

รายงานการวิจัย
เรื่อง

การทำถุงมือยางจากน้ำยางโปรตีนต่ำ

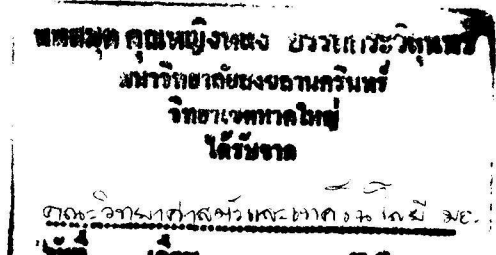
Rubber Glove Fabrication from Deproteinized
Natural Rubber Latex

โดย

ไพโรจน์ กลิ่นพิทักษ์
เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี
กิตติ ตั้งคำ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ทุนอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2541



บทคัดย่อ

น้ำยางโปรตีนต่ำเตรียมจากน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำ โดยการย่อยด้วยเอ็นไซม์ KP-3939 ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปเซนตริฟิวจ์ที่ความเร็ว 10,000 รอบ/นาทีจำนวน 2 ครั้งๆ ละ 20 นาที ทำการศึกษาเปรียบเทียบสมบัติทางฟิสิกส์ของน้ำยางโปรตีนต่ำกับน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำด้วย รวมทั้งทำผลิตภัณฑ์ถุงมือยางจากน้ำยางโปรตีนต่ำและน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำ พร้อมกับศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์ของถุงมือยาง น้ำยางโปรตีนต่ำที่ผสมสารเคมีพบว่ามีการวัลคาไนซ์ต่ำกว่าน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำ ถุงมือยางที่ทำจากน้ำยางโปรตีนต่ำมีความหนาน้อยกว่าถุงมือยางที่ทำจากน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำ ถุงมือยางชนิดที่ทำจากจากน้ำยางโปรตีนต่ำมีความทนแรงดึงและมอดูลัส 500% ต่ำกว่าถุงมือยางชนิดที่ทำจากน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำ แต่ระยะยืดยางจนขาดจะมีค่าสูงกว่าถุงมือยางชนิดที่ทำจากน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำ อย่างไรก็ตามถุงมือยางที่ทำจากน้ำยางทั้งสองชนิดนี้มีสมบัติทางฟิสิกส์ผ่านมาตรฐานถุงมือแพทย์ นอกจากนี้ได้หาโปรตีนที่สามารถสกัดได้ด้วยน้ำจากถุงมือยางทั้งสองที่ไม่ได้ผ่านการล้างน้ำโดยวิธี ISO/WD 12243. ถุงมือยางที่ทำจากน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำและน้ำยางโปรตีนต่ำพบว่าปริมาณโปรตีนเท่ากับ 401.5 และ 42.2 ไมโครกรัม/กรัมตามลำดับ

Abstract

Deproteinized natural rubber (DPNR) latex was prepared from concentrated natural rubber, low ammonia (NR-LA) latex by digestion with KP-3939 enzyme at room temperature for 24 hours followed by centrifugation at 10,000 rpm/min. 20 minutes for 2 times. Some physical properties of DPNR and NR-LA were investigated. Rubber gloves were made from DPNR and NR-LA latices and were studied their physical properties. The results showed that the rubber vulcanization level of DPNR compounded latex was higher than that of NR-LA compounded latex. The thickness of glove obtained from DPNR latex was lower than that obtained from NR-LA latex. Tensile strength and 500% modulus of DPNR glove were higher than that of NR-LA glove, while elongation at break of this DPNR glove was lower than that of NR-LA glove. However, both types of gloves were in the standard requirement of medical glove. Furthermore, the water extractable proteins in both rubber gloves making without water leaching were determined by using ISO/WD 12243 method. Protein contents were founded at about 401.5 and 42.2 $\mu\text{g/g}$ for NR-LA and DPNR gloves, respectively.

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ข
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
1. บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 นัยทางธรรมชาติ	3
2.2 การเตรียมทางธรรมชาติโปรตีนต่ำ	4
2.3 มาตรฐานของถุงมือยาง	6
2.4 การทำถุงมือยางทางการแพทย์	7
3. วัสดุ อุปกรณ์ และ วิธีการทดลอง	8
3.1 สารเคมี	8
3.2 อุปกรณ์	9
3.3 วิธีการทดลอง	10
3.3.1 การเตรียมสารเคมี	10
3.3.2 การเตรียมน้ำยางโปรตีนต่ำ	12
3.3.3 การศึกษาสมบัติเบื้องต้นของยาง	13
3.3.4 การเตรียมน้ำยางผสมสารเคมี	17
3.3.5 การศึกษาระดับการวัลคาไนซ์ของน้ำยางผสมสารเคมี	17
3.3.6 การเตรียมชิ้นทดสอบแบบซูป	18
3.3.7 การทดสอบสมบัติทางฟิสิกส์	18
3.3.8 การทดสอบการบ่มเร่งด้วยอากาศร้อน	18
3.3.9 การเตรียมถุงมือทางการแพทย์โดยวิธีการจุ่ม	18

4. ผลการทดลอง	19
4.1 การหาปริมาณไนโตรเจนในน้ำยาง	19
4.2 การศึกษาสมบัติทั่วไปของน้ำยางโปรตีนต่ำ	20
4.3 การแปรปริมาณกำมะถันในน้ำยางโปรตีนต่ำ	20
4.4 การศึกษาสมบัติของน้ำยางที่ผสมสารเคมี	24
4.5 การศึกษาผลของการจุ่มต่อความหนาของยาง	27
4.6 การศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์ของยางโปรตีนต่ำ	30
4.7 การทดลองทำถุงมือยางจากน้ำยางโปรตีนต่ำ	32
4.8 การหาปริมาณโปรตีนในถุงมือยาง	33
5. วิจัยผลการศึกษาทดลอง	36
5.1 ปริมาณไนโตรเจนของน้ำยาง	36
5.2 การศึกษาคุณสมบัติของน้ำยางชั้น	36
5.3 การแปรปริมาณกำมะถัน	37
5.4 ระดับการวัลคาไนซ์และความหนืดของน้ำยางที่ผสมสารเคมี	38
5.5 การศึกษาความหนาของยางแผ่นต่อการจุ่ม	38
5.6 การศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์ของยางโปรตีนต่ำ	39
5.7 ถุงมือยางจากน้ำยางโปรตีนต่ำ	40
5.8 ปริมาณโปรตีนในถุงมือยาง	41
6. สรุปผลการทดลอง	42
เอกสารอ้างอิง	44

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สมบัติทางกายภาพของถุงมือยาง	6
3.1 สมบัติของยางที่มีระดับการวัลคาไนซ์ต่างกัน(chloroform test)	17
4.1 เปรียบเทียบสมบัติของน้ำยาง DPNR กับน้ำยางชั้น NR-LA	20
4.2 ส่วนผสมของสารเคมีในน้ำยางโปรตีนต่ำโดยการแปรปริมาณกำมะถัน	21
4.3 Tensile strength ของยาง DPNR ที่แปรปริมาณกำมะถัน ออบยางที่อุณหภูมิ 110 °C เวลาต่าง ๆ กัน	21
4.4 500% Modulus ของยาง DPNR ที่แปรปริมาณกำมะถัน ออบยางที่อุณหภูมิ 110 °C เวลาต่าง ๆ กัน	22
4.5 Elongation at break (%) ของยาง DPNR ที่แปรปริมาณกำมะถัน ออบยางที่อุณหภูมิ 110 °C เวลาอบต่าง ๆ กัน	23
4.6 สูตรน้ำยางผสมสารเคมี	25
4.7 สมบัติของน้ำยางที่ผสมสารเคมี	27
4.8 สมบัติทางฟิสิกส์ของถุงมือยางที่เตรียมได้	32
4.9 สมบัติทางฟิสิกส์ของถุงมือ (ก่อนและหลังบ่มเร่ง)	33
4.10 การหาปริมาณโปรตีนในถุงมือแพทย์ที่จำหน่ายในท้องตลาดกับถุงมือยางที่เตรียมได้	35

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ปริมาณไนโตรเจนที่เหลืออยู่ใน DPNR ที่เตรียมโดยการเซนตริฟิวจ์ ที่ความเร็ว 6,000, 8,000, 10,000 และ 12,000 rpm	5
2.2 ปริมาณไนโตรเจนที่เหลืออยู่ใน DPNR หลังจากการเซนตริฟิวจ์ที่ 10,000 rpm ที่ 25 °C นาน 30 นาที จำนวน 1, 2 และ 3 ครั้ง	5
2.3 ทิศทางการทำงานในกระบวนการจุ่ม	7
4.1 การเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนในน้ำยาง NR-LA และ DPNR ต่อจำนวนครั้งในการเซนตริฟิวจ์	19
4.2 ผลของปริมาณกำมะถันต่อ tensile strength สูงสุดของยางโปรตีนต่ำ	22
4.3 ผลของปริมาณกำมะถันต่อ 500% modulus ของยางโปรตีนต่ำ	23
4.4 ผลของปริมาณกำมะถันต่อ elongation at break (%) ของยางโปรตีนต่ำ	24
4.5 ผลของวันที่บ่มน้ำยางผสมสารเคมีต่อ Chloroform Number	25
4.6 ผลของวันที่บ่มน้ำยางผสมสารเคมีต่อ PRM	26
4.7 ผลของวันที่บ่มน้ำยางผสมสารเคมีต่อความหนืด	26
4.8 ผลของจำนวนครั้งที่จุ่มแบบพิมพ์ในน้ำยาง DPNR และน้ำยางชั้น NR-LA ผสมสารเคมีต่อความหนา	28
4.9 ผลของความความเข้มข้นของสารจับตัวต่อความหนาของแผ่นยาง	29
4.10 ผลของเวลาในการจุ่มแบบพิมพ์ต่อความหนาของแผ่นยาง	29
4.11 เปรียบเทียบผลของเวลาอบยางต่อ tensile strength ของน้ำยาง DPNR และ NR-LA ผสมสารเคมี (ก่อนและหลังบ่มเร่ง)	30
4.12 เปรียบเทียบผลของเวลาที่ใช้ในการอบยางต่อ 500% modulus ของน้ำยาง DPNR และ NR-LA ผสมสารเคมี (ก่อนและหลังบ่มเร่ง)	31
4.13 เปรียบเทียบผลของเวลาอบยางต่อ elongation at break (%) ของยางน้ำยาง DPNR และ NR-LA ผสมสารเคมี (ก่อนและหลัง บ่มเร่ง)	31
4.14 กราฟมาตรฐานแสดงสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ BSA กับการดูดกลืนแสง ที่ 750 นาโนเมตร	33
4.15 ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ด้วยน้ำจากถุงมือยาง DPNR และ NR-LA โดยใช้วิธี Lowry	34

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

ปัจจุบันยางธรรมชาติเป็นวัตถุดิบสำคัญในอุตสาหกรรมยาง เช่น ในอุตสาหกรรมรถยนต์ ยางรัดของ ถุงมือ ถุงยางอนามัย เป็นต้น ความต้องการใช้ยางในอุตสาหกรรมมีเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จึงมีการพยายามปรับปรุงคุณภาพของยางธรรมชาติให้ดีขึ้นตรงกับความต้องการของตลาด

ถุงมือยางเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากน้ำยางโดยกระบวนการจุ่มแบบพิมพ์ (latex dipping process) ถุงมือที่ผลิตขึ้นมีหลายชนิด เช่นถุงมือที่ใช้ในทางการแพทย์ เช่น ถุงมือสำหรับตรวจโรค (examination glove) ถุงมือสำหรับผ่าตัด (surgical glove) และถุงมือสำหรับงานทันตกรรม (dental glove) จนปัจจุบันถุงมือยางเป็นที่นิยมใช้กันในการป้องกันการติดเชื้อจากผู้ป่วย ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มีอุตสาหกรรมการผลิตถุงมือยางและสามารถทำรายได้เข้าประเทศได้มาก ในปี พ.ศ. 2539 มีมูลค่าส่งออกถึง 6,626.79 ล้านบาท และในปี 2540 เฉพาะระหว่างเดือนมกราคม-พฤษภาคม มีมูลค่าส่งออกถึง 2,730 ล้านบาท (นุชนาฏ, 2541)

อย่างไรก็ตามแม้ว่าการผลิตและการส่งออกถุงมือยางนำรายได้เข้าประเทศเพิ่มขึ้นตามลำดับ แต่ปัจจุบันเกิดปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพของถุงมือยางที่ผลิตจากยางธรรมชาติที่กำลังถูกตำหนิในด้านความปลอดภัยจากโปรตีนในถุงมือยางซึ่งผลิตจากน้ำยางธรรมชาติ

ในปี พ.ศ. 2522 มีรายงานว่า มีผู้แพ้สารโปรตีนที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติมีทั้งอาการแพ้แบบเฉียบพลันและแบบค่อยเป็นค่อยไป(Natter, 1979) ทำให้การส่งออกเริ่มมีปัญหาเนื่องจากประเทศสหรัฐและในยุโรปเริ่มมีการจำกัดโปรตีนในถุงมือยาง และทำให้มีผลต่ออุตสาหกรรมผลิตถุงมือในประเทศเป็นอย่างมาก ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงใช้น้ำยางโปรตีนต่ำ (Deproteinized natural rubber latex, DPNR latex) ซึ่งเป็นน้ำยางที่เตรียมได้จากการย่อยสลายโปรตีนในน้ำยางธรรมชาติด้วยเอ็นไซม์ประเภทย่อยสลายโปรตีนในสภาวะที่เหมาะสมแทนน้ำยางธรรมชาติ วิธีการนี้จัดเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถลดปริมาณโปรตีนในถุงมือยางได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อเตรียมน้ำยางโปรตีนต่ำ (DPNR) จากน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำ (NR-LA)
- 1.2.2 เพื่อผลิตถุงมือยางจากน้ำยาง DPNR
- 1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบสมบัติทางฟิสิกส์ของถุงมือยางที่ผลิตจากน้ำยาง DPNR และ NR-LA
- 1.2.4 เพื่อเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนในถุงมือยางที่ผลิตจากน้ำยาง DPNR กับ NR-LA

