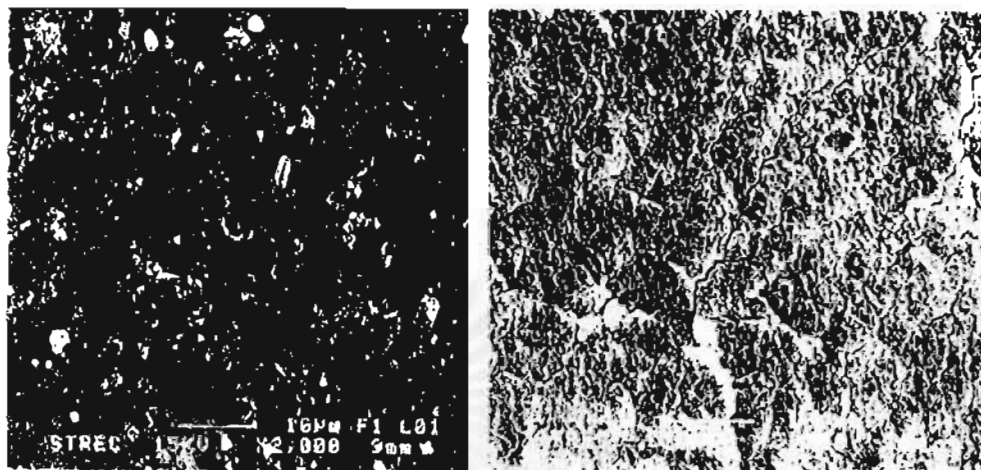
ตารางที่ 4.2 การเปลี่ยนสีของถุงมือยางเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ เปรียบเทียบที่ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนต่างๆ

เวลาในการคลอรีเนชัน (นาทีก)	ความเข้มข้นของน้ำคลอรีน (ร้อยละโดยมวล)	ระดับของความเข้มสี (เบอร์)															
		ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
5	0.05	2	3.5	4	4	4.5	4.5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	
	0.06	2	3	4	4.5	4.5	5	5	5	6	6	6	6	6	7	7	
	0.07	2	2.5	3.5	4.5	5	5	5	6	6	6	6	7	7	7	7	
10	0.05	2	3.5	4	4	4	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	
	0.06	2	3.5	4.5	5	5	5	6	6	6	6	6	7	7	7	7	
	0.07	2	3.5	4.5	5	5	5	6	6	6	7	7	7	7	7	7	
15	0.05	3	4.5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	
	0.06	3	4	5	5	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	
	0.07	3	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
ถุงมือไม่ผ่านการคลอรีเนต		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	

แสดงปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงของถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตเมื่อได้รับความร้อนสูง ถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตเมื่อได้รับความร้อนสูง ถุงมือจะเกิดการเปลี่ยนสี สีของถุงมือจะเข้มมากขึ้น แต่จากผลการทดลองถึงแม้จะเก็บที่อุณหภูมิห้องในถุงพลาสติกทึบแสงก็สามารถเกิดการเปลี่ยนสีได้แต่การเปลี่ยนสีจะไม่เกิดอย่างรวดเร็วเหมือนที่อุณหภูมิสูง และจากตารางที่ 4.2 จะพบว่าถุงมือเกิดการเปลี่ยนสีเร็วขึ้นเมื่อใช้ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนมากขึ้น อาจเป็นเพราะเมื่อใช้ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนเพิ่มมากขึ้น ปริมาณคลอรีนที่เข้าทำปฏิกิริยาที่พื้นผิวถุงมือจะมีมากขึ้น ดังรูปที่ 4.2 อาจจะทำให้เกิดอนุมูลไฮโดรเจนคลอไรด์(HCl) และจะก่อกวนอยู่ในรูป conjugated vinylidene

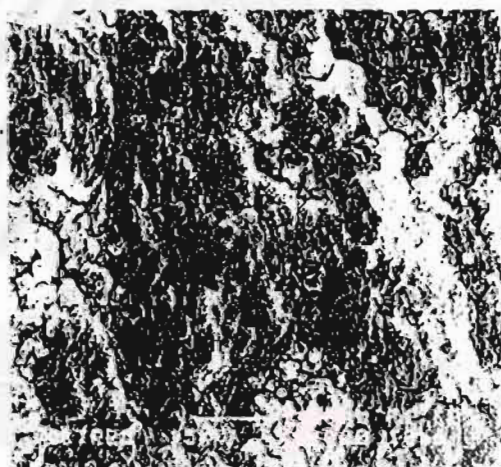
unsaturation มากขึ้น แล้วเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันต่อไปทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีเพิ่มมากขึ้น เมื่อเก็บไว้

### 1.2.1.2) ลักษณะพื้นผิวของถุงมือยาง



(a)

(b)



(c)

รูปที่ 4.3 พื้นผิวของถุงมือยางที่ขยายผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด ขนาดกำลังขยาย 2000 เท่า โดย

(a) ถุงมือไม่ผ่านการคลอรีเนต

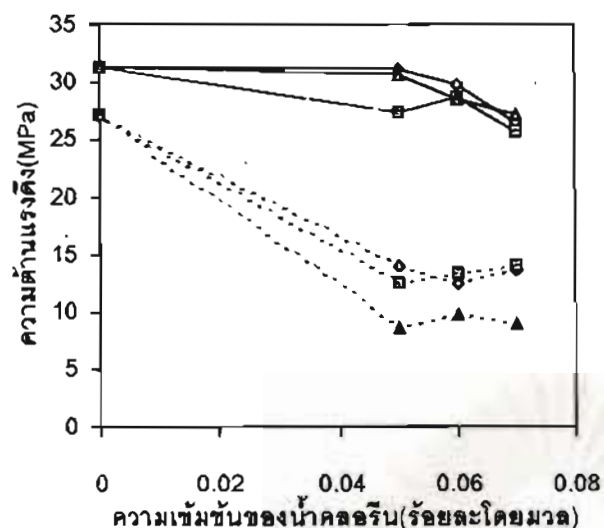
(b) ถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตที่ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนร้อยละ 0.06 โดยมวล และเวลาในการคลอรีเนต 15 นาที

(c) ถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตที่ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนร้อยละ 0.07 โดยมวล และเวลาในการคลอรีเนต 15 นาที

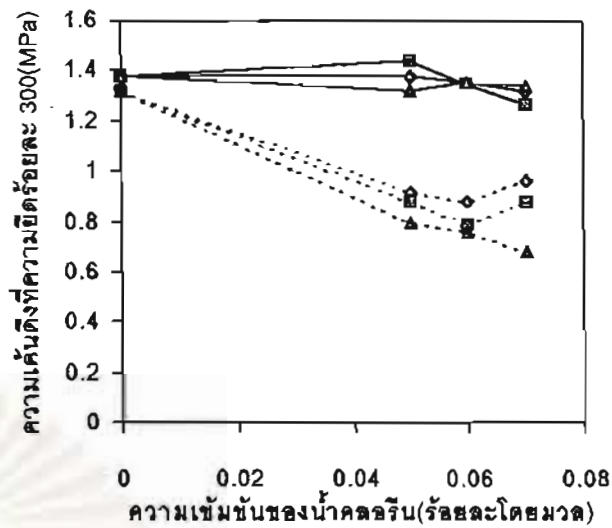
จากการนำผิวถุงมือยางมาขยายผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด(SEM) พบว่าถุงมือไม่ผ่านการคลอรีเนตจะไม่พบรอยแตกแยกที่ผิว ดังรูปที่ 4.3(a) แต่เมื่อนำถุงมือมาผ่านการคลอรีเนต จะเกิดรอยแตกแยกที่ผิว โดยรอยแตกที่ผิวจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อใช้ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนเพิ่มมากขึ้น ดังรูปที่ 4.3(b) เป็นรูปพื้นผิวถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตที่ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนร้อยละ 0.06 โดยมวลและเวลาในการคลอรีเนต 15 นาที จะเห็นรอยแตกแยกที่ผิวไม่มากนัก และรอยแตกจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อใช้ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนเพิ่มมากขึ้น ดังรูปที่ 4.3(c) เป็นรูปพื้นผิวถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตที่ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนเพิ่มขึ้น คือ ร้อยละ 0.07 โดยมวลและเวลาในการคลอรีเนตเท่าเดิม คือ 15 นาที จากผลการทดลองแสดงว่าในการคลอรีเนตนั้นคลอรีนอาจเข้าทำลายผิวถุงมือ ซึ่งเมื่อใช้ความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้น คือมีปริมาณคลอรีนเพิ่มมากขึ้น ทำให้พื้นผิวถุงมือถูกทำลายมากขึ้นด้วย

#### 1.2.1.3) สมบัติทางกายภาพด้านการดึงยาง ในการทดลองทำที่ 2 ภาวะคือ - ไม่ปมเร่ง

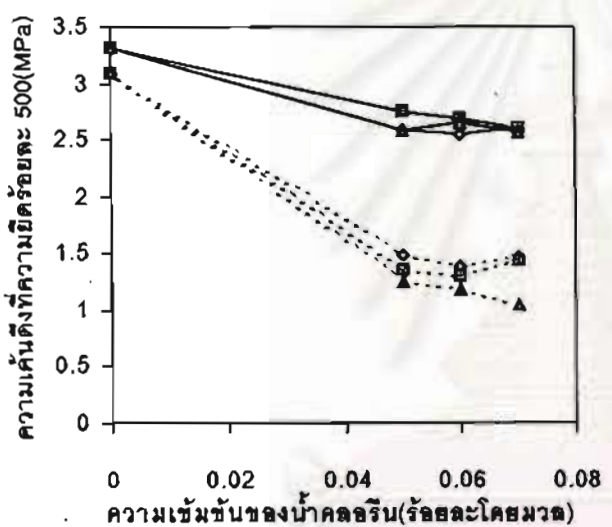
จากการนำถุงมือที่ไม่ผ่านการคลอรีเนต และถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตที่ภาวะต่างๆ มาทดสอบสมบัติทางกายภาพด้านการดึงยาง ดังรูปที่ 4.4 พบว่าถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตแล้วนั้นจะมีค่าความต้านแรงดึง และความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 300 และ 500 มีค่าลดลง และความยืดเมื่อขาดมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับถุงมือที่ไม่ผ่านการคลอรีเนต อาจเนื่องจากการ คลอรีเนชันนั้นคลอรีนจะทำลายผิวถุงมือยาง จะมีผลทำให้ความแข็งแรงของถุงมือลดต่ำลง และเมื่อพิจารณาที่ความเข้มข้นของน้ำคลอรีน จะพบว่าเมื่อความเข้มข้นของน้ำคลอรีนเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ความต้านแรงดึง ความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 300 และ 500 และ ความยืดเมื่อขาดมีค่าลดลง จากผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ N.A.A.Aziz <sup>11</sup> ศึกษาการคลอรีเนตถุงมือยาง พบว่าเมื่อใช้ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนต่ำคือ ร้อยละ 0.01-0.1 โดยมวล โดยที่เวลาในการคลอรีเนต 10 นาที ความต้านแรงดึงจะมีค่าประมาณ 25.5-26.5 เมกะพาสคัล แต่ถ้าใช้ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนสูง คือ 0.3 โดยมวล ที่เวลาในการคลอรีเนต 10 นาที ความต้านแรงดึงจะมีค่าลดต่ำลงประมาณ 20.8 เมกะพาสคัล เหตุผลเนื่องจากการคลอรีเนตนั้นคลอรีนจะทำลายผิวถุงมือ เมื่อใช้ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนน้อย ผิวถุงมือจะถูกทำลายไม่มากถุงมือจะยังคงความยืดหยุ่น แต่เมื่อความเข้มข้นของน้ำคลอรีนมาก ผิวถุงมือจะถูกทำลายมากขึ้นถุงมือจะมีลักษณะแข็งและเปราะ <sup>14</sup> ทำให้ความต้านแรงดึง ความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 300 และ 500 และ ความยืดเมื่อขาดมีค่าต่ำลง



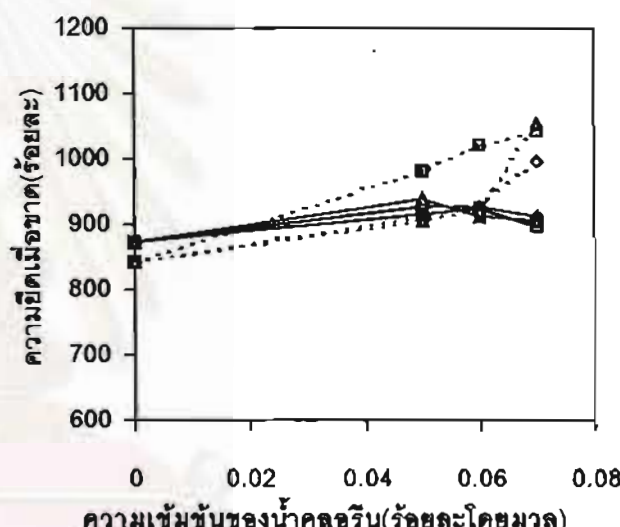
(a)



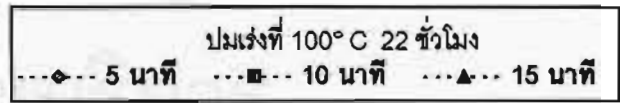
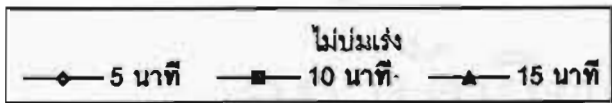
(b)



(c)



(d)



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติด้านการดัดงายกับความเข้มข้นของน้ำคลอรีนที่ภาวะไม่ปั๊มแรงและหลังปั๊มแรงที่ 100 องศาเซลเซียส 22 ชั่วโมง ของถุงมือยางที่ไม่ผ่านการคลอรีเนตและถุงมือยางที่ผ่านการคลอรีเนต ที่เวลาในการคลอรีเนตต่างๆ โดย (a) ความต้านแรงดึง, (b) ความเค้นดึงที่ความยัดร้อยละ 300, (c) ความเค้นดึงที่ความยัดร้อยละ 500 และ (d) ความยัดเมื่อขาด

- หลังบ่มเร่งที่ 100 องศาเซลเซียส 22 ชั่วโมง

การบ่มเร่งเป็นกรรมวิธีที่ทำให้ขึ้นทดสอบมีสภาพใกล้เคียงกับสภาพหลังการใช้งานจริง แต่ใช้เวลาสั้นกว่าเมื่อนำถุงมือที่ไม่ผ่านการคลอรีเนต และถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตที่ภาวะต่างๆ มาบ่มเร่งที่ 100 องศาเซลเซียส 22 ชั่วโมง จากนั้นนำมาทดสอบสมบัติทางกายภาพด้านการดึง ยาง ดังรูปที่ 4.4 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างภาวะไม่บ่มเร่งและภาวะหลังบ่มเร่ง จะเห็นได้ว่าถุงมือที่ไม่ผ่านการคลอรีเนตเมื่อนำมาบ่มเร่งจะทำให้สมบัติด้านการดึงยางลดต่ำลงเล็กน้อย แต่สำหรับถุงมืออย่างที่ผ่านการคลอรีเนตแล้วเมื่อนำมาบ่มเร่งที่อุณหภูมิสูง จะทำให้สมบัติด้านการดึงยางต่ำลงมาก คือ ความต้านแรงดึง และ ความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 300 และ 500 มีค่าลดต่ำลง และ ความยืดเมื่อขาดมีค่าเพิ่มขึ้น อธิบายได้จากรูปที่ 4.2 เหตุผลดังที่ได้กล่าวมาแล้ว และเมื่อพิจารณาที่ผลของความเข้มข้นของน้ำคลอรีนที่มีต่อสมบัติด้านการดึงยางยังไม่เห็นความแตกต่างอย่างชัดเจน อาจเนื่องจากการทดลองนี้มีการแปรความเข้มข้นของน้ำคลอรีนที่ไม่แตกต่างกันมากนัก และเมื่อเปรียบเทียบงานวิจัยของ N.A.Aziz<sup>11</sup> ศึกษาการคลอรีเนตถุงมือยาง จากการนำถุงมือยางมาบ่มเร่งที่ 100 องศาเซลเซียส 22 ชั่วโมง พบว่าเมื่อใช้ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนเพิ่มขึ้น จะทำให้ความต้านแรงดึงลดต่ำลงด้วย

## 1.2.2) ผลของเวลาในการคลอรีเนต ที่มีต่อสมบัติต่างๆ ของถุงมือยางมีดังนี้

### 1.2.2.1) การเปลี่ยนแปลงสีของถุงมือยาง

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตแล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องในถุงพลาสติกทึบแสง จะพบว่าถุงมือเกิดการเปลี่ยนสีเมื่อเก็บไว้ เหตุผลดังที่ได้กล่าวไปแล้ว และถุงมือจะเกิดการเปลี่ยนสีเร็วขึ้นเมื่อใช้เวลาในการคลอรีเนตเพิ่มมากขึ้น อาจเนื่องมาจากเมื่อใช้เวลาในการคลอรีเนตมากขึ้นปริมาณคลอรีนสามารถจะเข้าทำปฏิกิริยาที่ผิวถุงมือได้มากขึ้น และเมื่อเก็บถุงมือไว้จะเกิดปฏิกิริยาดังรูปที่ 4.2 อาจเกิดสูญเสียไฮโดรเจนคลอไรด์(HCl) และจะก่อดำอยู่ในรูป conjugated vinylidene unsaturation มากขึ้น แล้วเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันมากขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีเพิ่มมากขึ้นเมื่อเก็บไว้

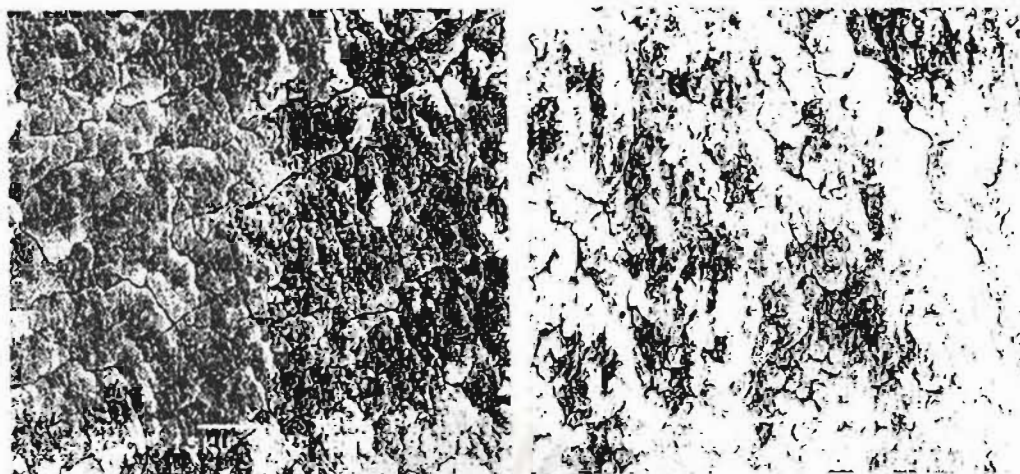
ตารางที่ 4.3 การเปลี่ยนสีของถุงมือยางเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ เปรียบเทียบที่เวลาในการคลอรีเนตต่างๆ

ความเข้มข้นของน้ำคลอรีน (ร้อยละโดยมวล)	เวลาในการคลอรีเนชัน (นาที)	ระดับของความเข้มสี (เบอร์)														
		ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0.05	5	2	3.5	4	4	4.5	4.5	5	5	5	5	6	6	6	6	6
	10	2	3.5	4	4	4	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6
	15	3	4.5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7
0.06	5	2	3	4	4.5	4.5	5	5	5	6	6	6	6	6	7	7
	10	2	3.5	4.5	5	5	5	6	6	6	6	6	7	7	7	7
	15	3	4	5	5	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7
0.07	5	2	2.5	3.5	4.5	5	5	5	6	6	6	6	7	7	7	7
	10	2	3.5	4.5	5	5	5	6	6	6	7	7	7	7	7	7
	15	3	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
ถุงมือไม่ผ่านการคลอรีเนต		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