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.3.1 เตรียมน้ำยาง DPNR จาก NR-LA โดยการย่อยด้วยเอ็นไซม์ KP-3939
- 1.3.2 ทำถุงมือยางจากน้ำยาง DPNR และ NR-LA
- 1.3.3 เปรียบเทียบความหนา ความทนแรงดึง (tensile strength) มอดุลัส 500% (500% modulus) ระยะยืดเมื่อขาด (elongation at break) และสมบัติหลังบ่มเร่งของถุงมือยางที่ทำจาก DPNR และ NR-LA
- 1.3.4 หาปริมาณโปรตีนที่สามารถสกัดได้ด้วยน้ำในถุงมือยางที่ทำจากน้ำยาง DPNR และ NR-LA โดยวิธี Lowry

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาปริมาณโปรตีนสูงในถุงมือยางที่ผลิตจากน้ำยางธรรมชาติ
- 1.4.2 เป็นแนวทางในการผลิตถุงมือยางจากน้ำยางโปรตีนต่ำในเชิงพาณิชย์

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 น้ำยางธรรมชาติ (Natural rubber latex)

น้ำยางธรรมชาติมีลักษณะเป็นของเหลวคล้ายน้ำนม เป็นคอลลอยด์ขนาดอนุภาคเล็กอยู่ในตัวกลางที่เป็นน้ำ มีการเคลื่อนไหวแบบบราวเนียน มีค่า pH ประมาณ 6.5 ถึง 7.0 มีส่วนประกอบคือ (บุญธรรม, พรพรรณ และปรีชา, 2534)

ของแข็งทั้งหมด (Total Solid content, TSC)	36 %
เนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content, DRC)	33 %
สารพวกโปรตีน	1-1.5 %
สารพวกเรซิน	1-2.5 %
ซีเถ้า	1 %
น้ำตาล	1 %
น้ำ	ส่วนที่เหลือจนครบ 100 %

โปรตีนที่มีอยู่ในน้ำยางมี 2 ประเภทคือ

1. อัลฟา-โกลบูลิน (α -Globulin) เป็นโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงประมาณ 200,000 ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีสมบัติเป็น surface-active จะอยู่บนรอยต่อระหว่างน้ำ-อากาศ และน้ำมัน-น้ำ ไม่ละลายในน้ำกลั่น แต่ละลายในน้ำกรด ต่าง และเกลือ

2. ฮีวิน (Hevein) เป็นโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ประมาณ 10,000 โปรตีนชนิดนี้จะอยู่ที่อนุภาคของเนื้อยาง และละลายอยู่ในน้ำ

การแยกอนุภาคยางออกจากส่วนที่เป็นน้ำคล้ายคลึงกับกระบวนการทำให้อนุภาคยางแยกตัวออกมาในรูปของครีม (creaming) กล่าวคือ ในน้ำยางเป็นการแยกอนุภาคยางซึ่งมีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าออกจากเซรุ่มที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่า อนุภาคยางจะลอยตัวขึ้น การแยกโดยวิธีการเซนตริฟิวจ์จะใช้แรงเหวี่ยงหรือแรงหนีศูนย์กลางเป็นตัวกระทำ ทำให้อนุภาคยางที่มีความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าซีรัมเคลื่อนตัวเข้าสู่แกนหมุน จึงทำให้เกิดการแยกตัวของอนุภาคยางได้ การแยกตัวตามกระบวนการนี้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เพราะความเร่งที่ตั้งอนุภาคยางให้เคลื่อนที่ มีค่าสูงกว่าความเร่งเนื่องจากความโน้มถ่วงของโลกหลายพันเท่า

เมื่อนำน้ำยางสดมาปั่นด้วยความเร็วสูง (ประมาณ 20,000 rpm) สามารถแยกน้ำยางออกได้ 4 ส่วน เรียงจากด้านบนลงด้านล่างของภาชนะดังนี้ (สุรศักดิ์, 2532)

- 1) ส่วนของเนื้อยางแห้ง
- 2) อนุภาคเฟรย์-วิสลิ่ง
- 3) เซรุ่ม
- 4) ตะกอนสีเหลืองหรือขาว ส่วนใหญ่เป็นสารพวกกลูทอยด์

ส่วนของเนื้อยางอยู่ชั้นบนสุดมีลักษณะเป็นครีมสีขาว เป็นอนุภาคของยางอาจมีของแข็งอื่น เช่น อนุมูลของโลหะอื่นเจือปนบ้างเล็กน้อย

อนุภาคเพอร์ย-วิสลิง อยู่ติดกับเนื้อยางมีลักษณะเป็นอนุภาคเช่นเดียวกับยางแต่มีสีเหลืองเวลาเซนตริฟิวจ์มักปนอยู่ในส่วนของเซรุ่ม

เซรุ่ม มีลักษณะเป็นสีใสปนเหลืองเป็นฟองง่าย ส่วนใหญ่ประกอบด้วย โปรตีน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม ทองแดง และ แมกนีเซียม

ส่วนที่อยู่ชั้นล่างสุด เป็นตะกอนมีสีเหลือง น้ำตาล หรือสีขาว ส่วนใหญ่เป็นสารพวกโลหะหนัก เช่น แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส และซีลีเนียม

2.2 การเตรียมยางธรรมชาติโปรตีนต่ำ (Deproteinised natural rubber, DPNR)

ยางธรรมชาติโปรตีนต่ำ (Chin *et al*; 1974) เป็นยางที่ปรับปรุงคุณภาพของยางธรรมชาติให้มีคุณสมบัติดีขึ้นกล่าวคือ มีปริมาณเถ้าและไนโตรเจนในปริมาณต่ำ การเตรียมยางธรรมชาติโปรตีนต่ำมีวิธีการคือนำน้ำยางมาย่อยด้วยเอ็นไซม์สลายโปรตีน (proteolytic enzyme) เอ็นไซม์ชนิดนี้จะย่อยสลายโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำให้อยู่ในรูปเปปไทด์ที่สามารถละลายน้ำได้ ซึ่งจะถูกขจัดออกไปในระหว่างกระบวนการเตรียมน้ำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำ

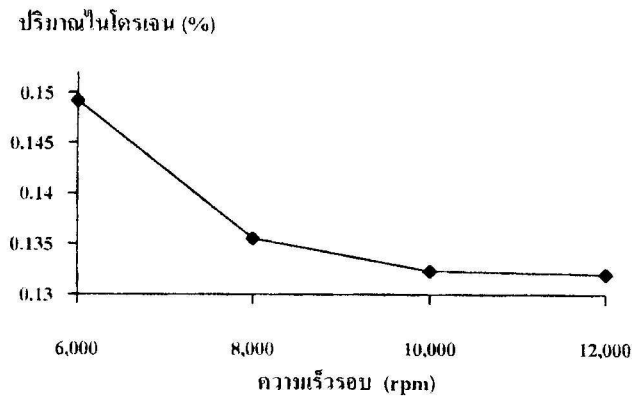
Chin และคณะ (1974) ได้ศึกษาการเตรียมยางโปรตีนต่ำโดยการใช้ น้ำยางชั้นเป็นสารตั้งต้น ใช้ Ammonium naphenate เป็น stabiliser และเติมเอ็นไซม์ Superase ลงไปเพื่อย่อยสลายโปรตีน หลังจากนั้นจับตัวเป็นก้อนยางด้วยกรดฟอสฟอริก 2% แล้วหาปริมาณไนโตรเจนพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการลดปริมาณไนโตรเจนคือ ความเป็นกรด-ด่างของน้ำยาง ปริมาณแอมโมเนียในน้ำยาง ปริมาณแอฟที่เนท ปริมาณเอ็นไซม์ (Superase) เวลาในการย่อยสลายโปรตีน และความเข้มข้นของการเจือจางน้ำยางก่อนการนำน้ำยางมาจับตัว

Ichikawa และคณะ (1993) ได้ศึกษาสมบัติของน้ำยางโปรตีนต่ำที่เตรียมโดยการใช้ น้ำยางชั้น ชนิดแอมโมเนียสูง(HA) แล้วเจือด้วยน้ำกลั่นเป็น 10% ใส่ 0.12% โซเดียมแอฟที่เนทปรับ pH เป็น 9.2 ด้วยโซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต แล้วเติมเอ็นไซม์ Alcalase ลงไปย่อยสลายโปรตีนที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปเซนตริฟิวจ์ที่ความเร็ว 11,000 rpm. เป็นเวลา 30 นาทีจำนวน 3 ครั้ง โดยแต่ละครั้งนำไปเจือน้ำแล้วเติมสาร surfactant ลงไปใหม่พบว่าปริมาณโปรตีนในน้ำยางลดเหลือ 0.008% จากน้ำยาง HA ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจนอยู่ 0.56 % เมื่อนำน้ำยางที่ได้มาผสมสารเคมีแล้วหาสมบัติของยางวัลคาไนซ์พบว่าสมบัติด้านความทนแรงดึงของน้ำยางโปรตีนต่ำใกล้เคียงกับน้ำยางชั้นปกติ ส่วนมอดูลัส 500% จะต่ำกว่าและระยะยืดเมื่อขาดสูงกว่าน้ำยางชั้นปกติ สมบัติหลังบ่มแรงที่ 70°C เป็นเวลา 92 ชั่วโมงพบว่าค่าความทนแรงดึงและ มอดูลัส 500% สูงขึ้นเล็กน้อย ส่วนระยะยืดเมื่อขาดมีค่าลดลงทั้งน้ำยางโปรตีนต่ำและน้ำยางชั้นปกติ

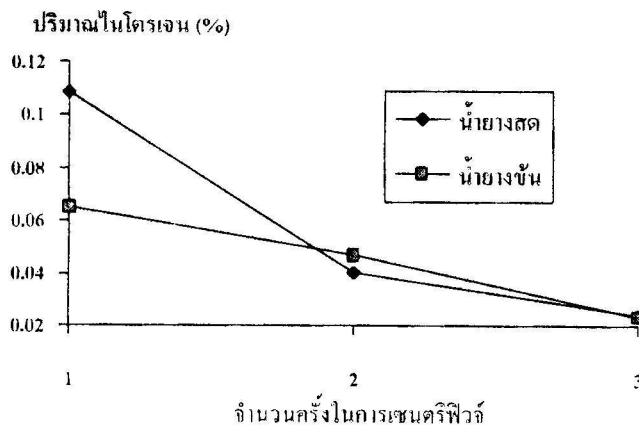
โยธิน (2537) ได้ศึกษาการเตรียมยางโปรตีนต่ำจากน้ำยางสด โดยใช้เอ็นไซม์อัลคาเลสพบว่าประสิทธิภาพการขจัดโปรตีนออกขึ้นอยู่กับ pH ของน้ำยาง เวลาการย่อย และปริมาณเอ็นไซม์ เอ็นไซม์อัลคาเลสและปาเปนทำงานได้ดีที่สุดที่ pH 7.5-8.0 และ 6.5 ตามลำดับ ปริมาณเอ็นไซม์อัลคาเลส

และปาเปนที่ใช้ 0.2 และ 1.2 ส่วน ตามลำดับ และระยะเวลาย่อยในการจัดโปรตีนได้ดีที่สุดคือ ตั้งแต่ 20 ชั่วโมงและ 15 ชั่วโมงเป็นต้นไปตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าในยาง DPNR ใช้เวลาในการวัลคาไนซ์ นานกว่ายางธรรมชาติ (STR 5L) สมบัติด้านความทนแรงดึงของน้ำยาง DPNR ผสมสารเคมีจะมีค่าต่ำกว่าน้ำยางชั้นชนิด LA

ไพโรจน์และพรสิทธิ์ (2540) ได้ทำการศึกษาการเตรียมน้ำยางโปรตีนต่ำโดยใช้น้ำยางสด พันธุ์ RRIM600 โดยใช้เอ็นไซม์อัลคาเลสปริมาณ 0.2 ส่วนในยาง 100 ส่วน พบว่าความเร็วของการ เซนตริฟิวจ์และจำนวนครั้งของการเซนตริฟิวจ์มีผลต่อการจัดโปรตีนในน้ำยางโดยการเพิ่มความเร็วน รอบของการเซนตริฟิวจ์จะทำให้ปริมาณโปรตีนในยางมีค่าลดลง และปริมาณโปรตีนมีค่าเกือบคงที่เมื่อ ความเร็วมากกว่า 10,000 rpm. จำนวนครั้งในการเซนตริฟิวจ์เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณโปรตีนลดลง เรื่อยๆ และพบว่ายาง DPNR ในรูปยางแห้งผสมสารเคมีมีสมบัติความทนแรงดึงและมอดุลัสต่ำกว่ายาง STR 5L ส่วนระยะยืดเมื่อขาดของยาง DPNR จะมีค่าสูงกว่ายาง STR 5L



รูปที่ 2.1 ปริมาณไนโตรเจนที่เหลืออยู่ใน DPNR ที่เตรียมโดยการเซนตริฟิวจ์ที่ความเร็ว 6,000; 8,000; 10,000 และ 12,000 rpm (ไพโรจน์และพรสิทธิ์, 2540)



รูปที่ 2.2 ปริมาณไนโตรเจนที่เหลืออยู่ใน DPNR หลังจากการเซนตริฟิวจ์ที่ 10,000 rpm ที่ 25°C นาน 30 นาที จำนวน 1, 2 และ 3 ครั้ง (ไพโรจน์และพรสิทธิ์, 2540)

2.3 มาตรฐานของถุงมือยาง

ถุงมือการแพทย์ ถุงมือผ่าตัด และถุงมือตรวจ มีการกำหนดในมาตรฐานต่างๆ เช่น มอก. 538, BS 4005 , BS 1803 , ASTM D3577 และ ASTM D3578 ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สมบัติทางกายภาพของถุงมือยาง (บุญธรรม,พรพรรณ และปรีชา, 2532)