### 1.2.2.2) ลักษณะพื้นผิวของถุงมือยาง

จากการนำผิวถุงมือยางมาขยายผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาดดังรูปที่ 4.5 จะพบว่าจากรูปที่ 4.5(a) เป็นรูปถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตที่ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนร้อยละ 0.07 โดยมวลและเวลาในการคลอรีเนต 10 นาที และรูปที่ 4.5(b) เป็นรูปถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตที่ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนเท่ากัน คือ ร้อยละ 0.07 โดยมวล แต่ใช้เวลาในการคลอรีเนตมากกว่า คือ 15 นาที จะเห็นได้ว่ารูปที่ 4.5(b) พื้นผิวถุงมือจะถูกทำลายมากกว่า





(a)

(b)

รูปที่ 4.5 พื้นผิวของถุงมือยางที่ขยายผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด ขนาดกำลังขยาย 200 เท่า โดย

(a) ถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตที่ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนร้อยละ 0.07 โดยมวล และเวลาในการคลอรีเนต 10 นาที

(b) ถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตที่ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนร้อยละ 0.07 โดยมวล และเวลาในการคลอรีเนต 15 นาที

แสดงว่าเมื่อใช้เวลาในการคลอรีเนตมากขึ้น คลอรีนสามารถจะเข้าทำลายผิวถุงมือได้มากขึ้น จึงเห็นรอยแตกที่ผิวเพิ่มมากขึ้น

1.2.2.3) สมบัติทางกายภาพด้านการดัดง้างในการทดลองทำที่ 2 ภาวะคือ  
- ก่อนบ่มเร่ง

ถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตแล้วเมื่อนำมาศึกษาสมบัติด้านการดัดง้าง ผลการทดลองที่ได้ดังตารางที่ 4.4 เมื่อพิจารณาที่ผลของเวลาในการคลอรีเนตที่มีต่อถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตแล้วยังไม่ปรากฏความแตกต่างของสมบัติด้านการดัดง้าง อาจเป็นเพราะการแปรเวลาในการคลอรีเนตที่ไม่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ N.A.A.Aziz<sup>11</sup> ศึกษาการคลอรีเนตถุงมือยาง พบว่าที่ความเข้มข้นของน้ำคลอรีน คือ 0.3 โดยมวล โดยที่เวลาในการคลอรีเนต 1 นาที ความต้านแรงดึงจะมีค่าประมาณ 24 เมกะพาสคัล แต่เมื่อใช้เวลาในการคลอรีเนตเพิ่มขึ้นเป็น 20 นาที ความต้านแรงดึงจะลดเหลือประมาณ 18 เมกะพาสคัล จะเห็นได้ว่างานวิจัยของ N.A.A.Aziz จะเห็นผลของเวลาในการคลอรีเนตค่อนข้างชัดเจนเนื่องจากการแปรเวลาที่แตกต่างกัน จากงาน



วิจัยของ N.A.Aziz จะอธิบายได้ว่า เนื่องจากในการคลอริเนตนั้นคลอรีนจะทำลายผิวถุงมือ เมื่อใช้เวลาในการคลอริเนตน้อย ผิวถุงมือจะถูกทำลายไม่มากถุงมือจะยังคงความยืดหยุ่น แต่เมื่อเวลาในการคลอริเนตมาก ผิวถุงมือจะถูกทำลายมากขึ้นถุงมือจะมีลักษณะแข็งและเปราะ<sup>14</sup> ทำให้ความต้านแรงดึงมีค่าต่ำลง

ตารางที่ 4.4 สมบัติทางกายภาพด้านการดึงยางที่ภาวะไม่บ่มแรงของถุงมือที่ผลิตจากน้ำยางผสมสารเคมีที่บ่มไว้ 6 วัน

ความเข้มข้นของ น้ำคลอรีน (ร้อยละโดยมวล)	เวลาในการ คลอริเนชัน (นาที)	ความต้านแรงดึง (เมกะพาสคัล)	ความเค้นดึงที่ความยืด ร้อยละ (เมกะพาสคัล)	ความยืดเมื่อขาด (ร้อยละ)	
			300	500	
0		31.39	1.38	3.32	872.16
0.05	5	31.22	1.38	2.59	926.60
	10	27.34	1.44	2.75	914.67
	15	30.64	1.32	2.59	938.82
0.06	5	29.84	1.36	2.56	926.91
	10	28.64	1.35	2.69	925.60
	15	28.54	1.36	2.66	912.31
0.07	5	26.54	1.32	2.61	912.31
	10	25.69	1.27	2.61	897.11
	15	27.23	1.34	2.57	906.67

- หลังบ่มแรงที่ 100 องศาเซลเซียส 22 ชั่วโมง

ถุงมือที่ผ่านการคลอริเนตที่ภาวะต่างๆมาบ่มแรงที่ 100 องศาเซลเซียส 22 ชั่วโมง จากนั้นนำมาทดสอบสมบัติทางกายภาพด้านการดึงยาง ดังตารางที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้เวลาในการคลอริเนตเพิ่มมากขึ้นจะมีผลทำให้ความต้านแรงดึง และ ความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 300 และ 500 มีค่าลดลง เนื่องจากเมื่อใช้เวลาในการคลอริเนตมากขึ้น คลอรีนสามารถเข้าทำปฏิกิริยาที่ผิวถุงมือได้มากขึ้น ซึ่งคาดว่าจะมีปริมาณคลอรีนที่ผิวถุงมือมากด้วยเช่นกัน เมื่อนำไปผ่านการบ่มแรงที่อุณหภูมิสูง 100 องศาเซลเซียส 22 ชั่วโมง ถุงมือจะเกิดปฏิกิริยาดังรูปที่ 4.2 โดยถ้าปริมาณคลอรีนมาก ก็จะทำให้เกิดปฏิกิริยาดังกล่าวมากด้วย จะทำให้สมบัติต่างๆ ของถุงมือแย่งลง คือ ความต้านแรงดึง และความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 300 และ 500 มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากความแข็งแรงของถุงมือลดต่ำลง

ตารางที่ 4.5 สมบัติทางกายภาพด้านการตั้งยงที่ภาวะหลังบ่มเร่งที่ 100 องศาเซลเซียส 22 ชั่วโมง ของถุงมือที่ผลิตจากน้ำยางผสมสารเคมีที่บ่มไว้ 6 วัน

ความเข้มข้นของ น้ำคลอรีน (ร้อยละโดยมวล)	เวลาในการ คลอรีนชัน (นาที)	ความต้านแรงดึง (เมกะพาสคัล)	ความเค้นดึงที่ความยืด ร้อยละ (เมกะพาสคัล)	ความยืดเมื่อขาด (ร้อยละ)	
			300	500	
0		27.09	1.32	3.10	842.59
0.05	5	13.93	0.92	1.49	911.70
	10	12.42	0.88	1.36	980.39
	15	8.62	0.80	1.25	905.82
0.06	5	12.43	0.88	1.38	962.50
	10	13.34	0.79	1.31	1020.32
	15	9.91	0.76	1.18	920.21
0.07	5	13.59	0.96	1.47	997.84
	10	14.01	0.88	1.43	1042.41
	15	9.06	0.68	1.04	1054.42

### 1.2.3) การเกาะติดกันของพื้นผิวถุงมือ

จากการดูลักษณะพื้นผิวของถุงมือโดยใช้ SEM จะเห็นได้ว่า ในการคลอรีนตถุงมือยงนั้นคลอรีนจะเข้าทำลายพื้นผิวของถุงมือยง ซึ่งจากผลของความเข้มข้นของน้ำคลอรีนและเวลาในการคลอรีนต จะเห็นได้ว่าเมื่อความเข้มข้นของน้ำคลอรีนและเวลาในการคลอรีนตเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ผิวถุงมือถูกทำลายมากขึ้น แสดงว่าคลอรีนสามารถเข้าทำปฏิกิริยาที่ผิวถุงมือได้มากขึ้น ผิวถุงมือยงจะมีลักษณะแข็งและลื่นขึ้น (ปฏิกิริยาดังหน้า 24) จากผลการศึกษาดูลักษณะการเกาะติดกันของถุงมือยง ที่ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนและเวลาในการคลอรีนตต่างๆ ดังตารางที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าถ้าใช้เวลาในการคลอรีนตเพิ่มขึ้นที่ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนค่าหนึ่ง จะพบว่าการเกาะติดกันของผิวถุงมือยงจะลดลง แสดงว่าเวลาในการคลอรีนตที่เพิ่มมากขึ้น จะทำให้คลอรีนเข้าทำปฏิกิริยาที่ผิวถุงมือยงได้ทั่วถึงมากขึ้น และถ้าใช้ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนเพิ่มขึ้นที่เวลาในการคลอรีนตค่าหนึ่ง จะพบว่าการเกาะติดกันของผิวถุงมือยงจะลดลงเช่นกัน แสดงว่าเมื่อความเข้มข้นของน้ำคลอรีนเพิ่มขึ้น ก็จะมีปริมาณคลอรีนมากขึ้น ทำให้สามารถทำปฏิกิริยาที่ผิวถุงมือยงได้มากขึ้น และถ้าใช้ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนและเวลาในการคลอรีนตที่เหมาะสมแล้วพื้นผิวถุงมือจะไม่เกาะติดกันเลย จากการทดลองจะเห็นได้ว่าผิวถุงมือจะไม่เกาะติดกันเลยที่ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนร้อยละ 0.07 โดยมวล และเวลาในการคลอรีนต 10-15 นาที

ตารางที่ 4.6 การเกาะติดกันของพื้นผิวถุงมืออย่างผ่านการคลอรีนแล้วที่ภาวะต่างๆ

ความเข้มข้นของน้ำคลอรีน (ร้อยละโดยมวล)	เวลาในการคลอรีน (นาที)	การเกาะติดกันของพื้นผิว
0.05	5	ติดกันมาก
	10	ติดกัน
	15	ติดกัน
0.06	5	ติดกัน
	10	ติดกัน
	15	ติดกันเล็กน้อย
0.07	5	ติดกัน
	10	ไม่ติดกันเลย
	15	ไม่ติดกันเลย

## 2) ภาวะที่เหมาะสมในการคลอรีเนตถุงมือยาง

วัตถุประสงค์หลักในการคลอรีเนตถุงมือยางคือ เพื่อให้ถุงมือสีน้ออย่างถาวร จากการศึกษากการเกาะติดกันของผิวถุงมือยาง จะพบว่าผิวถุงมือจะไม่เกาะติดกันเลยที่ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนร้อยละ 0.07 โดยมวล และเวลาในการคลอรีเนต 10-15 นาที และจากการศึกษาสมบัติด้านการดึงยางของถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตแล้ว พบว่าถ้าใช้ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนและเวลาในการคลอรีเนตเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ ค่าความต้านแรงดึง ค่าความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 300 และ 500 และค่าความยืดเมื่อขาดจะมีแนวโน้มลดลง และจะเกิดการเปลี่ยนสีเร็วขึ้น

ดังนั้นภาวะที่เหมาะสมในการคลอรีเนตถุงมือยางควรเป็นภาวะที่ใช้ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนและเวลาในการคลอรีเนตต่ำสุดที่ทำให้ผิวถุงมือสีน้อ ไม่เกาะติดกันเลย คือ ที่ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนร้อยละ 0.07 โดยมวล และเวลาในการคลอรีเนต 10 นาที

เมื่อได้ภาวะที่เหมาะสมในการคลอรีเนตถุงมือยางแล้ว จะทำการศึกษาต่อดังนี้

### 2.1) การเปรียบเทียบสมบัติกายภาพด้านการดึงยางกับข้อกำหนดต่างๆ

จากการนำถุงมือที่ผลิตจากน้ำยางผสมสารเคมีที่บ่มไว้ 6 วัน นำมาผ่านการคลอรีเนตที่ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนร้อยละ 0.07 โดยมวล และเวลาในการคลอรีเนต 10 นาที ซึ่งเป็นภาวะที่เหมาะสมในการคลอรีเนตถุงมือยางนำมาเปรียบเทียบสมบัติด้านการดึงยางกับข้อกำหนดต่างๆ ดังนี้

- มอก. 538-2540 : มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสำหรับถุงมือยางปราศจากเชื้อสำหรับการศัลยกรรมชนิดใช้ครั้งเดียว
- มอก. 1056-2540 : มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสำหรับถุงมือยางสำหรับการตรวจโรคชนิดใช้ครั้งเดียว
- ASTM D 3577-99 : มาตรฐานผลิตภัณฑ์สำหรับถุงมือยางสำหรับการศัลยกรรม
- ASTM D 3578-99 : มาตรฐานผลิตภัณฑ์ถุงมือยางสำหรับการตรวจโรค

ผลจากการเปรียบเทียบสมบัติด้านการดึงยางที่ภาวะไม่บ่มเร่ง ดังแสดงในตารางที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าสมบัติด้านการดึงยาง คือ ค่าความต้านแรงดึง ความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 300 และ 500 และ ความยืดเมื่อขาด ที่ผ่านการคลอรีเนตที่เหมาะสมมีคุณภาพตรงตามข้อกำหนดของ มอก. 1056-2540 , มอก. 538-2540 , ASTM D 3577-99 และ ASTM D 3578-99

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบข้อกำหนดต่างๆ กับสมบัติด้านการดึงยางที่ภาวะไม่บ่มเร่งของที่ผลิตจากน้ำยางผสมสารเคมีอายุ 6 วัน ผ่านการคลอริเนตที่ภาวะที่เหมาะสม

ข้อกำหนด	ความต้านแรงดึง (เมกะพาสคัล)	ความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ		ความยืดเมื่อขาด (ร้อยละ)
		300	500	
มอก. 538-2540	23(ต่ำสุด)	3(สูงสุด)	-	700(ต่ำสุด)
มอก. 1056-2540	21(ต่ำสุด)	-	-	700(ต่ำสุด)
ASTM D 3577-99	24(ต่ำสุด)	-	5.5(สูงสุด)	750(ต่ำสุด)
ASTM D 3578-99	14(ต่ำสุด)	-	-	700(ต่ำสุด)
ถุงมือยางที่ผ่านการ คลอริเนตที่ภาวะที่ เหมาะสม	25.69	1.27	2.61	897.11

และผลจากการเปรียบเทียบสมบัติด้านการดึงยางที่ภาวะหลังการบ่มเร่งที่ 100 องศาเซลเซียส 22 ชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 4.8 จะเห็นได้ว่า สมบัติด้านการดึงยางที่ภาวะหลังการบ่มเร่งที่ 100 องศาเซลเซียส 22 ชั่วโมง ของถุงมือยางที่ผ่านการคลอริเนตที่ภาวะที่เหมาะสมแล้ว ค่าความต้านแรงดึงที่ได้ตรงตามข้อกำหนดของ ASTM D 3578-99 ข้อเดียวเนื่องจากถุงมือยางที่ผ่านการคลอริเนตแล้ว จะไม่สามารถทนความร้อนสูงได้ ทำให้ความต้านแรงดึงลดต่ำลงมาก แต่เนื่องจากในการบ่มเร่งสามารถทำได้ทั้ง 2 ภาวะ คือบ่มเร่งที่ 100 องศาเซลเซียส 22 ชั่วโมง จะใช้เวลาสั้นกว่า และ บ่มเร่งที่ 70 องศาเซลเซียส 7 วัน จะใช้เวลานานกว่า ดังนั้นถ้าบ่มเร่งที่ 70 องศาเซลเซียส 7 วัน จะทำให้สมบัติด้านการดึงยางไม่ต่ำลงมาก ค่าความต้านแรงดึงจะสูงมากขึ้น และผ่านตามข้อกำหนดทั้งหมดได้

ตารางที่ 4.8 การเปรียบเทียบข้อกำหนดต่างๆ กับสมบัติด้านการดึงยางที่ภาวะหลังปั๊มแรงที่ 100 องศาเซลเซียส 22 ชั่วโมง และที่ 70 องศาเซลเซียส 7 วัน ของที่ผลิตจากน้ำยางผสมสารเคมีอายุ 6 วัน ผ่านการคลอริเนตที่ภาวะที่เหมาะสม

ข้อกำหนด	ความต้านแรงดึง (เมกะพาสคัล)	ความยืดเมื่อขาด (ร้อยละ)
มอก. 538-2540	17(ต่ำสุด)	700(ต่ำสุด)
มอก. 1056-2540	16(ต่ำสุด)	700(ต่ำสุด)
ASTM D 3577-99	18(ต่ำสุด)	750(ต่ำสุด)
ASTM D 3578-99	14(ต่ำสุด)	700(ต่ำสุด)
100 °C , 22 ชั่วโมง	14.01	1042.41
70 °C, 7 วัน	24.59	982.29

## 2.2) ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้

ในงานวิจัยนี้วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ โดยวิธี Modified Lowry โดยทำการทดลองซ้ำ 8 ครั้ง พบว่า ดงมือที่ไม่ผ่านการคลอริเนตที่ผลิตจากน้ำยางผสมสารเคมีอายุ 6 วัน มีปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในระดับสูง อยู่ในช่วง 529.16 - 645.05 ไมโครกรัม/กรัมดงมือ แต่เมื่อนำดงมือมาผ่านการคลอริเนตที่ภาวะที่เหมาะสม คือ ที่ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนร้อยละ 0.07 โดยมวล และเวลาในการคลอริเนต 10 นาที พบว่า ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในระดับต่ำ อยู่ในช่วง 25.79 - 36.40 ไมโครกรัม/กรัมดงมือ ซึ่งถ้าเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Esah Yip และคณะ<sup>12</sup> ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด กับ ระดับการแพ้ พบว่าดงมือที่ให้ระดับการแพ้ต่ำสุดจะต้องมีปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 100 ไมโครกรัม/กรัมดงมือ(รายละเอียดที่งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง) ฉะนั้นการคลอริเนตดงมือที่ภาวะที่เหมาะสมนี้จะให้ระดับการแพ้ต่ำสุด การลดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้เนื่องจากในขั้นตอนการคลอริเนตจะมีการนำดงมือมาปั่นกับน้ำคลอรีน ซึ่งมีฤทธิ์เป็นกรด จะสามารถเข้าทำลายผิวดงมือได้มาก จะเห็นได้จากผิวของดงมือที่ผ่านการคลอริเนตแล้วจะเกิดรอยแตกแยก ทำให้ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ที่เกาะอยู่ที่ผิวดงมืออย่างถูกชะละลายออกมาได้มากขึ้น และจากขั้นตอนการคลอริเนตจะมีการนำดงมือมาล้างน้ำซึ่งจะทำให้โปรตีนที่ละลายน้ำได้ถูกชะละลายออกมาได้เพิ่มมากยิ่งขึ้น จึงส่งผลให้ดงมือที่ผ่านการคลอริเนตแล้วมีปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ลดต่ำลงอย่างมาก

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง

#### สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของตัวแปร พบว่า

1) เวลาการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีที่มากขึ้น ทำให้ความต้านแรงดึง และความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 300 และ 500 เพิ่มขึ้น และความยืดเมื่อขาดลดลง

2) ความเข้มข้นของน้ำคลอรีน มีผลต่อถุงมือคือ

- ถ้าใช้ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนที่น้อยเกินไป ผิวของถุงมือจะไม่ลื่นและจะเกาะติดกัน เนื่องจากปริมาณคลอรีนไม่เพียงพอที่จะทำปฏิกิริยาที่ผิวของถุงมือเพื่อที่จะลดความเสียดทานลงได้

- ถ้าใช้ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนมากเกินไป ผิวของถุงมือจะถูกทำลายมาก ถุงมือจะมีลักษณะแข็งและเปราะ ทำให้ความต้านแรงดึง ความยืดเมื่อขาด และความเค้นดึงความยืดที่ร้อยละ 300 และ 500 มีค่าลดลง และการเปลี่ยนสีจะเกิดเร็วขึ้น

3) เวลาในการคลอรีนเต มีผลต่อถุงมือคือ

- ถ้าใช้เวลาในการคลอรีนเตที่น้อยเกินไป ผิวของถุงมือจะไม่ลื่นและจะเกาะติดกัน เนื่องจากมีเวลาไม่เพียงพอที่คลอรีนจะเข้าทำปฏิกิริยากับถุงมือได้ทั่วถึง

- ถ้าใช้เวลาในการคลอรีนเตมากเกินไป ผิวของถุงมือจะถูกทำลายมาก ถุงมือจะมีลักษณะแข็งและเปราะ ทำให้ความต้านแรงดึง ความยืดเมื่อขาด และความเค้นดึงความยืดที่ร้อยละ 300 และ 500 มีค่าลดลง และการเปลี่ยนสีจะเกิดเร็วขึ้น