ชื่อมาตรฐาน	มอก 538	BS 4005	BS 1803	ASTM D3577	ASTM D3578
ชนิดถุงมือ	การแพทย์	ผ่าตัด	ผ่าตัด	ผ่าตัด	ตรวจ
จำนวนครั้งในการใช้งาน	-	ครั้งเดียว	-	-	-
ความหนากลางฝ่ามือ,มม.	0.20± 0.03	0.10 ต่ำสุด 0.40 สูงสุด	-	0.10 ต่ำสุด	0.08 ต่ำสุด
ความทนแรงดึง,MPa(ไม่น้อยกว่า)	24	18	20.7	24	21
มอดูลัส 500%, MPa	-	-	-	5.5	-
ระยะยืดเมื่อขาด,ร้อยละ(ไม่น้อยกว่า)	750	700	700	750	700
หลังการบ่มเร่ง, °C	70±2	70±1	-	70±2	70±2
เวลา,ชั่วโมง	166±2	22±2	-	166±2	166±2
ความทนแรงดึง,MPa(ไม่น้อยกว่า)	18	15	-	18	16
ระยะยืดเมื่อขาด, ร้อยละ (ไม่น้อยกว่า)	560	700	-	560	500
หลังนึ่งอัด, °C	115-120	-	115-121	-	-
ความดัน,กิโลปาสกาล	98	-	-	-	-
เวลา,นาที	20	-	20	-	-
จำนวนครั้ง	6	-	6	-	-
ความทนแรงดึง,MPa(ไม่น้อยกว่า)	18	-	13.8	-	-
ระยะยืดเมื่อขาด, ร้อยละ (ไม่น้อยกว่า)	600	-	600	-	-

จากตารางที่ 2.1 จะเห็นได้ว่า หากถุงมือใดที่สมบัติทางกายภาพผ่านมาตรฐานของ มอก 538 จะผ่านมาตรฐาน ASTM และ BS ได้อย่างแน่นอน

2.4 การทำถุ่มีอย่างทางการแพทย

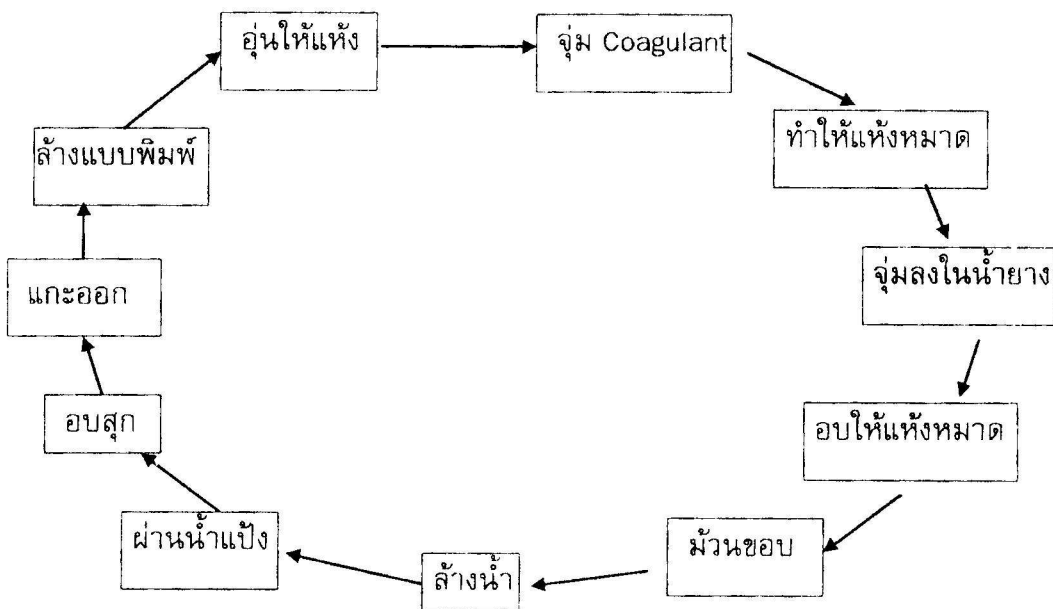
กระบวนการทำถุ่มีโดยทั่วไปมีหลักการสำคัญคือ การจุ่มแบบพิมพ์ถุ่มีลงในน้ำยงผสมสารเคมี ค่อยๆ ยกแบบพิมพ์ขึ้นโดยพยายามให้น้ำยงจับตัวที่ผิวของแบบพิมพ์ถุ่มีให้สม่ำเสมอแล้วจึงนำไปบดออกจากแบบพิมพ์ ล้างสารเคมีที่อาจตกค้างในยงออก (พรพรรณ, 2530)

หลักการจุ่มแบบพิมพ์ที่ใช้กันโดยทั่วไปมี 3 วิธีคือ

1. การจุ่มแบบง่าย (Simple dipping หรือ Straight dip)
2. การจุ่มแบบใช้สารช่วยในการจับตัวของยง (Coagulant dipping)
3. การจุ่มแบบที่ใช้ความร้อนช่วยกระตุ้น (Heat-sensitive dipping)

สำหรับการทำถุ่มีทางการแพทยมักนิยมใช้วิธีการจุ่มแบบพิมพ์โดยใช้สารช่วยในการจับตัว (Coagulant) ซึ่งสารที่นิยมใช้โดยทั่วไป เช่น แคลเซียมคลอไรด์ หรือ แคลเซียมไนเตรท สำหรับการทดลองนี้จะใช้แคลเซียมคลอไรด์เป็นสารช่วยในการจับตัวน้ำยง โดยทำให้แบบพิมพ์แห้งก่อนจุ่มในน้ำยงผสมสารเคมี ความหนาของยงที่ได้จากการจุ่ม ขึ้นกับปัจจัยดังต่อไปนี้ คือ ความเข้มข้นของ Coagulant ความเข้มข้นของน้ำยง ระยะเวลาที่จุ่ม ความหนืดของน้ำยง และความเสถียรของน้ำยง (บุญธรรม, 2532)

ในโรงงานอุตสาหกรรมการทำถุ่มีจะทำการจุ่มแบบต่อเนื่องดังรูป



รูปที่ 2.3 ทิศทางการทำงานในกระบวนการจุ่ม (เสาวนีย์, 2539)

บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

3.1 สารเคมี

3.1.1 น้ำยางชั้น 60 % ชนิด LA-TZ ผลิตโดยบริษัทปัตตานีอุตสาหกรรม (1971) จำกัด

3.1.2 ซิงค์ออกไซด์ จัดจำหน่ายโดยบริษัทเพชรไทยเคมีภัณฑ์ จำกัด เตรียมในรูป

50% dispersion

3.1.3 กำมะถัน ผลิตโดยบริษัทเพชรไทยเคมีภัณฑ์ จำกัด เตรียมในรูป 50 % dispersion

3.1.4 Zinc-N-diethyl dithiocarbamate (ZDC) ผลิตโดยบริษัท Penwalt Corporation, Philadelphia Pa 19102 ใช้เป็นสารตัวเร่ง เตรียมในรูป 50 % dispersion

3.1.5 Zinc-2-mercaptobenzthiazole (ZMBT) ผลิตโดยบริษัท Vulnax ใช้เป็นตัวเร่งเสริม (Secondary Accelerator) เตรียมในรูป 50% dispersion

3.1.6 Bentonite จัดจำหน่ายโดยบริษัทเพชรไทยเคมีภัณฑ์ จำกัด เป็นตัวป้องกันการตกตะกอนของสารที่บดแล้ว

3.1.7 Vultamol มีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาล ผลิตโดยบริษัท BASF ใช้เป็นตัวช่วยให้สารที่บดอยู่ในรูป dispersion

3.1.8 สารกันเสื่อม (Antioxidant) ตัวที่ใช้คือ 2,6-Di-*tert*-butyl-*p*-cresol (BHT) จำหน่ายโดยบริษัทโอเรียลตัลสยาม จำกัด เตรียมในรูป 50% dispersion

3.1.9 กรดลอริก (Lauric acid) ผลิตโดยบริษัท BHD Chemical จำกัด ประเทศอังกฤษ

3.1.10 โพลีเอทิลีนไฮดรอกไซด์ เป็นชนิดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ผลิตโดยบริษัท May and Baker จำกัด ประเทศอังกฤษ ใช้เตรียมเป็นสารละลายเข้มข้น 10% (น้ำหนัก/น้ำหนัก)

3.1.11 เอ็นไซม์ KP-3939 ผลิตโดยบริษัท Kao Chemical ประเทศญี่ปุ่น

3.1.12 โซเดียมลอริลซัลเฟต (Sodium lauryl sulphate) ใช้ใส่น้ำยางโปรตีนต่ำเพื่อรักษาสภาพของน้ำยาง

3.1.13 แคลเซียมคลอไรด์ ผลิตโดยบริษัท Merck ใช้ในรูปสารละลาย 5%, 10% และ 15%

3.1.14 คลอโรฟอร์ม ผลิตโดยบริษัท J.T. Baker Inc. สหรัฐอเมริกา

3.1.15 กรดฟอสโฟทังสติก (Phosphotungstic acid, PTA) ผลิตโดยบริษัท Hopkin & Williams ประเทศอังกฤษ ใช้ในรูปสารละลาย 40% (น้ำหนัก/ ปริมาตร)

3.1.16 กรดไตรคลอโรอะซิติก (Trichloroacetic acid, TCA) ผลิตโดยบริษัท Riedel-de Haenen ประเทศเยอรมัน ใช้ในรูปสารละลาย 35 % (น้ำหนัก/ ปริมาตร)

3.1.17 คอปเปอร์ซัลเฟตเพนตะไฮเดรต (Copper sulfate pentahydrate) ผลิตโดยบริษัท Ferak ประเทศเยอรมัน มีลักษณะเป็นเกล็ดสีฟ้า ใช้ในรูปสารละลาย 1.5 % (น้ำหนัก/ ปริมาตร)

3.1.18 โฟลีน-ซิออคัลโต รีเอเจนต์ (Folin-Ciocalteu Reagent) ผลิตโดยบริษัท Fluka Chemie จำกัด ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ ใช้ความเข้มข้น 72 % (น้ำหนัก/ปริมาตร)

3.1.19 ไตรโซเดียมซิเตรตไดไฮเดรต (Tri-sodium citrate dihydrate) ผลิตโดยบริษัท Carlo Eraba Reagenti ประเทศเยอรมัน ใช้ในรูปสารละลาย 3 % (น้ำหนัก/ ปริมาตร)

3.1.20 โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate) ผลิตโดยบริษัท J.T. Baker.Inc ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.1.21 โซเดียมไฮดรอกไซด์ ผลิตโดยบริษัท Eka Nobel ประเทศอังกฤษ เตรียมในรูป 0.2 N และ 40% (น้ำหนัก/ปริมาตร)

3.1.22 กรดซัลฟิวริก ผลิตโดยบริษัท J.T Baker Inc.ประเทศสหรัฐอเมริกาใช้ในรูปเข้มข้น และในรูปสารละลาย 0.005 M

3.1.23 Bovine serum albumin (BSA) ผลิตโดยบริษัท Fluka จำกัด ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ ใช้เป็นสารละลายโปรตีนมาตรฐานในการทำกราฟมาตรฐาน

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 เครื่องเซนต์ริฟิวจ์ Sorval Super T21 ผลิตโดยบริษัท Dupont ความเร็วสูงสุด 21,000 rpm

3.2.2 เครื่องกวน ผลิตจำหน่ายโดยบริษัท เทคนิคคอลซายน์ แอนเซอร์วิส จำกัด

3.2.3 เครื่องเซนต์ริฟิวจ์ Hermle Z323k ชนิดความเร็วสูงสุด 13,500 rpm ผลิตในประเทศเยอรมัน

3.2.4 ตู้อบ (Oven) เป็นตู้อบยี่ห้อ Memmert ผลิตในประเทศเยอรมันตะวันตก มีขนาดภายนอก 42x50x66 cm³ และขนาดภายใน 32x40x40 cm³ สามารถปรับอุณหภูมิได้ถึง 220 °C และมีพัดลมช่วยในการรักษาอุณหภูมิให้คงที่

3.2.5 เครื่องวัดความหนืดน้ำยาง เป็นแบบ Brookfield Synchotectric Viscometer รุ่น RVF-100 ผลิตในประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2.6 ไมโครมิเตอร์ (Micrometer) ใช้วัดความหนาของแผ่นยางที่ได้จากการจุ่ม สามารถวัดได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร ผลิตโดยบริษัท Teclock Corporation ประเทศญี่ปุ่น

3.2.7 เครื่องบดสารเคมี (Ball Mill) เป็นเครื่องมือที่ใช้บดผสมสารเคมีให้อยู่ในรูป dispersion ภาชนะที่ใช้เป็นขวดพลาสติก ความจุขวดละประมาณ 1,000 cm³ มีฝาปิดสนิทภายในมีหินกรวดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 cm. ปริมาตรรวมประมาณ ครึ่งหนึ่งของขวดความเร็วรอบการหมุนของขวดประมาณ 64 รอบ ต่อนาที

3.2.8 เครื่องทำน้ำอุ่น (water bath) ยี่ห้อ Grant รุ่น W28 ผลิตในประเทศอังกฤษ สามารถปรับอุณหภูมิได้ถึง 150 °C

3.2.9 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH-Meter) รุ่น HK8417 Microprocessor Bench pH Meter เป็นเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำยาง ผลิตโดยบริษัท Hanna Instruments Inc.

3.2.10 Universal Testing Mechine เป็นเครื่องรุ่น 50 กิโลนิวตัน ผลิตโดยบริษัท Tensometric จำกัด ประเทศอังกฤษ ความเร็วในการดึงยาง 500 มิลลิเมตรต่อนาที

3.2.11 Multi-cell Ageing Oven เป็นเครื่อง รุ่น O.7B ผลิตโดยบริษัท Wallace Test Equipment, Co. Ltd. ประเทศอังกฤษ สามารถปรับ ควบคุมอุณหภูมิ ปริมาณอากาศที่ไหลผ่านห้อง ป้อนได้

3.2.12 เครื่องผสมสารแบบแกว่ง (Stuart Flask Shaker) ผลิตโดยบริษัท Stuart Scientific Co.Ltd ประเทศอังกฤษ เป็นเครื่องที่ใช้ผสมสารในหลอดทดลองสามารถปรับความถี่ของการแกว่งได้ตามต้องการ สามารถแกว่งได้ที่ละ 8 หลอด

3.2.13 แบบสำหรับจุ่มน้ำยาง (Former) ทำด้วยกระเบื้อง (Porcelain) เป็นเข้าถูงมือแพทย์มีขนาดตั้งแต่ เบอร์ 6 ถึง 9

3.2.14 เครื่องวัดความตึงผิวน้ำยาง จำหน่ายโดยบริษัท เอส.วี. เมดิโก จำกัด ประเทศไทย

3.2.15 เครื่อง Spectrophotometer (Spectronic 20) เป็นเครื่องรุ่น Genesys 5 ผลิตโดยบริษัท Milton Roy company ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2.16 เครื่องหาปริมาณไนโตรเจน Gerhardt เป็นเครื่องรุ่น Vapodest 12 ผลิตในประเทศเยอรมัน

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมสารเคมี

เตรียมสารเคมีต่างๆ เพื่อใช้สำหรับทำถูงมือยางดังนี้

3.3.1.1 ซิงค์ออกไซด์ในรูป 50% dispersion ใช้สูตรดังนี้

ชนิดสารเคมี	น้ำหนัก (กรัม)
ซิงค์ออกไซด์	100
Bentonite	3
Vultamol	3
น้ำ	94

นำสารตามสูตรข้างต้นนี้ไปบดใน Ball mill เป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนนำไปใช้

3.3.1.2 กำมะถันในรูป 50% dispersion โดยใช้สูตรดังนี้

ชนิดสารเคมี	น้ำหนัก (กรัม)
กำมะถัน	100
Bentonite	3
Vultamol	3
20% แอมโมเนีย	2
น้ำ	92

นำสารตามสูตรข้างต้นนี้ไปบดใน Ball mill เป็นเวลา 72 ชั่วโมงก่อนนำไปใช้

3.3.1.3 ZDC ในรูป 50% dispersion โดยใช้สูตรดังนี้

ชนิดสารเคมี	น้ำหนัก (กรัม)
ZDC	100
Bentonite	3
Vultamol	3
น้ำ	94

นำสารตามสูตรข้างต้นนี้ไปบดใน Ball mill เป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนนำไปใช้

3.3.1.4 ZMBT ในรูป 50% dispersion ใช้สูตรดังนี้

ชนิดสารเคมี	น้ำหนัก (กรัม)
ZMBT	100
Bentonite	3
Vultamol	3
น้ำ	94

นำสารตามสูตรข้างต้นนี้ไปบดใน Ball mill เป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนนำไปใช้

3.3.1.5 เตรียม Antioxidant (BHT) ในรูป 50% dispersion โดยใช้สูตรดังนี้

สารเคมี	น้ำหนัก (กรัม)
BHT	100
Bentonite	3
Vultamol	3
น้ำ	94

นำสารตามสูตรข้างต้นนี้ไปบดใน Ball mill เป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนนำไปใช้

3.3.1.6 น้ำสบูโพลีเอทิลีนออกไซด์เข้มข้น 20% โดยการใช้กรดลอริกผสมกับโพลีเอทิลีนออกไซด์และน้ำดังนี้

ส่วนที่	สารเคมี	ส่วนโดยน้ำหนัก (กรัม)
ส่วนที่ 1	กรดลอริก	168.1
	น้ำ	664.9
ส่วนที่ 2	โพลีเอทิลีนออกไซด์	53.0
	น้ำ	120.0

นำส่วนที่ 1 ไปอุ่นที่อุณหภูมิ 80 °C นาน 30 นาที แล้วเติม ส่วนที่ 2 ลงไปในส่วนที่ 1 อย่างช้า ๆ พร้อมทั้งกวนอย่างแรง แล้วอุ่นต่ออีก 1 ชั่วโมง

3.3.1.7 สารละลายโพลีเอทิลีนออกไซด์เข้มข้น 10% (น้ำหนัก/น้ำหนัก) เตรียมโดยชั่งโพลีเอทิลีนออกไซด์ 100 กรัม ละลายในน้ำกลั่นจนมีน้ำหนักเป็น 1000 กรัม

3.3.3 การศึกษาสมบัติเบื้องต้นของยาง

3.3.3.1 การหา TSC ของน้ำยาง (ASTM D 1076-80,1994)

นำน้ำยางหรือจานโลหะที่มีฝาปิด มาซึ่งพร้อมฝาให้ละเอียดถูกต้อง 0.1 มิลลิกรัม แล้วเทน้ำยางชั้นตัวอย่างลงไปประมาณ 2.5 กรัม (ซึ่งน้ำหนักแน่นอน) ขณะซึ่งปิดฝาด้วย เปิดฝายอก แล้วเอียงจานไปมาเพื่อให้น้ำยางกระจายทั่วจานนั้น นำจานที่เปิดฝาไปอบที่ อุณหภูมิประมาณ 100 °C จนยางใสไม่มีสีขาวขุ่นอยู่ เอายางออกแล้วทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้องในเดสซิเคเตอร์ ซึ่งน้ำหนักยาง นำไปอบซ้ำเป็นเวลา 15 นาที ทำให้เย็น และชั่งยางซ้ำ ผลต่างของน้ำหนักยางแห้งต้องไม่เกิน 1 มิลลิกรัม ถ้าเกินต้องอบแล้วชั่งซ้ำอีก

การคำนวณ

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

โดย A = น้ำหนักของจานพร้อมฝา

B = น้ำหนักของจานพร้อมฝากับน้ำยาง

และ C = น้ำหนักของจานพร้อมฝากับยางที่แห้งแล้ว

3.3.1.2 การหา DRC ของน้ำยาง (ASTM D 1076-80,1994)

ชั่งน้ำยางประมาณ 10 กรัมให้ถูกต้องแน่นอน 5 มิลลิกรัม ใส่ลงในจานกระเบื้อง แล้วเติมน้ำกลั่นลงไป 20 มิลลิลิตร กวนให้เข้ากัน นำสารละลาย 2% กรดอะซิติก ปริมาณ 80 มิลลิลิตร ใส่ลงไปใต้น้ำยางอย่างช้าๆ พร้อมทั้งคนตลอดเวลา (ใช้เวลาเกิน 5 นาที) แล้วนำน้ำยางที่ใส่น้ำกรดไปวางบนอ่างน้ำร้อน 15-30 นาที จนได้สารละลายใส แล้วทำเป็นแผ่นบางอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70±2 °C ทำให้เย็นในเดสซิเคเตอร์ ชั่งแล้วอบต่ออีก 30 นาที น้ำหนักต้องไม่ต่างกันเกิน 5 มิลลิกรัม จากค่าที่ชั่งครั้งสุดท้าย

การคำนวณ

$$\% \text{ เนื้อยางแห้ง (\%DRC)} = (\text{น้ำหนักเนื้อยางแห้ง} / \text{น้ำหนักน้ำยางที่ใช้}) \times 100$$

3.3.1.3 การทดสอบหาค่า Alkalinity (ASTM D 1076-80,1994)

นำบีกเกอร์ขนาด 400 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำสารละลาย stabiliser ลงไป 10 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน นำน้ำยางชั้นเหลวในขวดซึ่งมีฝาปิด เพื่อป้องกันไม่ให้แอมโมเนียระเหย ชั่งน้ำยางปริมาณ 5-10 กรัม โดยวิธีหาผลต่างของน้ำหนักก่อนและหลังการชั่งขวด ซึ่งแล้วรีบเทน้ำยางที่ชั่งลงในบีกเกอร์แล้วหยดสารละลาย methyl red 6 หยด แล้วไตเตรดสารละลายที่ได้ด้วยกรดมาตรฐาน จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู

การคำนวณ

$$\% \text{ Alkalinity (ในรูป NH}_3\text{) ในน้ำยาง 100 กรัม} = 1.7 \times N \times V / m$$

$$\% \text{ Alkalinity (ในรูป NH}_3\text{) ในน้ำ 100 กรัมในน้ำยาง} = (1.7 \times N \times V) / m (1 - TS/100)$$

โดย N = ความเข้มข้นของกรดมาตรฐาน, นอร์มัล

V = ปริมาตรของกรดมาตรฐานที่ใช้, มิลลิลิตร

m	=	น้ำหนักของน้ำยางชั้นที่ใช้, กรัม
TS	=	ปริมาณของแข็งในน้ำยางชั้น, %

3.3.1.4 การหาความเสถียรเชิงกล (MST) (ASTM D 1076-80,1994)

นำน้ำยางชั้นมาเติมด้วยสารละลายแอมโมเนียเข้มข้น 0.6 % (สำหรับน้ำยางชนิดแอมโมเนียต่ำ) จนน้ำยางมีของแข็งทั้งหมด 55.0 ± 2 % แล้วนำไปอุ่นบนอ่างน้ำที่อุณหภูมิ $36-37$ °C กรองผ่านตะแกรงแล้วชั่งให้ได้ปริมาณ 80.0 ± 0.5 กรัม นำถ้วยทดสอบวางลงในเครื่อง โดยให้ระยะกันถ้วยห่างจากแผ่นจานปั่น 12.7 มิลลิเมตร เดินเครื่องปั่นด้วยความเร็ว 14,000 รอบ/นาที ตรวจสอบความเสถียรน้ำยางโดยนำแท่งแก้วตะกั่วที่ก้างป่นแล้วนำหยดน้ำยางที่ติดออกมาไปแตะบนถ้วยที่มีน้ำกลั่น ถ้ามีก้อนยางเล็ก ๆ ถือเป็นจุดยุติ ระยะเวลา (วินาที) ทั้งหมดที่ปั่นจนถึงการพบก้อนยางเล็ก ในน้ำยางครั้งแรกคือค่า MST ของน้ำยาง

3.3.1.5 การหาปริมาณเถ้า (Ash content) (ASTM D1278, 1994)

เตรียมตัวอย่างหนักประมาณ 5.0 กรัม ซึ่งให้มีความถูกต้อง 0.1 มิลลิกรัม ใส่ในครุชีเบล (Crucible) ที่แห้งสะอาด แล้วนำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 ± 25 °C จนเผาไหม้ได้สมบูรณ์ไม่มีคาร์บอนเหลืออยู่ นำถ้วยครุชีเบลไปทำให้เย็นในเดสิเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนักให้มีความถูกต้อง 0.1 มิลลิกรัม

การคำนวณ

% Ash	=	$(C-B) / D \times 100$
B	=	น้ำหนักครุชีเบลหลังเผา (กรัม)
C	=	น้ำหนักครุชีเบลก่อนเผา (กรัม)
D	=	น้ำหนักยางตัวอย่าง (กรัม)

3.3.1.6 การหาความหนืดน้ำยาง(บุญธรรม, 2532)

โดยนำน้ำยางชั้นมาประมาณ 500 กรัม เลือกเบอร์แกนหมุนที่เหมาะสม การทดลองนี้ ใช้ความเร็ว 50 รอบต่อนาที และใช้เลขที่แกนหมุน RV2 ค่าคงที่ตัวคูณ (Factor) เท่ากับ 8 ตัวเลขที่อ่านได้จากเครื่อง Brookfield Viscometer จะนำมาคำนวณหาความหนืดดังนี้

ความหนืด (Viscosity) = ค่าตัวเลขที่อ่านได้จากเครื่อง \times Factor หน่วยเป็น cps.

3.3.1.7 การหาปริมาณไนโตรเจนโดยวิธี Kjeldahl (ASTM D 3533-90,1994)

ชั่งตัวอย่างยางที่ต้องการหาปริมาณไนโตรเจนหนักประมาณ 0.1 กรัม ใส่หลอดทดลองที่แห้งสะอาด เติมสารผสมตัวเร่งชนิดเม็ดลงไป 1 เม็ด ตามด้วย H_2SO_4 จำนวน 3.5 มิลลิลิตร

นำมาย่อยในเครื่องย่อยโดยมีอุณหภูมิเริ่มต้น 250 °C ย่อยอย่างเป็นเวลาประมาณ 15 นาทีแล้วค่อยเพิ่มอุณหภูมิเป็น 380 °C ย่อยต่อไปจนได้สารละลายสีใส ตั้งให้เย็นแล้วเติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตรลงในหลอดย่อย แล้วเติมสารละลาย 40% NaOH จำนวน 20 มิลลิลิตร

เตรียม 4% กรดบอริกปริมาณ 5 มิลลิลิตร ใส่ น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร ลงไปในขวดรูปชมพู่ แล้วหยดอินดิเคเตอร์ลงไป 4 หยด แล้วนำมาสารที่เตรียมไว้ไปรองรับไอที่ได้จากการกลั่น กลั่นเป็นเวลา 5 นาที จะได้สารละลายที่มีสีฟ้า

นำสารละลายที่กลั่นได้ไปไตเตรดกับสารละลาย 0.005 M H_2SO_4 โดยใช้โบรโมครีซอลกรีน-เมธิลเรด เป็นอินดิเคเตอร์

ทำการทดลองซ้ำโดยไม่ต้องใส่ตัวอย่าง (Blank)

การคำนวณ

$$\% \text{ ไนโตรเจน} = (V_2 - V_1) \times M \times 0.014 \times 100 / w$$

โดย V_1 = ปริมาตรสารละลายมาตรฐาน H_2SO_4 ที่ใช้ไตเตรท Blank (มิลลิลิตร)
 V_2 = ปริมาตรสารละลายมาตรฐาน H_2SO_4 ที่ใช้ไตเตรทสารที่กลั่นได้ (มิลลิลิตร)
 M = เข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน H_2SO_4 (โมลาร์)
 w = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

3.3.1.8 การหาปริมาณโปรตีนโดยวิธี Lowry (ISO/WD 12243, 1994)

การหาโปรตีนด้วยวิธีนี้เป็นการสกัดโปรตีนที่ละลายน้ำได้เท่านั้นต้องมีการเตรียมกราฟมาตรฐานเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณปริมาณโปรตีน ดังนี้