ภาวะที่เหมาะสมในการคลอรีนเตถุงมือยาง ควรจะเป็นภาวะที่ใช้ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนและเวลาในการคลอรีนเตน้อยที่สุดที่จะทำให้ผิวของถุงมือลื่นเพื่อรักษาสมบัติที่ดีของถุงมือยางไว้ ได้แก่ความยืดหยุ่น และสีของถุงมือยาง โดยในการทดลองครั้งนี้ภาวะที่เหมาะสมคือ ที่อายุการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 6-7 วัน ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนร้อยละ 0.07 โดยมวล และเวลาในการคลอรีนเต 10 นาที ถุงมือที่ได้มีสมบัติดังนี้ คือ ผิวของถุงมือไม่เกาะติดกันเลย, ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ลดลง, ถุงมือเกิดการเปลี่ยนสีเมื่อเก็บไว้ และสมบัติด้านการดึงตรงตามข้อกำหนดของ มอก. 538-2540 และ 1056-2540 , ASTM D 3577-99 และ D 3578-99

## ข้อเสนอแนะ

1) เนื่องจากได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนและปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ของน้ำยางข้นและน้ำยางผสมสารเคมี โดยในแต่ละครั้งจะทำการทดลองที่เวลาต่างกัน ผลการทดลองดังตารางที่ 5.1 จะเห็นได้ว่าแม้ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ของน้ำยางข้นจะมีค่าต่ำและค่าไม่แน่นอน แต่เมื่อนำน้ำยางข้นมาผสมสารเคมีแล้วบ่มทิ้งไว้ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จะเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มสูงขึ้นตามอายุการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีที่เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณไนโตรเจนของน้ำยางข้นและน้ำยางผสมสารเคมีที่อายุการบ่มต่างๆ จะมีค่าค่อนข้างคงที่ แสดงว่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการบ่ม ดังนั้นจึงเห็นสมควรให้นำข้อมูลดังกล่าวข้างต้นมาประกอบการพิจารณาหาแนวทางลดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ถุงมือยาง

ตารางที่ 5.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนและปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ของน้ำยางข้นและน้ำยางผสมสารเคมี

อายุการบ่มน้ำยาง ผสมสารเคมี (วัน)	ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ (ไมโครกรัม/กรัมยางแห้ง)			ปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละ)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	210.13	294.10	252.18	0.22	0.22	0.21
2	338.61	462.55	318.23	0.23	0.23	0.19
3	149.31	357.97	370.83	0.22	0.25	0.21
4	233.63	348.06	407.12	0.22	0.23	0.23
5	356.96	424.14	454.37	0.21	0.23	0.24
6	387.28	474.66	523.21	0.23	0.23	0.22
7	429.60	418.39	592.60	0.19	0.26	0.26
8	738.47	540.47	673.61	0.21	0.25	0.23
น้ำยางข้น	76.03	38.88	34.38	0.20	0.22	0.20

2) จากขั้นตอนการคลอรีเนตถุงมือยางในการทำการทดลองนี้จะนำถุงมือยางและน้ำคลอรีนใส่รวมกันในบีกเกอร์ที่มีฝาปิดแล้วใช้แท่งแก้วในการกวนผสมน้ำคลอรีนกับถุงมือยาง โดยใช้แรงจากมือในการกวน ซึ่งอาจทำให้เกิดความไม่สม่ำเสมอในการเข้าทำปฏิกิริยาของคลอรีนกับถุงมือยาง ฉะนั้นถ้ามีการศึกษาเครื่องมือที่ใช้ในการคลอรีเนตถุงมือยางที่เหมาะสม ก็จะทำให้ได้ภาวะที่เหมาะสมในการคลอรีเนตถุงมือยางที่มีความแน่นอนมากยิ่งขึ้น



3) ในการทดสอบการเปลี่ยนสีจะทำการเก็บถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตแล้วในถุงพลาสติกสีดำและไว้ในอุณหภูมิห้อง พบว่าถุงมือเกิดการเปลี่ยนสีเมื่อเก็บไว้ ดังนั้นถ้ามีการศึกษาในการลดการเปลี่ยนสีของถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตแล้วก็จะประโยชน์อย่างมากต่อผู้ผลิตแม้ว่าสีของถุงมือจะไม่มีกำหนดในมาตรฐานใดก็ตาม แต่สีของถุงมือก็บ่งชี้ถึงคุณภาพของถุงมือและการยอมรับของผู้บริโภค



รายการอ้างอิง



- 1) วิชาการเกษตร,กรม. 2541. สถิติยางประเทศไทย. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร ปีที่ 27(2541) ฉบับที่ 3-4 ISBN 0125-2062.
- 2) วราภรณ์ ชจรไชยกุล, พลชิต บัวแก้ว และภัทรา กานตศิลป์. 2533. น้ำยางข้นและการผลิตถุงมือยาง. เอกสารประกอบวิชาการผลิตภัณฑ์ยาง ฉบับที่ 3, เมษายน 2533. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.
- 3) กุลทิวา รัตนเวคินรักษ์. 2539. การผลิตและการทดสอบน้ำยางข้น. เอกสารประกอบการบรรยายในการฝึกอบรมหลักสูตรเทคโนโลยีน้ำยาง สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.
- 4) พลชิต บัวแก้ว. 2531. สารเคมีผสมน้ำยาง. กลุ่มอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง ศูนย์วิจัยยาง สงขลา กรมวิชาการเกษตร.
- 5) วิภา เศวตกนิษฐ. 2537. การเตรียมสารละลายของสารเคมีที่ใช้กับน้ำยาง. เอกสารประกอบการบรรยายในการฝึกอบรมหลักสูตรเทคโนโลยีน้ำยาง สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.
- 6) สุรางค์ อณุกุล. 2538. ปฏิบัติการเคมีคุณภาพวิเคราะห์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- 7) ศุภชัย ใช้เทียมวงศ์. 2537. ปฏิบัติการเคมีปริมาณวิเคราะห์. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- 8) นุชนาฏ ณ ระนอง. 2541. ปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติ. เอกสารประกอบวิชาการ ฉบับที่ 3/2541 สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.
- 9) สุพะไชย์ จินดาวุฒิกุล. 2540. ผลของการขยายผิวถุงมือยางต่อการชะล้างโปรตีน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- 10) Witt, S.F. 1999. Technical Information Bulletin : Potential for Allergy to Natural Rubber Latex Gloves and other Natural Rubber Products. International Rubber Research and Development Board . 32.
- 11) Aziz, N.A.A. 1993. Chlorination of Gloves. Rubber Research Institute of Malaysia. 59-67.
- 12) Yip, E., Palosuo, T., Alenius, H. and Turjanmaa, K. 1997. Correlation between Total Extractable Proteins and Allergen Levels of Natural Rubber Latex Gloves. J. nat. Rubb. Res. 12(2) : 120-130.

- 13) Roberts, A.D. and Brackley, C.A. 1989. Surface Treatment of Rubber to Reduce Friction. J. nat. Rubb. Res. 4(1) : 1-21.
- 14) Stern, H.J. 1967. Rubber : Natural and Synthetic. London : Butterworths.
- 15) Tanaka, Y. 2000. Preparation, Properties and Application of Highly Deproteinized Natural Rubber. Paper presented in the Seminar Organized by the faculty of Science 23-24 March 2000. Chulalongkorn University, Trang.





ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก

## มาตรฐานน้ำยางข้น

ตารางที่ ก.1 ข้อกำหนดคุณภาพมาตรฐาน ISO 2004 สำหรับน้ำยางข้นจากการปั่น

สมบัติ / ลักษณะ	ขีดจำกัด		วิธีการทดสอบตาม มาตรฐาน ISO
	ชนิด HA	ชนิด LA	
ปริมาณสารของแข็งทั้งหมด, % (มวล / มวล), ต่ำสุด	61.5	61.5	124
ปริมาณเนื้อยางแห้ง, % (มวล / มวล), ต่ำสุด	60.0	60.0	126
ปริมาณสารของแข็งที่ไม่ใช่ยาง, % (มวล / มวล), สูงสุด	2.0	2.0	-
ความเป็นต่าง (ในรูปของแอมโมเนีย), % (มวล / มวล) ของน้ำยาง	0.60	0.29	125
ความเสถียรต่อแรงกล, วินาที, ต่ำสุด	650.0	650.0	35
ปริมาณของน้ำยางจับตัว, % (มวล / มวล), สูงสุด	0.05	0.05	705
ปริมาณธาตุทองแดง, มก. / กก. ของปริมาณสารของแข็งทั้งหมด, สูงสุด	8.0	8.0	ISO / R1654
ปริมาณแมงกานีส, มก. / กก. ของปริมาณสารของแข็งทั้งหมด, สูงสุด	8.0	8.0	1655
ปริมาณตะกั่ว, % (มวล / มวล), สูงสุด	0.10	0.10	2005
จำนวนกรดไขมันระเหยได้ (VFA No.)	ตามที่ตกลงระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย แต่ต้องไม่เกิน 0.20		506
จำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH No.)	ตามที่ตกลงระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย แต่ต้องไม่เกิน 1.0		127

ตารางที่ ก.1 ต่อ

สมบัติ / ลักษณะ	ขีดจำกัด		วิธีการทดสอบตาม มาตรฐาน ISO
	ชนิด HA	ชนิด LA	
สีเมื่อตรวจด้วยตาเปล่า	ไม่เป็นสีฟ้าหรือสีเทา		-
การตรวจกลิ่นภายหลังจากการทำให้ เป็นกลางด้วยกรดบอริก	ไม่มีกลิ่นบูดเน่า		-



## ภาคผนวก ข

### วิธีวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน

ไนโตรเจนในยาง ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของโปรตีน ดังนั้น ปริมาณของไนโตรเจนจึงเป็นตัวบ่งชี้ว่าในยางมีโปรตีนมากน้อยเพียงใด