1.) การเตรียมกราฟมาตรฐาน

โดยการแปรความเข้มข้นของโปรตีนมาตรฐานดังนี้

1.1) เตรียม Stock solution ความเข้มข้น 0.001 กรัม/มิลลิลิตร โดยชั่ง Standard protein (Bovine serum albumin, BSA) 0.01 กรัม ละลายน้ำ 10 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

1.2) เจือจางโปรตีนมาตรฐาน (BSA) ให้มีความเข้มข้นต่างๆ ดังนี้ คือ 10, 20, 40, 80 และ 160 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

1.3) นำสารที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ในข้อ 1.2 มา 0.8 มิลลิลิตรใส่ในหลอดเซนตริฟิวจ์ แล้วเติม Reagent C จำนวน 0.3 มิลลิลิตร. ผสมกัน 9.5-10.5 นาที แล้วเติม Reagent D ผสมทันที ใช้เครื่องแกว่ง 30 วินาทีเพื่อให้สารผสมกันดี แล้วตั้งทิ้งไว้ 30 นาที

หมายเหตุ Reagent C คือ สารละลาย 6% w/v anhydrous sodium carbonate 1 มิลลิลิตร ผสมกับ สารละลาย 1.5% Copper sulfate pentahydrate

Reagent D คือ Folin-Ciocalteu Reagent ความเข้มข้น 72 % w/v

1.4) นำสารที่เตรียมได้ข้อ 1.3 ใส่เซลล์ขนาด 1 เซนติเมตร วัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV- visible spectrophotometer

1.5) เตรียม Blank โดยไม่ใส่สารละลายโปรตีนด้วยวิธีการตามข้อ 1.3-1.4

1.6) นำมาเขียนเป็นกราฟมาตรฐานจะได้เป็นกราฟเส้นตรง และหาความชัน (slope)

2) การสกัดโปรตีน

- 2.1) ตัดตัวอย่างถุงมือยาง 2 ชิ้น ขนาด 7x7 ตารางเซนติเมตร แล้วชั่งน้ำหนัก
- 2.2) ใส่ยางลงใน Flask แล้วใส่น้ำ 30 มิลลิลิตร แล้วชั่งน้ำหนักแน่นอน
- 2.3) นำไปต้มใน water bath ที่อุณหภูมิ 30-40 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมงโดยแกว่ง
ทุกๆ 30 นาที ครั้งละ 1 นาที
- 2.4) นำส่วนของเหลวมาเซนตริฟิวจ์ด้วยความเร็ว 500 g เป็นเวลา 10 นาที แยก
ส่วนที่เป็นตะกอนออก
- 2.5) นำของเหลวที่แยกมาปริมาณ 6 มิลลิลิตร (หรือตามความเหมาะสม) เติม
35% TCA 1 มิลลิลิตร และ 40% PTA 1 มิลลิลิตร ผสมกันตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 20 นาทีเพื่อให้โปรตีน
ตกตะกอน
- 2.6) เซนตริฟิวจ์ด้วยความเร็ว 2000 g เป็นเวลา 40 นาที เพื่อให้โปรตีนตกตะกอน
หมด
- 2.7) เทส่วนของเหลวผ่านกระดาษกรองโดยคว่ำหลอดไว้เป็นเวลา 5 นาที (ให้ระวัง
ตะกอนโปรตีนหลุดออกไปกับของเหลวที่เททิ้ง)
- 2.8) เติมสารละลาย 0.2 M NaOH ปริมาณ 0.8 มิลลิลิตร ลงในหลอดเซนตริฟิวจ์
เพื่อละลายโปรตีน เติม Reagent C ปริมาณ 0.3 มิลลิลิตร. ผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 10 นาที แล้ว
เติม Reagent D ลงไป ผสมให้เข้ากันทันทีโดยใช้เครื่องแกว่งเป็นเวลา 30 วินาทีแล้วหยุดเครื่อง ตั้งไว้
30 นาที
- 2.9) นำสารละลายที่ได้ใส่เซลล์ขนาด 1 เซนติเมตร วัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น
750 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer
- 2.10) นำค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่วัดได้เทียบกับกราฟมาตรฐาน สามารถ
คำนวณค่าปริมาณโปรตีนเป็น ไมโครกรัม/กรัม ของน้ำหนักถุงมือยาง

3) การคำนวณ

ค่าความเข้มข้นของโปรตีนในถุงมือยางตัวอย่าง ซึ่งได้วัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) สามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้ (ISO/WD 12243,1994)

$$C = (c \times M_w) / (M_p \times 6)$$

โดยที่ C : ความเข้มข้นของโปรตีน ($\mu\text{g/g}$ ของน้ำหนักถุง)

c : น้ำหนักสารละลายโปรตีน 6 มิลลิลิตร (μg) หาได้จาก

$$c = (1 / \text{slope}) \times \text{Absorbance}$$

M_p : น้ำหนักของถุงมือที่ทดสอบ (กรัม)

M_w : น้ำหนักของน้ำที่ใช้สกัดโปรตีน (กรัม)

3.3.4 การเตรียมน้ำยางผสมสารเคมี

น้ำยางโปรตีนต่ำหรือน้ำยางชั้นมาผสมสารเคมีโดยใช้วิธีผสมดังนี้ (โยธิน, 2537)

- 1.) ชั่งน้ำยางปริมาณแน่นอนมาเติม Stabiliser 0.1% ลงไป แล้วกวนให้เข้ากันเป็นเวลา 5 นาที
- 2.) เติมสาร Vulcanizing agent ลงไปกวนให้เข้ากันเป็นเวลา 5 นาที เติมสารตัวเร่ง แล้วกวนต่อไปอีกเป็นเวลา 5 นาที
- 3.) เติมสาร antioxidant และส่วนผสมอื่นที่เหลือ กวนให้เข้ากันประมาณ 3 ชั่วโมง
- 4.) บ่มน้ำยางที่ผสมสารเคมีไว้ที่อุณหภูมิห้องกระทั่งน้ำยางมีระดับของการวัลคาไนซ์ตามต้องการ กรองน้ำยางก่อนนำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์ถลุงมือต่อไป

3.3.5 การศึกษาระดับการวัลคาไนซ์ของน้ำยางที่ผสมสารเคมี

น้ำยางชั้นเมื่อนำมาผสมสารเคมี แล้วตั้งทิ้งไว้ จะเกิดการวัลคาไนซ์ไปบางส่วน วิธีการติดตามระดับการวัลคาไนซ์ที่ใช้ทดสอบมี 2 วิธีดังนี้คือ Chloroform test และ Prevulcanisation Retention Modulus (PRM) (บุญธรรม, พรพรรณ และปรีชา, 2532)

3.3.5.1 Chloroform test

นำน้ำยางที่ผสมสารเคมี(ประมาณ 10 กรัม) มาเติมคลอโรฟอร์มปริมาณเท่า ๆ กัน กวนให้เข้ากันจนน้ำยางจับตัวหมด ตั้งทิ้งไว้ 2-3 นาที แล้วนำน้ำยางที่จับตัวนั้นมาทดสอบระดับของการวัลคาไนซ์โดยการ กด และดึง โดยทั่วไปสามารถจัดระดับของการวัลคาไนซ์ได้ 4 ระดับดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สมบัติของยางที่มีระดับการวัลคาไนซ์ต่างกัน(Chloroform test)

Chloroform Number	สมบัติยาง
1	ยางเป็นก้อนเหนียวๆ เวลาดึงจะมีใยและยืดหยุ่น
2	ยางแตกออกมาเป็นก้อนนุ่มขาดเป็นช่วงสั้น ๆ
3	ยางกระจายเป็นชิ้นเล็ก ๆ ไม่เหนียวติดกัน
4	ยางมีลักษณะเป็นผงเล็ก ๆ ร่วนและ แห้ง

3.3.5.2 Prevulcanisation Retention Modulus (PRM)

นำหลอดทดลองขนาดใหญ่ มาจุ่มลงในน้ำยางผสมสารเคมีแล้วค่อย ๆ ดึงขึ้น เป่าลมให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง ม้วนขอบฟิล์มลงตามแนวหลอดทดลองจะได้ยางรูปวงแหวนซึ่งน้ำหนักของยางวงแหวนที่ได้ นำวงแหวนดังกล่าวมายืดด้วยตุ้มถ่วงน้ำหนักให้ได้ระยะยืด 100% หลังจากยืดได้ 1 นาทีในระยะยืดดังกล่าวแล้วอ่านน้ำหนักที่ใช้ตั้ง

การคำนวณ

$$\text{PRM (Kg/cm}^2\text{)} = \text{FDL} / 2w$$

F = แรงที่ใช้ดึงยางให้ยืด 100% (กิโลกรัม)

D = ความหนาแน่นของยาง (เท่ากับ 0.94 g/ลบ.ซม.)

L = เส้นรอบวงของหลอดทดลองขนาดใหญ่ที่ใช้ (ซ.ม.)

w = น้ำหนักของวงแหวนที่ใช้ทดสอบ (กรัม)

3.3.6 การเตรียมชิ้นทดสอบแบบจุ่ม

- 1.) นำแบบพิมพ์รูปทรงกระบอกมาล้างให้สะอาด
- 2.) ตั้งทิ้งไว้ให้แห้ง แล้วนำมาจุ่ม CaCl_2 แล้วตั้งขึ้นตั้งทิ้งไว้ให้แห้งหมด
- 3.) จุ่มแบบพิมพ์ลงในน้ำยางที่ผสมสารเคมีที่เตรียมไว้เป็นเวลานาน 30 วินาที แล้ว

ค่อย ๆ ตั้งขึ้น

- 4.) ทำให้วัลคาไนซ์ ที่อุณหภูมิ 110°C แปรเวลาอบ 15, 20, 25, 30, 35, 40

และ 45 นาที

- 5.) นำชิ้นทดสอบตัวอย่างออกจากตู้อบ ทิ้งไว้ให้เย็น ทาซิงค์สเดี่ยเรตป้องกันการติดแล้ว

ถอดออกจากแบบพิมพ์

- 6.) ตัดชิ้นทดสอบเป็นรูป dumb bell แล้วนำไปทดสอบสมบัติทางฟิสิกส์

3.3.7 การทดสอบสมบัติทางฟิสิกส์

ทดสอบคุณสมบัติความทนแรงดึง มอดุลัส 500% และความยืดเมื่อขาด (ตามมาตรฐาน ASTM D412-83)

3.3.8 การทดสอบการบ่มเร่งด้วยอากาศร้อน

นำยางชิ้นทดสอบ(แยกตามสูตร) มาบ่มเร่งโดยใส่ในห้องสำหรับอบยาง ที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 166 ± 2 ชั่วโมง แล้วทดสอบสมบัติทางฟิสิกส์หลังบ่มเร่ง

3.3.9 การเตรียมถุงมือทางการแพทย์โดยวิธีการจุ่ม

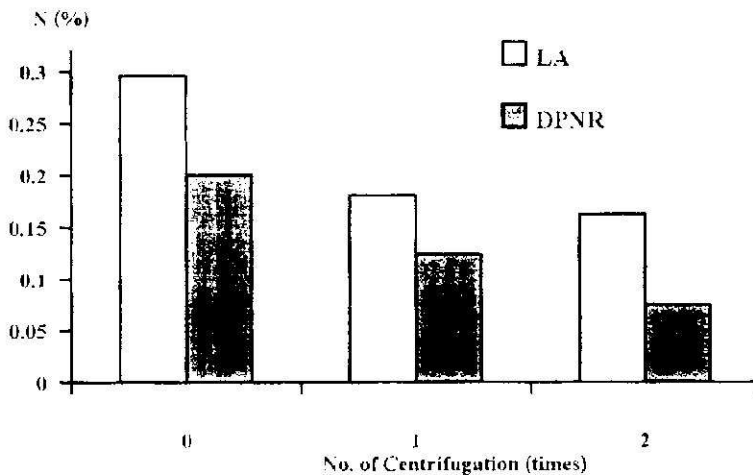
นำแบบพิมพ์ (former) รูปมือทำด้วย porcelain ชนิดไม่เคลือบมันมาจุ่มลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ตั้งทิ้งไว้พอหมาด ๆ แล้วนำไปจุ่มในน้ำยางผสมสารเคมีเป็นเวลา 30 วินาที ค่อย ๆ ตั้งขึ้นด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วของน้ำยางที่ไหลลงจากแบบพิมพ์ ตั้งทิ้งไว้พอหมาด ๆ ม้วนขอบถุงมือ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 30 นาที วางทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ทาแป้งซิงค์สเดี่ยเรตเพื่อป้องกันการติดกัน แล้วถอดถุงมือออกจากแบบพิมพ์ จะได้ถุงมือตามต้องการ

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ปริมาณของไนโตรเจนในน้ำยาง

น้ำยางชั้นชนิด LA และ DPNR (น้ำยางที่จัดโปรตีนออกจากน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำ โดยการย่อยด้วยเอนไซม์ KP-3939 ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง) นำไปเซนตริฟิวจ์ด้วยความเร็ว 10,000 รอบ/นาที จำนวน 2 ครั้ง ครั้งละ 20 นาที น้ำยางส่วนที่เป็นครีมมาทำให้แห้งแล้วนำมาหาปริมาณไนโตรเจนโดยวิธี Kjeldahl ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเซนตริฟิวจ์กับปริมาณไนโตรเจนในยางแห้งจากน้ำยางชั้นชนิดชนิดแอมโมเนียต่ำและจากน้ำยางโปรตีนต่ำแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนในน้ำยาง NR-LA และ DPNR ต่อจำนวนครั้งในการเซนตริฟิวจ์

จากรูปที่ 4.1 พบว่าน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำมีปริมาณไนโตรเจน 0.29% หลังจากผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ KP-3939 ปริมาณไนโตรเจนลดลง 33 % เมื่อนำน้ำยางที่ย่อยแล้ว ไปเซนตริฟิวจ์เพื่อแยกส่วนของขรุ้มออก ปริมาณของไนโตรเจนจะลดลงคือหลังจากเซนตริฟิวจ์ครั้งที่ 1 ปริมาณของไนโตรเจนลดลงจากเดิม 58 % หลังเซนตริฟิวจ์ครั้งที่ 2 ปริมาณไนโตรเจนลดลงจากเดิม 75 % ส่วนน้ำยางชั้น LA ที่ไม่ใส่เอนไซม์นำมาเซนตริฟิวจ์พบว่าปริมาณไนโตรเจนจะลดลงทำนองเดียวกันคือหลังจากเซนตริฟิวจ์ 1 ครั้ง ปริมาณไนโตรเจนลดลง 40 % และหลังเซนตริฟิวจ์ 2 ครั้ง ปริมาณไนโตรเจนลดลง 46 %

4.2 การศึกษาสมบัติทั่วไปของน้ำยางโปรตีนต่ำ

น้ำยางชั้น LA ที่ปรับสภาพให้มีปริมาณโปรตีนต่ำลงโดยการย่อยสลายโปรตีนด้วย เอนไซม์KP-3939แล้วนำมาเซนตริฟิวจ์จำนวน 2 ครั้ง ส่วนที่เป็นครีมจะมีปริมาณเนื้อยางแห้ง ประมาณ 72-75 % นำส่วนที่เป็นครีมมาเจือจางด้วยน้ำให้มีปริมาณเนื้อยางแห้ง 60 % แล้วเติมโซเดียมลอริลซัลเฟตปริมาณ 0.1 % น้ำหนัก/น้ำหนัก

น้ำยางชั้น DPNR และ น้ำยางชั้น NR-LA ที่ผลิตจากโรงงานน้ำยางชั้นมีสมบัติดังแสดง ใน ตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบสมบัติของน้ำยาง DPNR เทียบกับน้ำยางชั้น NR-LA

คุณสมบัติ	น้ำยาง DPNR	น้ำยาง NR-LA
TSC (%)	60.74	62.20
DRC (%)	60.36	60.62
Alkalinity (เทียบกับน้ำ 100 กรัม)	0.05	0.59
MST (sec)	1800	660
Surface tension (dyne/cm)	34.1	37.5
Ash content (%)	0.23	0.47
Nitrogen content (%)	0.075	0.296
pH	8.94	9.95

4.3 การแปรปริมาณกัมมะถันในน้ำยางโปรตีนต่ำ

นำน้ำยางโปรตีนต่ำที่เตรียมได้มาผสมสารเคมีตามสูตรดังตารางที่ 4.2 หลังจากทิ้งไว้ 3 วัน จะได้ Chloroform no. 2.5 ใช้แบบพิมพ์เตรียมขึ้นทดสอบโดยการจุ่มด้วยวิธีใช้สารช่วยจับตัว (10% CaCl_2) จุ่มแบบพิมพ์ในน้ำยางที่เตรียมไว้เป็นเวลา 30 วินาที แล้วค่อยๆ ดึงขึ้น อบที่อุณหภูมิ 110 °C โดยแปรเวลาอบคือ 15, 20, 25, 30, 35, 40 และ 45 นาที ใช้แป้งทาเพื่อป้องกันการกั้นติดของผิวยาง ถอดยางออกจากแบบพิมพ์ แล้วนำแผ่นยางมาตัดเป็นชิ้นทดสอบ วัดความหนาและทดสอบสมบัติทางฟิสิกส์คือ ความทนแรงดึง, มอดูลัส 500% และระยะยืดจนขาด ดังแสดงในตารางที่ 4.3-4.5 และรูปที่ 4.2-4.4

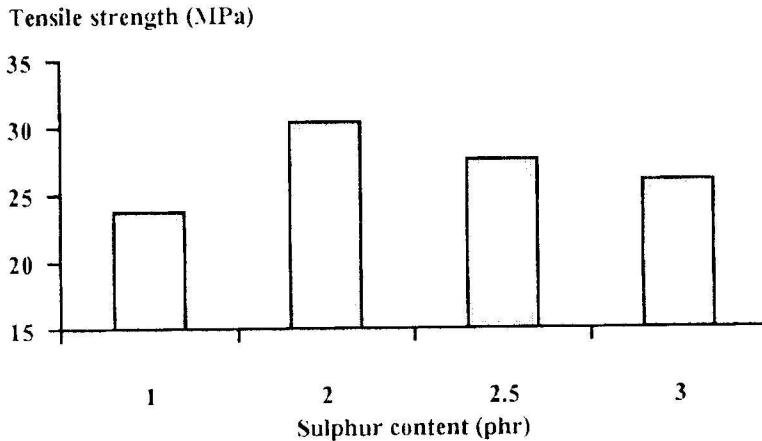
ตารางที่ 4.2 ส่วนผสมของสารเคมีในน้ำยางโปรตีนต่ำโดยการแปรปริมาณกำมะถัน

สารเคมี	น้ำหนักแห้ง (กรัม)			
	สูตร A	สูตร B	สูตร C	สูตร D
60% DPNR	100	100	100	100
50% ZnO	1.0	1.0	1.0	1.0
50% S	1.0	2.0	2.5	3.0
50% ZDC	0.75	0.75	0.75	0.75
50% ZMBT	0.25	0.25	0.25	0.25
50% BHT	1.0	1.0	1.0	1.0
20% Oleate soap	0.6	0.6	0.6	0.6
10% KOH	0.2	0.2	0.2	0.2
H ₂ O	30.4	30.4	30.4	30.4

ตารางที่ 4.3 ความทนแรงดึงของยาง DPNR ที่แปรปริมาณกำมะถัน
อบที่อุณหภูมิ 110 °C เวลาต่างๆกัน

เวลาอบ (นาที)	ความทนแรงดึง (MPa)			
	สูตร A (S=1.0phr)	สูตร B (S=2.0phr)	สูตร C (S=2.5phr)	สูตร D (S=3.0phr)
15	21.15±2.42	22.62±1.35	24.69±0.98	25.77±2.10
20	22.22±1.36	24.20±1.06	26.28±0.14	26.00±1.50
25	23.33±1.70	25.33±1.78	27.56±0.19	23.82±1.82
30	23.76±1.75	27.30±1.50	25.00±1.98	24.11±1.21
35	23.60±1.60	30.12±1.04	23.33±1.35	24.95±1.04
40	23.10±2.65	30.40±0.27	22.15±0.07	23.33±1.62
45	24.19±1.76	29.86±0.13	22.35±1.60	23.20±0.29

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นว่า ความทนแรงดึงสูงสุดของยางสูตร A, B, C และ D ซึ่งมีปริมาณกำมะถัน 1-3 phr ใช้เวลาในการอบยางไม่เท่ากันดังแสดงในตารางที่ 4.4 ค่าความทนแรงดึง สูงสุดของแต่ละสูตรแสดงในรูปที่ 4.2

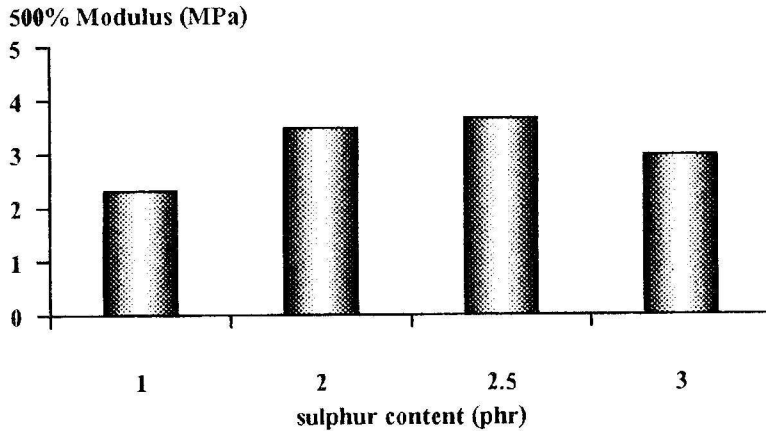


รูปที่ 4.2 ผลของปริมาณกำมะถันต่อค่า ความทนแรงดึง สูงสุดของยาง DPNR

ตารางที่ 4.4 500% Modulus ของยาง DPNR ที่แปรปริมาณกำมะถัน
อบยางที่อุณหภูมิ 110 °C เวลาต่างๆ กัน

เวลาอบ (นาที)	500% Modulus(MPa)			
	สูตร A (S=1.0phr)	สูตร B (S=2.0phr)	สูตร C (S=2.5phr)	สูตร D (S=3.0phr)
15	1.83±0.11	1.66±0.20	3.08±0.28	2.80±0.40
20	2.24±0.15	2.37±0.26	3.52±0.25	2.90±0.21
25	2.46±0.08	2.66±0.12	3.65±0.17	3.92±0.08
30	2.31±0.15	2.76±0.40	3.84±0.10	4.08±0.08
35	2.52±0.14	3.47±0.07	4.00±0.26	4.00±0.34
40	2.46±0.20	3.47±0.18	4.16±0.23	4.41±0.25
45	2.42±0.06	3.50±0.22	4.18±0.15	4.61±0.22

จากตารางที่ 4.4 จะเห็นว่าสมบัติด้าน 500% modulus จะมีค่าสูงสุดที่เวลาอบยางแตกต่างกันยาง DPNR ที่มีปริมาณกำมะถันแตกต่างกัน มีเวลาที่ใช้ในการอบยางที่ทำให้ค่า ความทนแรงดึง สูงสุด จะมีค่า 500% modulus ดังแสดงในรูปที่ 4.3

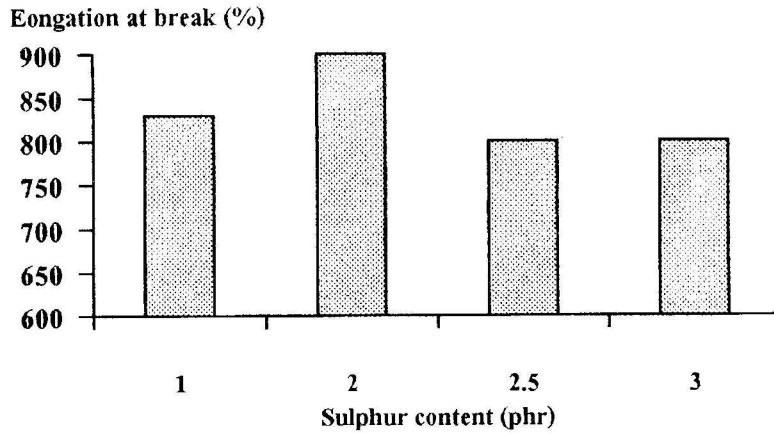


รูปที่ 4.3 ผลของปริมาณกำมะถันต่อ 500% modulus ของยาง DPNR

ตารางที่ 4.5 Elongation at break ของยาง DPNR ผสมสารเคมีแปรปริมาณกำมะถันอบยางที่อุณหภูมิ 110 °C เวลาอบต่างๆ กัน

เวลาอบ (นาที)	Elongation at break (%)			
	สูตร A (S=1.0phr)	สูตร B (S=2.0phr)	สูตร C (S=2.5phr)	สูตร D (S=3.0phr)
15	865±35	870±30	825±25	850±10
20	850±12	870±12	780±30	800±25
25	850±18	860±55	800±10	760±10
30	830±15	850±45	755±10	765±35
35	815±15	850±25	725±25	735±15
40	832±25	900±25	725±20	740±10
45	860±25	900±40	725±25	720±15

จากตารางที่ 4.5 จะเห็นว่าเวลาระยะยืดจนขาดมีค่าสูงสุดที่เวลาอบยางแตกต่างกัน ยาง DPNR ที่มีปริมาณกำมะถันแตกต่างกัน มีการอบยางที่ทำให้ค่าความทนแรงดึงสูงสุดนั้นจะมีค่า %Elongation at break ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ผลของปริมาณกำมะถันต่อ elongation at break (%) ของยาง DPNR

จากการทดลองการแปรปริมาณกำมะถันจะเห็นได้ว่าการเพิ่มปริมาณกำมะถันจะทำให้ความทนแรงดึง ความทนแรงดึงสูงสุดที่ปริมาณกำมะถัน 2 phr เมื่อปริมาณกำมะถันมากกว่านี้ค่าความทนแรงดึง สูงสุดจะมีแนวโน้มลดลง ค่า 500% modulus มีค่าสูงขึ้นเมื่อปริมาณกำมะถันมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนค่า elongation at break มีค่าลดลง

จากมาตรฐานถูงมือ (ASTM D 3577) กำหนดค่า ความทนแรงดึง ต้องมีค่ามากกว่า 24 MPa ดังนั้นปริมาณกำมะถันที่เหมาะสมในการทำถูงมือแพทย์ จึงควรอยู่ระหว่าง 1-2 phr ส่วน elongation at break และ 500% modulus มีคุณสมบัติได้ตามมาตรฐานที่กำหนด ดังนั้นการทดลองทำถูงมือทางการแพทย์ในการทดลองต่อไปจะเลือกใช้กำมะถันปริมาณ 1.75 phr อยางที่อุณหภูมิ 110 °C เวลาอบต่างๆ กัน (15-45 นาที)

4.4 การศึกษาสมบัติของน้ำยางที่ผสมสารเคมี

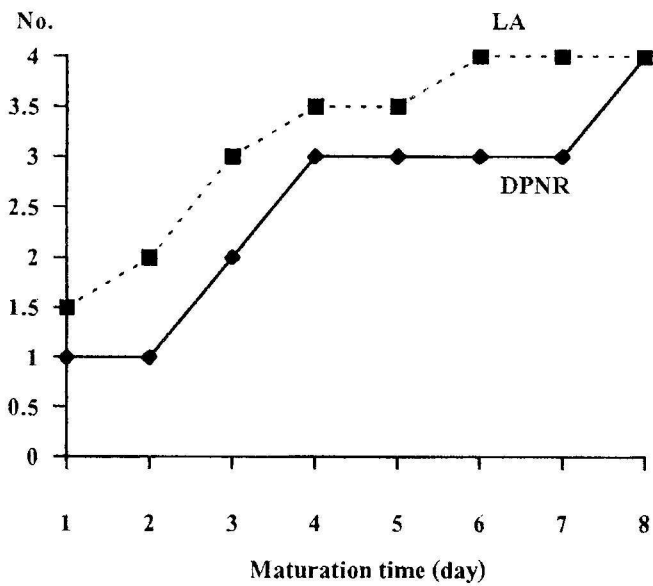
4.4.1 ระดับการวัลคาไนซ์

น้ำยาง LA และ DPNR ที่ผสมสารเคมีตามสูตร (ตารางที่ 4.6) โดยทำการกวนเป็นเวลา 3 ชั่วโมงแล้ว ตั้ง บ่มน้ำยางที่อุณหภูมิห้อง แล้วตรวจสอบระดับการวัลคาไนซ์โดยวิธี หา Chloroform Number และ PRM ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.5 และ 4.6