การวิเคราะห์หาไนโตรเจน ใช้วิธี Semi-micro kjeldahl โดยย่อยสลายยางด้วยกรดกำมะถันเข้มข้นและใช้สารเร่งปฏิกิริยา เพื่อเปลี่ยนสารประกอบไนโตรเจนไปเป็นแอมโมเนีย ไฮโดรเจนซัลเฟต ปรับสารละลายให้เป็นด่าง แล้วนำไปกลั่น จะได้ก๊าซแอมโมเนีย จับก๊าซแอมโมเนียด้วยกรดบอริก แล้วไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานกรดกำมะถัน

#### 1) เอกสารอ้างอิง

ASTM D 3533 - 90 Standard Method of Testing Rubber - Nitrogen Content

ISO 1656 - 1996 Rubber, raw natural and rubber latex, natural - Determination of Nitrogen Content

#### 2) สารเคมีและวิธีเตรียม

##### 2.1) สารเร่งปฏิกิริยา(catalyst mixture)

โพแทสเซียมซัลเฟตชนิดแห้ง(potassium sulfate anhydrous) 15 ส่วน

คอปเปอร์ซัลเฟตชนิดมีน้ำ 5 โมเลกุล(copper sulfate pentahydrate) 2 ส่วน

และผงซีลีเนียม(selenium powder) 1 ส่วน

##### 2.2) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์(sodium hydroxide) 67% น้ำหนัก/ปริมาตร

ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 67 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 100

มิลลิลิตร

##### 2.3) สารละลายกรดบอริก(boric acid) 2% น้ำหนัก/ปริมาตร

ละลายกรดบอริก 20 กรัม ในน้ำกลั่น หากละลายช้านำไปตั้งไฟพออุ่น แล้วเติมน้ำกลั่น จนได้ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

##### 2.4) สารละลายเมทิลเรด(methyl red) 0.15% น้ำหนัก/ปริมาตร

ละลายเมทิลเรด 0.1 กรัม และเมทิลีนบลู(methylene blue) 0.05 กรัม ในเอทิลแอลกอฮอล์(ethyl alcohol) 100 มิลลิลิตร

2.5) กรดกำมะถัน(sulfuric acid)เข้มข้น

2.6) สารละลายเมทิลออเรนจ์(methyl orange) 0.1% น้ำหนัก/ปริมาตร  
ละลายเมทิลออเรนจ์ 0.1 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วเติมน้ำกลั่น จนได้ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

2.7) สารละลายมาตรฐานโซเดียมคาร์บอเนต(sodium carbonate) 0.1 นอร์มอล  
อบโซเดียมคาร์บอเนตชนิดแห้ง(sodium carbonate anhydrous) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถแก้วดูดความชื้น แล้วละลายโซเดียมคาร์บอเนต 5.2990 กรัม ในน้ำกลั่น เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

2.8) สารละลายมาตรฐานกรดกำมะถัน(sulfuric acid) 0.1 นอร์มอล  
หยดกรดกำมะถันชนิดเข้มข้น ความหนาแน่น 1.83 กรัม/มิลลิลิตร ปริมาตร 2.8 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่น แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร หาความเข้มข้นของกรดกำมะถันโดยไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมคาร์บอเนต 0.1 นอร์มอล ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ใช้สารละลายเมทิลออเรนจ์ เป็นตัวแสดงจุดยุติ ซึ่งสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตจะเปลี่ยนสีจากสีเหลืองส้มเป็นสีชมพู

คำนวณความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดกำมะถัน โดยใช้หลัก

$$N_1 V_1 = N_2 V_2$$

เมื่อ  $N_1$  = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมคาร์บอเนต หน่วยเป็นนอร์มอล

$N_2$  = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกำมะถัน หน่วยเป็นนอร์มอล

$V_1$  = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมคาร์บอเนต หน่วยเป็นมิลลิลิตร

$V_2$  = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานกรดกำมะถันที่ใช้ในการไทเทรต หน่วยเป็นมิลลิลิตร

2.9) สารละลายกรดกำมะถัน(sulfuric acid) 0.01 นอร์มอล

เติมสารละลายมาตรฐานกรดกำมะถัน 0.1 นอร์มอล ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่น แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร ซึ่งสารละลายกรดกำมะถันนี้ มีความเข้มข้นเป็นหนึ่งในสิบของความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานกรดกำมะถันที่คำนวณได้จากในข้อ 2.8



## 3) วิธีการทดสอบ

- 3.1) ชั่งอย่างเตรียมไว้ 0.1 กรัม (ละเอียด 0.0001 กรัม) ใส่ในขวดแก้วสำหรับย่อยสลาย แบบ micro-kjeldahl เติมส่วนผสมของสารเร่งปฏิกิริยา 0.65 กรัม และกรดกำมะถันเข้มข้น ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร
- 3.2) ให้ความร้อนจนสารละลายสีเขียว หรือไม่มีสี และจะต้องไม่มีสีเหลืองปน
- 3.3) ทิ้งให้เย็น แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่น ปริมาตร 10 มิลลิลิตร
- 3.4) ถ่ายสารละลายลงในชุดกลั่นซึ่งเตรียมผ่านไอน้ำให้ร้อนไว้แล้ว และล้างขวดแก้วที่ใส่สารละลายนี้ด้วยน้ำกลั่น ปริมาตร 2 - 3 มิลลิลิตร
- 3.5) เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 67% ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ลงในชุดกลั่น และล้างด้วยน้ำกลั่น ไม่เกิน 5 มิลลิลิตร
- 3.6) นำขวดแก้วรูปชมพูนขนาด 125 มิลลิลิตร ที่มีสารละลายกรดบอริก 2% ปริมาตร 10 มิลลิลิตร และสารละลายเมทิลเรด 2-3 หยด จะได้สารละลายสีม่วง นำมารองรับสิ่งกลั่น โดยให้ปลายหลอดแก้วของเครื่องควบแน่นจุ่มอยู่ใต้ผิวของสารละลาย
- 3.7) ผ่านไอน้ำเพื่อทำการกลั่นประมาณ 5 นาที สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีเขียว
- 3.8) เลื่อนขวดแก้วรูปชมพู่ที่รองรับสิ่งกลั่นให้ต่ำลง จนปลายหลอดแก้วของเครื่องควบแน่น อยู่เหนือระดับผิวหน้าของสารละลาย กลั่นต่อไปอีก 1 นาที แล้วใช้น้ำกลั่นฉีดล้างปลายหลอดแก้ว
- 3.9) ไทเทรตกับสารละลายกรดกำมะถัน 0.01 นอร์มอล ที่จุดยุติสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงอ่อน จุดบันทึกปริมาตรสารละลายกรดกำมะถันที่ใช้ ( $V_1$ )
- 3.10) ทำตามวิธีทดสอบทุกอย่างโดยไม่ใส่ตัวอย่าง(blank) จุดบันทึกปริมาตรสารละลายกรดกำมะถันที่ใช้ ( $V_2$ )

## 4) การคำนวณ

ปริมาณไนโตรเจนคิดเป็นร้อยละได้ดังนี้

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน} = \frac{(V_1 - V_2) N \times 0.0140}{W} \times 100\%$$

W

เมื่อ  $V_1$  = ปริมาตรของสารละลายกรดกำมะถันที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง หน่วยเป็น มิลลิลิตร

- $V_2$  = ปริมาตรของสารละลายกรดกำมะถันที่ใช้ในการไทเทรต blank หน่วยเป็น มิลลิลิตร
- $N$  = ความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถัน หน่วยเป็นนอร์มอล
- $W$  = น้ำหนักชิ้นทดสอบ หน่วยเป็นกรัม



ภาคผนวก ค

วิธีวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้

1) สารเคมีและการเตรียมเป็นสารละลาย

1.1) สารละลาย 0.15% Sodium deoxycholate (DOC)

ใช้ Sodium deoxycholate จำนวน 0.15 กรัม ละลายน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 100

มิลลิลิตร

1.2) สารละลาย 35% Trichloroacetic acid (TCA)

ใช้ Trichloroacetic acid จำนวน 35 กรัม ละลายน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 100

มิลลิลิตร

1.3) สารละลาย 1.6% Phosphotungstic acid (PTA)

ใช้ Phosphotungstic acid จำนวน 16 กรัม ละลายน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 100

มิลลิลิตร

1.4) สารละลาย 0.2 M NaOH

ใช้ NaOH จำนวน 8 กรัม ในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร นำไปหาความเข้มข้นที่แน่นอน โดยไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน KHP ที่มีความเข้มข้นแน่นอน 0.2 M

1.5) รีเอเจนต์ A (Anhydrous - sodium carbonate solution)

ใช้ Sodium carbonate anhydrous จำนวน 6 กรัม ละลายน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร

1.6) รีเอเจนต์ B (Copper sulfate pentahydrate solution)

ละลาย Sodium citrate จำนวน 3 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

ใช้สารละลายนี้ ละลาย Copper sulfate จำนวน 1.5 กรัม

1.7) รีเอเจนต์ C

ผสม รีเอเจนต์ A กับ รีเอเจนต์ B ในอัตราส่วน 10.0 A : 0.2B

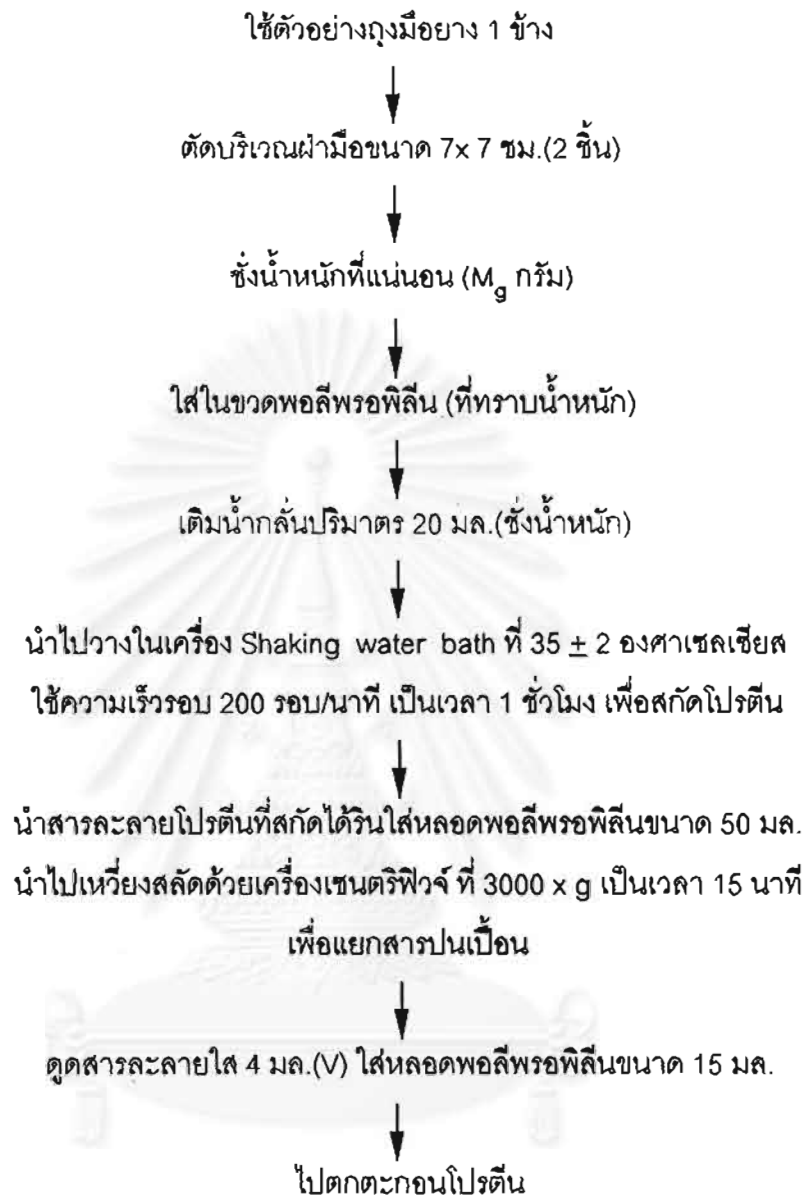
1.8) รีเอเจนต์ D (72% Folin reagent )

เจือจางสารละลาย Folin reagent เข้มข้น โดยใช้อัตราส่วน Folin reagent : น้ำกลั่น =

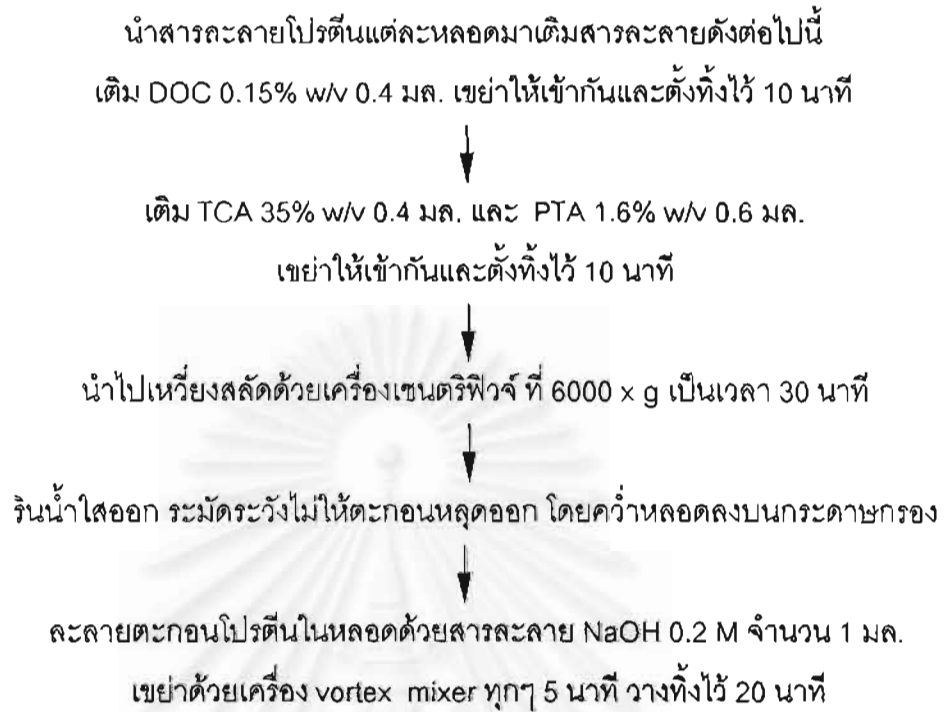
72 : 28



## 2) การสกัดโปรตีน



## 3) การตกตะกอนโปรตีนและละลายโปรตีนด้วยสารละลายต่าง



## 4) การวิเคราะห์

เติมรีเอเจนต์ C 0.3 มล.ลงในสารละลายโปรตีนและเติมรีเอเจนต์ D 0.1 มล.

เขย่าให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ 15 นาที



เทสารละลายนี้ลงในเซลล์สำหรับ

วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV - Visible Spectrophotometer

ที่ความยาวคลื่น  $750 \pm 10$  นาโนเมตร



เปรียบเทียบค่าปริมาณโปรตีนที่ได้(c) เป็น  $\mu\text{g}$  จากกราฟมาตรฐาน



คำนวณหาปริมาณโปรตีนตามสูตรต่อไปนี้

$$\text{ปริมาณโปรตีน} = \frac{(c) (\text{น้ำหนักน้ำที่ใช้ในการสกัด})}{(M_g) (V)}$$

หน่วยเป็น ไมโครกรัม/กรัมถ่วงมือ

โดย c = ปริมาณโปรตีนที่ได้โดยเปรียบเทียบจากกราฟมาตรฐาน หน่วยเป็น ไมโครกรัม

$M_g$  = น้ำหนักยางที่ใช้ หน่วยเป็น กรัม

V = สารละลายโปรตีนที่ใช้ หน่วยเป็น มิลลิลิตร

## 5) การทำ Standard curve ของโปรตีนมาตรฐาน

ชั่งสารมาตรฐานโปรตีน Albumin from hen egg white 10 มิลลิกรัม

ให้ได้ละเอียดถึง 0.001 มิลลิกรัม



เติม NaOH 0.2 M 10 มิลลิลิตร เพื่อละลาย Albumin from hen egg white

จะได้ stock solution 1000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

(stock solution นี้เก็บไว้ใช้ได้ไม่เกิน 1 สัปดาห์ ที่ 0-4 องศาเซลเซียส)



เตรียมสารละลายโปรตีนมาตรฐานที่ความเข้มข้น 10 20 40 80 120 และ 160 ไมโครกรัม/

มิลลิลิตร โดยการเจือจาง stock solution ด้วย NaOH 0.2 M

ให้ได้ความเข้มข้นที่ต้องการตามลำดับ



จากนั้นนำสารละลายโปรตีนมาตรฐานเหล่านี้มา 1 มิลลิลิตร

เพื่อดำเนินการตามขั้นตอนที่ 3 และวัดค่าการดูดกลืนแสง



เขียนกราฟมาตรฐานระหว่างค่าความเข้มข้นกับค่าการดูดกลืนแสง

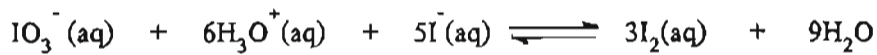


## ภาคผนวก ง

### วิธีหาความเข้มข้นของน้ำคลอรีน

- 1) การคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) 0.075 โมลาร์

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นดังนี้



#### วิธีการทดสอบ

- 1.1) ปิเปตสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ ( $\text{KIO}_3$ ) 0.01 M มา 25 มิลลิลิตร ในขวดรูปกรวย
- 1.2) เติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ ( $\text{KI}$ ) 0.1 M มา 10 มิลลิลิตร
- 1.3) เติมกรดไฮโดรคลอริก 0.01 M มา 10 มิลลิลิตร
- 1.4) นำมาไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.075 M จากบิวเรตจนสารละลายที่ได้มีสีชาอ่อน
- 1.5) เติมน้ำแฉ่ง 2 มิลลิลิตร จะได้สารละลายสีน้ำเงิน
- 1.6) นำมาไทเทรตต่อจนได้สีน้ำเงินอ่อนๆ เกือบจางหาย
- 1.7) ทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง ผลที่ได้ไม่ควรแตกต่างกันเกิน 0.1 มิลลิลิตร

คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต จากสูตร

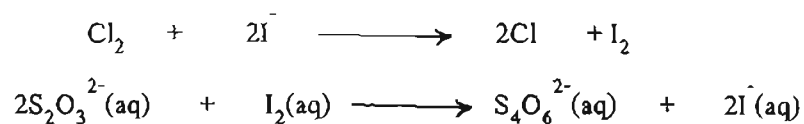
$$C_1 = \frac{6 * 0.01 * 25}{V_1}$$

โดย  $C_1$  = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต (โมลาร์)

$V_1$  = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ (มิลลิลิตร)

- 2) การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของน้ำคลอรีน

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นดังนี้



### วิธีการทดสอบ

2.1) ปิเปตสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) 2.5 % มา 25 มิลลิลิตร ในขวดรูป

กรวย

2.2) เติมน้ำคลอรีน 10 มิลลิลิตร จะได้สารละลายสีน้ำตาลอมส้ม

2.3) ไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.075 M จนไม่มีสี

คำนวณหาความเข้มข้นของน้ำคลอรีน จากสูตร

$$\% \text{Cl}_2 = \frac{V_2 * 0.075 * 35.46}{100}$$

โดย  $\% \text{Cl}_2$  = ความเข้มข้นของคลอรีน (ร้อยละโดยมวล)

$V_2$  = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ (มิลลิลิตร)

วิธีการทดสอบสมบัติทางกายภาพด้านการดึงยาง

ความต้านแรงดึง (tensile strength) หมายถึง เป็นแรงต่อหน่วยพื้นที่เริ่มต้นที่ดึงยางนั้นจนขาด หน่วยเป็น เมกะพาสคัล

ความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 300 และ 500 (modulus at 300% and 500%) หมายถึง แรงที่ดึงยางออกให้ได้ความยาว 3 เท่า และ 5 เท่าของความยาวเดิม หน่วยเป็น เมกะพาสคัล

ความยืดเมื่อขาด (elongation at break) หมายถึง ความยาวของยางที่ยืดได้จนกระทั่งขาด หน่วยเป็น ร้อยละ