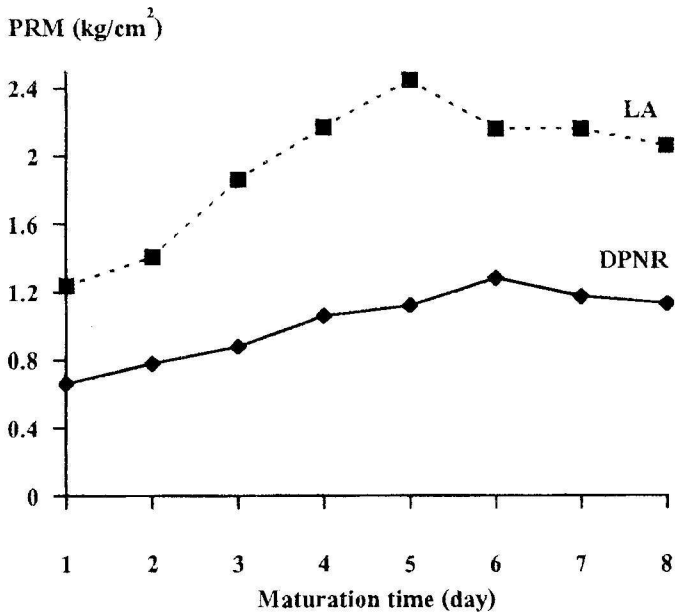
ตารางที่ 4.6 สูตรน้ำยางผสมสารเคมี

สารเคมี	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	น้ำหนักเปียก (กรัม)
60% Conc. Latex	100	167
50% ZnO	1.0	2.0
50% S	1.75	3.5
50% ZDC	0.75	1.5
50% ZMBT	0.25	0.5
50% BHT	1.0	2.0
20% Oleate soap	0.6	3.0
10% KOH	0.2	2.0
H ₂ O	30.4	30.4

Chloroform



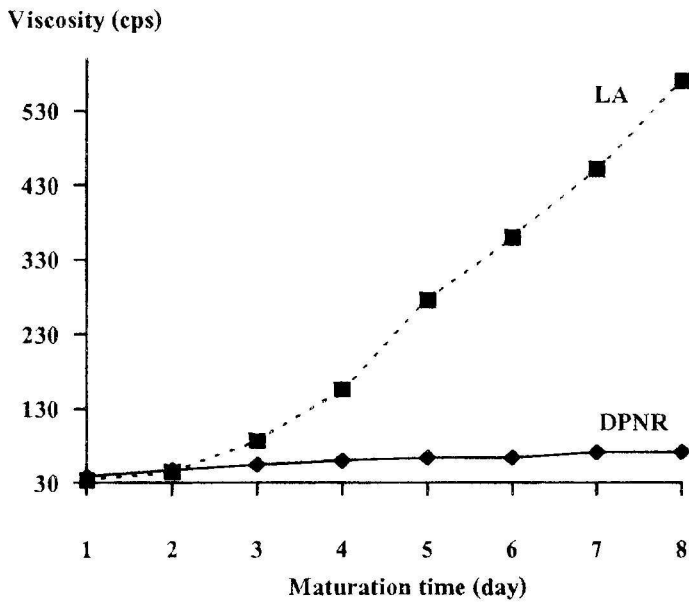
รูปที่ 4.5 ผลของเวลาที่บ่มน้ำยางผสมสารเคมีต่อ Chloroform Number



รูปที่ 4.6 ผลของเวลาที่บ่มน้ำยางผสมสารเคมีต่อ PRM

4.4.2 ความหนืดของน้ำยาง

ค่าความหนืดของน้ำยางที่ผสมสารเคมี(สูตรตารางที่ 4.6) จะมีค่าเปลี่ยนไปตามเวลาที่บ่มอย่างดังแสดงในตารางที่ 4.8



รูปที่ 4.7 ผลของเวลาที่บ่มน้ำยางผสมสารเคมีต่อความหนืด

จากรูปที่ 4.5-4.7 แสดงให้เห็นว่าน้ำยาง DPNR ที่ผสมสารเคมีแล้วปมไว้ที่อุณหภูมิห้อง ในระยะเวลาต่าง ๆ จะมีค่า Chloroform no. เพิ่มขึ้นในอัตราที่ช้ากว่าน้ำยาง LA ที่ผสมสารเคมี ค่า PRM มีค่าต่ำกว่าและความหนืดจะเพิ่มขึ้นในอัตราที่ช้ากว่าน้ำยาง LA ผสมสารเคมี

4.4.3 สมบัติอื่น ๆ ของน้ำยางผสมสารเคมี

น้ำยาง DPNR และน้ำยาง LA ที่ผสมสารเคมี แล้วปมเป็นเวลา 2 วัน ที่อุณหภูมิ 30 °C (เพื่อใช้ศึกษาอิทธิพลของการจุ่มต่อความหนาของยาง) มีสมบัติดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 สมบัติของน้ำยางที่ผสมสารเคมี

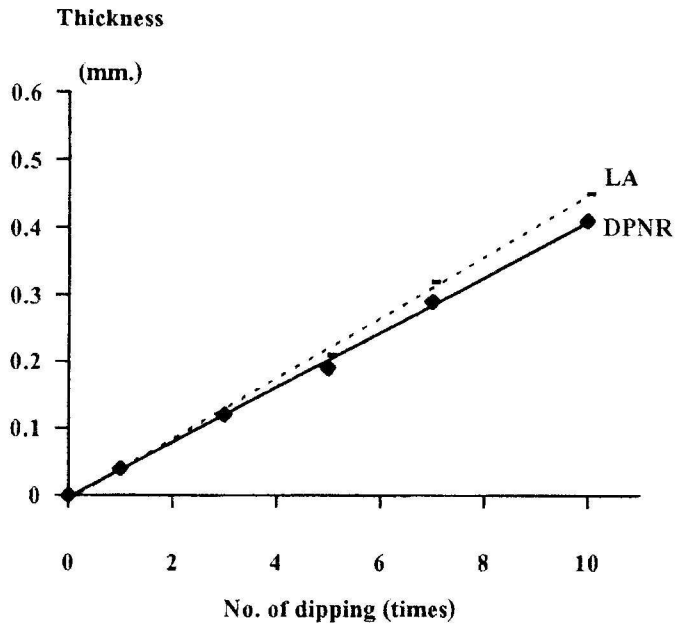
คุณสมบัติน้ำยาง	น้ำยาง DPNR	น้ำยาง LA
TSC (%)	50.0	50.0
Surface tension (dyne/cm)	30.5	33.0
pH	10.9	10.1
Viscosity(cps)	47.2	45.0

4.5 การศึกษาความหนาของยางแผ่นต่อการจุ่ม

เนื่องจากความหนืดของน้ำยาง DPNR ที่ผสมสารเคมีจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นช้ากว่าน้ำยาง LA ที่ผสมสารเคมี (รูปที่ 4.7) ดังนั้นน้ำยางที่ใช้ในการทดลองจึงเลือกใช้น้ำยางที่มีความหนืดใกล้เคียงกัน คือ ใช้น้ำยาง DPNR มีความหนืด 47.2 cps. น้ำยางชั้น LA ความหนืด 45.0 cps. นำแบบพิมพ์จุ่มลงในน้ำยางด้วยวิธีการจุ่มโดยตรง (straight dip) และ จุ่มโดยใช้สารเคมีช่วยจับตัว (coagulant dip)

4.5.1 การจุ่มโดยตรง (Straight dip)

ใช้เวลาในการจุ่มแต่ละครั้ง 5 วินาที โดยมีจำนวนครั้งในการจุ่ม คือ 1, 2, 3, 5, 7 และ 10 ครั้ง หลังจากการจุ่มแต่ละครั้งให้ค่อย ๆ ดึงขึ้นอย่างช้าๆ อบให้แห้งหมาด ๆ ที่อุณหภูมิ 70 °C แล้วจุ่มครั้งต่อไป อบยางให้วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110 °C เป็นเวลาประมาณ 30 นาที แล้วนำแผ่นยางมาวัดความหนา โดยใช้ค้ำมีธฐานจากการวัด 5 ครั้ง ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ผลของจำนวนครั้งที่จุ่มแบบพิมพ์ในน้ำยาง DPNR และ NR-LA ที่ ผสมสารเคมีต่อความหนา

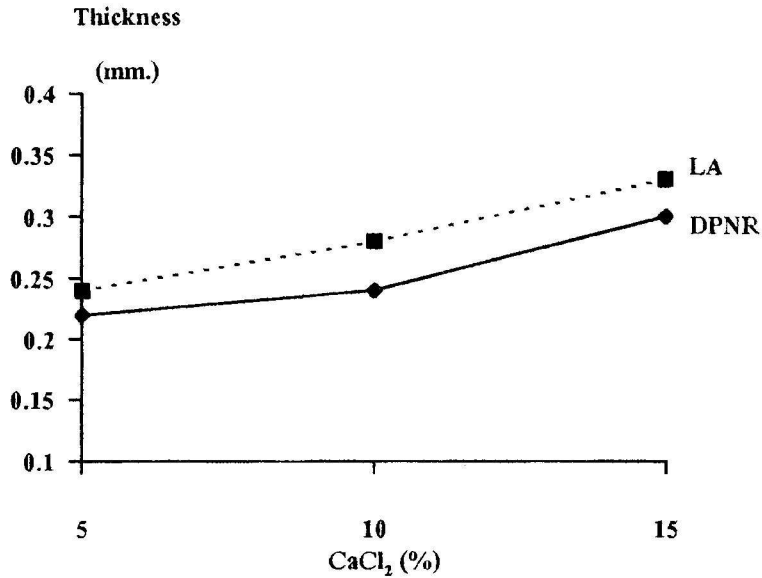
จากรูปที่ 4.8 พบว่าความหนาที่ได้จากการจุ่มแต่ละชั้นของน้ำยาง DPNR และ LA ที่ ผสมสารเคมี มีค่าประมาณ 0.04 มิลลิเมตร เมื่อเพิ่มจำนวนครั้งในการจุ่มจะได้ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง โดย น้ำยาง LA จะให้ความหนามากกว่าน้ำยาง DPNR เล็กน้อย

4.5.2 การจุ่มแบบใช้สารช่วยจับตัว (Coagulant dip)

4.5.2.1 อิทธิพลของความเข้มข้นของสารช่วยจับตัวต่อความหนาของยาง

แคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 5%, 10% และ 15% ใช้เป็นสารช่วยในการจับตัวน้ำยาง (ใช้น้ำยางที่ผสมสารเคมีตามสูตรในตารางที่ 4.6)

นำแบบพิมพ์ที่มีสารช่วยจับตัวทั้งหมดฯ จุ่มลงในน้ำยางเป็นเวลา 30 วินาที อบยางให้วัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110 °C เป็นเวลาประมาณ 30 นาที แล้ววัดความหนาของแผ่นยาง ใช้ค่ามัธยฐานจากการวัด 5 ครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 4.9

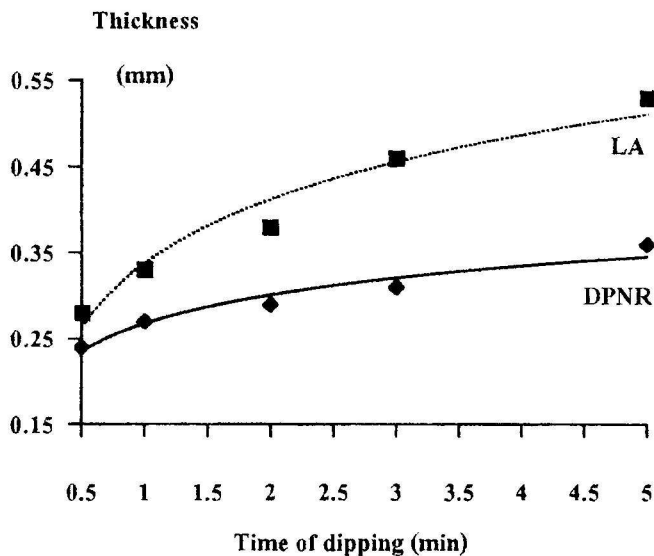


รูปที่ 4.9 ผลของความเข้มข้นของสารจับตัวต่อความหนาของแผ่นยาง

ความหนาของแผ่นยางจะเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารจับตัว (CaCl_2) ทั้งน้ำยาง DPNR และน้ำยาง LA ที่ผสมสารเคมี จากรูปที่ 4.9 จะเห็นว่าความหนาของแผ่นยางจากการจุ่มแบบพิมพ์ในน้ำยาง LA จะมีค่ามากกว่าน้ำยาง DPNR

4.5.2.2 อิทธิพลของ เวลาจุ่มต่อความหนาของยาง

นำน้ำยางที่ผสมสารเคมีตามสูตรตารางที่ 4.6 มาใช้เตรียมยางแผ่นโดยใช้สารช่วยจับตัวคือ สารละลาย 10% แคลเซียมคลอไรด์ แปรระยะเวลาในการจุ่มคือ 0.5, 1, 2, 3 และ 5 นาที หลังจากอบยางให้วัลคาไนซ์แล้ว น้ำยางแผ่นมาวัดความหนา (แสดงผลในรูปที่ 4.10)