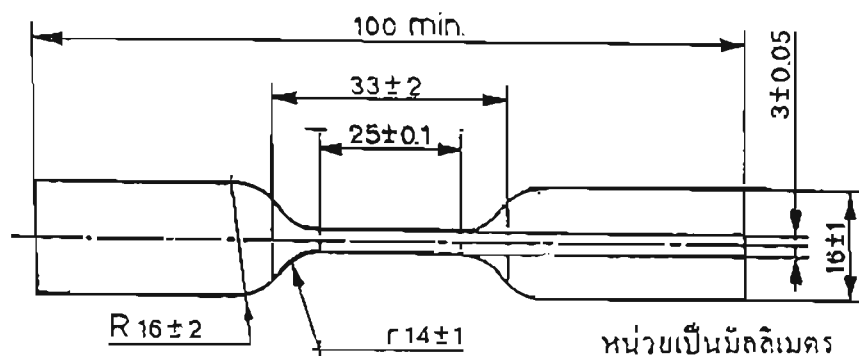
การบ่มเร่ง (accelerated age) หมายถึง กรรมวิธีที่ทำให้ชิ้นทดสอบมีสภาพใกล้เคียงกับสภาพหลังการใช้งานจริงแต่ใช้เวลาสั้นกว่า

1) เครื่องมือ

เครื่องมือทดสอบการดึงยืด (LLOYD LR 50K) สามารถดึงยืดด้วยความเร็ว  $500 \pm 20$  มิลลิเมตรต่อนาที

2) การเตรียมชิ้นทดสอบ

- ให้ตัดยางตัวอย่างตัวอย่างแต่ละข้างตามแนวยาวเป็นรูปดิมส์เบล (ดังรูปข้างล่าง) จำนวน 36 ชิ้น ความหนาเป็นความหนาของยางตัวอย่าง เพื่อนำไปทดสอบความต้านแรงดึง ความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 300 และ 500 และความยืดเมื่อขาด ในภาวะก่อนบ่มเร่ง และหลังบ่มเร่ง อย่างละ 18 ชิ้น



- ทำเครื่องหมายพิกัดให้ถูกต้องและชัดเจน มีความยาวพิกัดเป็น  $25.0 \pm 0.1$  มิลลิเมตร

- วัดความหนาของชั้นทดสอบในช่วงระยะความยาวพิคัด 3 ตำแหน่ง แล้วหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำไปคำนวณหาพื้นที่ภาคตัดขวาง (A)

3) วิธีทดสอบในภาวะก่อนบ่มแรง

- จับชั้นทดสอบด้วยหัวจับให้แน่นเพื่อไม่ให้เกิดการบิดในระหว่างทดสอบ
- ดึงชั้นทดสอบด้วยความเร็ว  $500 \pm 20$  มิลลิเมตรต่อนาที วัดความยาวตามรอยที่ทำเครื่องหมายไว้เมื่อชั้นทดสอบยืดออกไป 300%, 500% และเมื่อขาด

4) วิธีทดสอบในภาวะหลังบ่มแรง

- นำชั้นทดสอบใส่ในตู้อบอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน หรือที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง
- นำชั้นทดสอบออกจากตู้อบ ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 16 ชั่วโมง แต่ไม่เกิน 96 ชั่วโมง แล้วนำไปดำเนินการตามข้อ 2 ดังกล่าวข้างต้น

5) วิธีการคำนวณ

- คำนวณหาความต้านแรงดึง จากสูตรดังนี้

$$T = \frac{F}{A}$$

เมื่อ T คือ ความต้านแรงดึง หน่วยเป็นเมกะพาสคัล

F คือ แรงดึงสูงสุด หน่วยเป็นนิวตัน

A คือ พื้นที่ภาคตัดขวางของชั้นทดสอบ หน่วยเป็นตารางมิลลิเมตร

- คำนวณหาความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 300 จากสูตรดังนี้

$$\text{ความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 300} = \frac{f}{A}$$

เมื่อ f คือ แรงที่ดึงตัวอย่างยาวออกไป 300% (3 เท่า) หน่วยเป็นนิวตัน

A คือ พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างยาวเริ่มต้น หน่วยเป็นตารางมิลลิเมตร

- คำนวณหาความยืดเมื่อขาด จากสูตรดังนี้

$$E = \frac{L_1 - L_0}{L_0} * 100$$

เมื่อ E คือ ความยืดเมื่อขาด หน่วยเป็นร้อยละ

$L_1$  คือ ความยาวระหว่างเครื่องหมายพิักัดขณะขาด หน่วยเป็นมิลลิเมตร

$L_0$  คือ ความยาวพิักัดก่อนทดสอบ หน่วยเป็นมิลลิเมตร

6) ทำซ้ำแล้วหาค่าเฉลี่ย



ภาคผนวก จ

ข้อมูลการทดลอง

ตารางที่ จ.1 สมบัติกายภาพด้านการดัดยางของถุงมือที่ภาวะไม่ปั๊มแรงของถุงมือที่ไม่ผ่านการคลอรีเนตกับถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตโดยใช้ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนร้อยละ 0.07 โดยมวล ที่อายุการป้อนน้ำยางผสมสารเคมี และเวลาในการคลอรีเนตต่างๆ

เวลาในการ คลอรีเนต (นาทึ)	อายุการป้อน น้ำยางผสม สารเคมี (วัน)	ความต้านแรงดึง (เมกะพาสคัล)	ความเค้นดึงที่ความยืด		ความยืดเมื่อขาด (ร้อยละ)
			ร้อยละ (เมกะพาสคัล)	300	
0	4	30.06	1.21	2.56	925.41
	5	31.52	1.23	2.80	913.02
	6	31.39	1.37	3.32	872.24
	7	30.55	1.32	3.19	869.82
5	4	25.82	1.23	2.58	891.10
	5	24.32	1.24	2.41	897.62
	6	26.54	1.32	2.61	912.31
	7	26.90	1.33	2.53	920.34
10	4	24.64	1.19	2.00	927.53
	5	25.45	1.17	2.25	938.41
	6	25.69	1.27	2.61	897.11
	7	25.75	1.42	2.85	888.24
15	4	25.12	1.19	2.27	911.21
	5	25.65	1.28	2.43	911.00
	6	27.23	1.34	2.57	906.67
	7	28.86	1.32	2.72	906.57

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๑.2 สมบัติกายภาพด้านการตั้งยางของถุงมือที่ภาวะหลังปั๊มแรงที่ 100 องศาเซลเซียส 22 ชั่วโมง ของถุงมือที่ไม่ผ่านการคลอรีเนตกับถุงมือที่ผ่านการคลอรีเนตโดยใช้ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนร้อยละ 0.07 โดยมวล ที่อายุการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี และเวลาในการคลอรีเนตต่างๆ

เวลาในการ คลอรีเนต (นาทึ)	อายุการบ่ม น้ำยางผสม สารเคมี (วัน)	ความต้านแรงดึง (เมกะพาสคัล)	ความเค้นดึงที่ความยืด		ความยืดเมื่อขาด (ร้อยละ)
			ร้อยละ (เมกะพาสคัล) 300	500	
0	4	26.19	1.19	2.40	898.21
	5	26.82	1.21	2.61	860.53
	6	27.09	1.32	3.10	842.59
	7	27.42	1.30	3.06	841.22
5	4	12.36	0.84	1.30	1030.90
	5	12.63	0.90	1.31	1018.30
	6	13.59	0.96	1.47	997.81
	7	13.64	1.01	1.59	976.63
10	4	6.64	0.63	0.93	1075.56
	5	13.15	0.72	1.20	1109.81
	6	14.00	0.88	1.43	1042.43
	7	13.80	0.91	1.51	960.30
15	4	6.10	0.50	0.71	1072.61
	5	8.49	0.62	0.93	1065.92
	6	9.06	0.68	1.04	1054.40
	7	11.96	0.74	1.20	1032.51

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๓.3 สมบัติทางกายภาพด้านการดึงยางที่ภาวะไม่บ่มแรงของถุงมือที่ผลิตจากน้ำยางผสมสารเคมีที่บ่มไว้ 6 วัน

เวลาในการ คลอรีเนต (นาทีก)	ความเข้มข้นของ น้ำคลอรีน (ร้อยละโดยมวล)	ความต้านแรงดึง (เมกะพาสคัล)	ความเค้นดึงที่ความยืด		ความยืดเมื่อขาด (ร้อยละ)
			ร้อยละ (เมกะพาสคัล) 300	500	
0		31.39	1.38	3.32	872.16
5	0.05	31.22	1.38	2.59	926.60
	0.06	29.84	1.36	2.56	926.91
	0.07	26.54	1.32	2.61	912.31
10	0.05	27.34	1.44	2.75	914.67
	0.06	28.64	1.35	2.69	925.60
	0.07	25.69	1.27	2.61	897.11
15	0.05	30.64	1.32	2.59	938.82
	0.06	28.54	1.36	2.66	912.31
	0.07	27.23	1.34	2.57	906.67

ตารางที่ ๓.4 สมบัติทางกายภาพด้านการดึงยางที่ภาวะหลังบ่มแรงที่ 100 องศาเซลเซียส 22 ชั่วโมง ของถุงมือที่ผลิตจากน้ำยางผสมสารเคมีที่บ่มไว้ 6 วัน

เวลาในการ คลอรีเนต (นาทีก)	ความเข้มข้นของ น้ำคลอรีน (ร้อยละโดยมวล)	ความต้านแรงดึง (เมกะพาสคัล)	ความเค้นดึงที่ความยืด		ความยืดเมื่อขาด (ร้อยละ)
			ร้อยละ (เมกะพาสคัล) 300	500	
0		27.09	1.32	3.10	842.59
5	0.05	13.93	0.92	1.49	911.70
	0.06	12.43	0.88	1.38	962.50
	0.07	13.59	0.96	1.47	997.84
10	0.05	12.42	0.88	1.36	980.39
	0.06	13.34	0.79	1.31	1020.32
	0.07	14.01	0.88	1.43	1042.41
15	0.05	8.62	0.80	1.25	905.82
	0.06	9.91	0.76	1.18	920.21
	0.07	9.06	0.68	1.04	1054.42



## ประวัติผู้เขียน

นางสาวเอกอร คุวชะกุล เกิดวันที่ 3 พฤศจิกายน พ.ศ. 2518 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมอาหาร จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ในปีการศึกษา 2539 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2540