รูปที่ 4.10 ผลของเวลาในการจุ่มแบบพิมพ์ต่อความหนาของแผ่นยาง

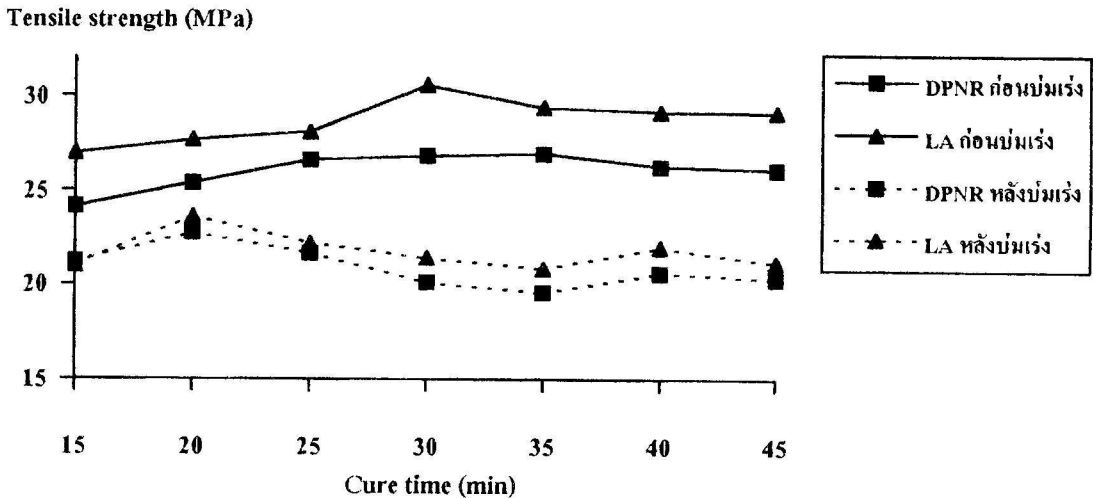
จากรูปที่ 4.10 จะเห็นว่าความหนาของแผ่นยางจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มเวลาในการจุ่มแบบพิมพ์ลงในน้ำยาง (DPNR และ LA) ความหนาของแผ่นยางที่เตรียมจากน้ำยาง DPNR จะมีค่าน้อยกว่าความหนาของยางที่เตรียมจากน้ำยาง LA

4.6 การศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์ของโปรตีนต่ำ

บ่มน้ำยาง DPNR ที่ผสมสารเคมีเป็นเวลา 3 วัน นำมาเตรียมขึ้นทดสอบโดยการจุ่มโดยใช้สารช่วยจับตัว (coagulant dip) ใช้ สารละลาย 10% แคลเซียมคลอไรด์เป็นสารช่วยในการจับตัว ใช้แบบพิมพ์ (แบบทรงกระบอกยาว) จุ่มลงในน้ำยางที่ผสมสารเคมีเป็นเวลา 30 วินาที ค่อย ๆ ดึงขึ้นแล้วนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 15, 20, 25, 30, 35, 40 และ 45 นาที นำแผ่นยางที่อบตามเวลาที่กำหนดแล้ว นำมาทดสอบสมบัติทางฟิสิกส์ เช่น ความทนแรงดึง, 500% modulus และ elongation at break โดยศึกษาคุณสมบัติทั้งก่อนและหลังบ่มเร่งที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 166 ชั่วโมง

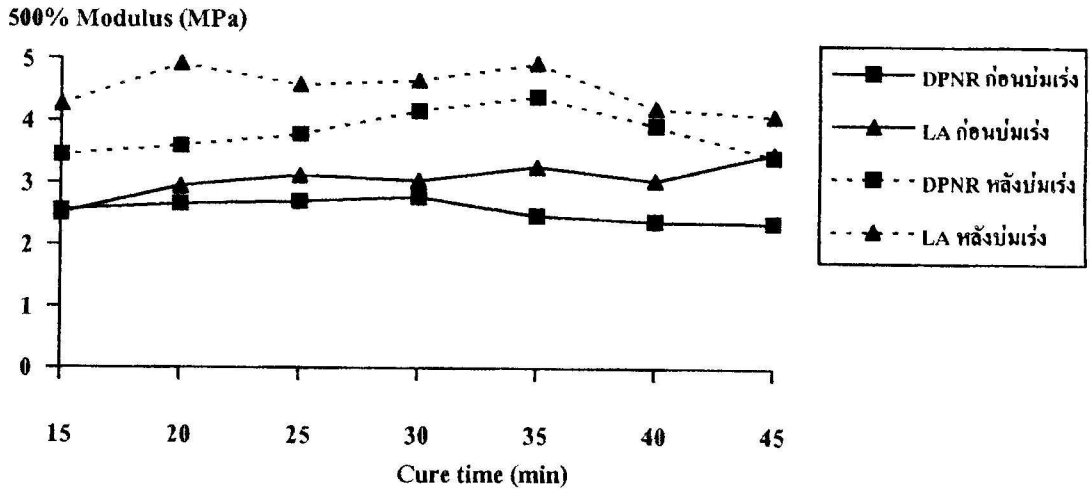
ส่วนน้ำยาง LA ที่ผสมสารเคมีจะใช้สารช่วยจับตัวความเข้มข้น 5% ซึ่งจะให้ความหนาของแผ่นยางที่จุ่มใกล้เคียงกับน้ำยาง DPNR ที่ใช้สารช่วยจับตัวความเข้มข้น 10% ในน้ำยาง DPNR

ผลการทดสอบคุณสมบัติทางฟิสิกส์ดังแสดงในรูปที่ 4.11-4.13

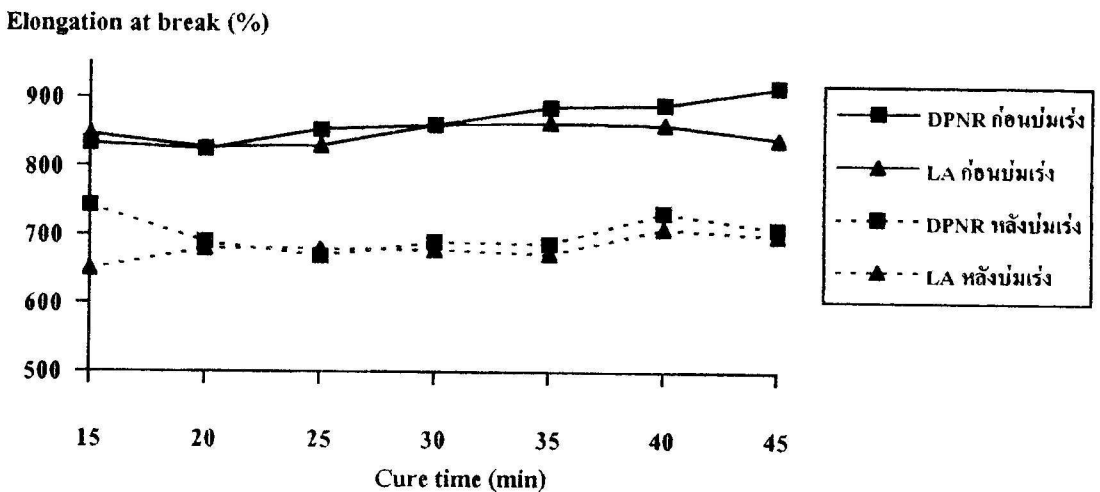


รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบผลของเวลาอบยางต่อความทนแรงดึงของน้ำยาง DPNR และ NR-LA ผสมสารเคมี (ก่อนและหลังบ่มเร่ง)

จากรูปแสดงให้เห็นว่าค่าความต้านต่อแรงดึงของยาง DPNR จะต่ำกว่ายาง NR-LA ทั้งก่อนและหลังบ่มเร่ง



รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบผลของเวลาที่ใช้ในการอบยางต่อ Modulus 500% ของน้ำยาง DPNR และ NR-LA (ก่อนและหลังบ่มเร่ง)



รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบผลของเวลาอบยางต่อ % elongation at break ของน้ำยาง DPNR และ NR-LA (ก่อนและหลังบ่มเร่ง)

จากรูปที่ 4.11-4.13 แสดงให้เห็นว่ายาง DPNR จะมีค่าความทนแรงดึงและ 500% modulus ต่ำกว่ายาง LA ส่วน %elongation at break มีค่าสูงกว่ายาง LA สมบัติหลังบ่มเร่งยาง DPNR มีค่า ความทนแรงดึง ลดลงเช่นเดียวกับยาง LA ค่า 500 % modulus มีค่าสูงขึ้น แต่สมบัติทั้งสองมีค่าต่ำกว่ายาง LA เล็กน้อย ส่วน % elongation at break จะลดลงหลังจากบ่มเร่ง

4.7 การทดสอบทำถุงมือยางจากน้ำยางโปรตีนต่ำ

ส่วนผสมของสารเคมีที่ใช้ผสมในน้ำยางโปรตีนต่ำเพื่อทำถุงมือยางมีวิธีการเตรียมโดยกวนน้ำยาง DPNR ผสมสารเคมีตามสูตรดังตารางที่ 4.6 เป็นเวลา 3 ชั่วโมง บ่มไว้ 3 วัน ที่อุณหภูมิห้อง ตรวจสอบระดับของการวัลคาไนซ์ได้ Chloroform no. 2.5 แล้วทำตามขั้นตอนดังนี้

1. ล้างแบบพิมพ์รูปมือให้สะอาด แล้วตั้งทิ้งให้แห้ง
2. จุ่มแบบพิมพ์ใน 10 % CaCl_2 ตั้งขึ้นแล้วตั้งทิ้งให้แห้งหมด
3. นำแบบพิมพ์ดังกล่าวจุ่มลงในน้ำยางที่เตรียมไว้ 30 วินาที ค่อย ๆ ตั้งขึ้น
4. อบยางบนแบบพิมพ์ให้แห้งหมด ทำการม้วนขอบแล้วนำไปจุ่มในน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ

70 °C เป็นเวลา 1 นาทีเพื่อล้างสารที่เหลือออกจากถุงมือ

5. วัลคาไนซ์ยางบนแบบพิมพ์ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 35 นาที
6. นำแบบพิมพ์มาทาสารป้องกันการติดกัน (ซิงค์สเตียเรท) แล้วถอดจากแบบพิมพ์

เตรียมน้ำยาง NR-LA มีส่วนผสมของสารเคมีดังตารางที่ 4.6 ทำการบ่มน้ำยางเป็นเวลาประมาณ 2 วัน (Chloroform no. 2.5) ก่อนที่จะนำน้ำยางนี้มาใช้ ใช้สารละลาย 5% CaCl_2 เป็นสารช่วยจับตัวควบคุมความหนาของยางให้ใกล้เคียงกับยาง DPNR โดยดำเนินการทดสอบเช่นเดียวกับน้ำยางโปรตีนต่ำ ใช้เวลาในการวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 30 นาที

ลักษณะสีของถุงมือที่ได้จากน้ำยาง DPNR และ LA มีความแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 สมบัติทางกายภาพของถุงมือยางที่เตรียมได้

ลักษณะถุงมือ	ถุงมือ DPNR	ถุงมือ LA
โลวิบอนด์ เบอร์	1	1.5
ความเรียบของแผ่นยาง	เรียบ	เรียบ
รอยร้าว	ไม่มี	ไม่มี

นอกจากนี้ลักษณะของถุงมือยางที่ทำจากน้ำยาง DPNR มีสีขาวกว่าถุงมือยางจากน้ำยางชั้นชนิด NR-LA

ตารางที่ 4.9 สมบัติทางฟิสิกส์ของถุงมือ (ก่อนและหลังปั๊มแรง)

สมบัติถุงมือ	DPNR	NR-LA
-ก่อนปั๊มแรง		
Tensile strength (MPa)	27.35±1.25	30.20±1.90
500% Modulus (MPa)	2.50±0.28	3.24±0.22
Elongation at break (%)	890±25	850±20
-หลังปั๊มแรง 70 °C , 166 ชม.		
Tensile strength (MPa)	20.25±0.85	21.25±1.24
500% Modulus (MPa)	4.20±0.20	4.45±0.26
Elongation at break (%)	720±20	680±20

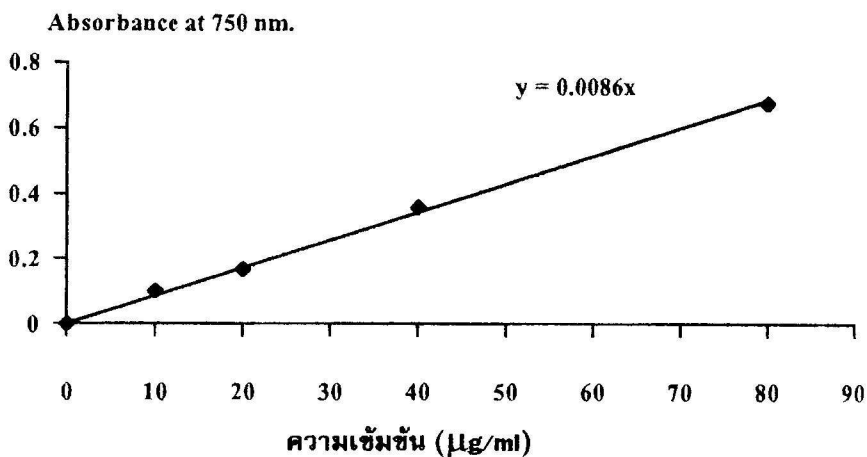
4.8 การหาปริมาณโปรตีนในถุงมือยาง

การหาปริมาณโปรตีนในถุงมือยางโดยวิธี Lowry

โปรตีนที่วัดได้โดยวิธีนี้จะเป็โปรตีนชนิดที่สามารถละลายน้ำได้ คำนวณหาปริมาณโปรตีนจากกราฟมาตรฐานโดยการใช้ Bovine serum albumin (BSA) เป็นสารมาตรฐาน

4.8.1 เตรียมกราฟมาตรฐาน

เตรียมจากการใช้สารละลายโปรตีนมาตรฐาน BSA ที่รู้ความเข้มข้นแน่นอน โดยนำโปรตีนมาตรฐานมาเจือจางให้ได้ความเข้มข้นต่าง ๆ คือ 160, 80, 40, 20 และ 10 µg/ml แล้วนำมาวัด ค่าการดูดกลืนแสงที่ 750 nm. ด้วยเครื่อง UV-Visible Spectroscopy นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้มาเขียนกราฟมาตรฐาน ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ BSA กับการดูดกลืนแสง

ที่ 750 นาโนเมตร

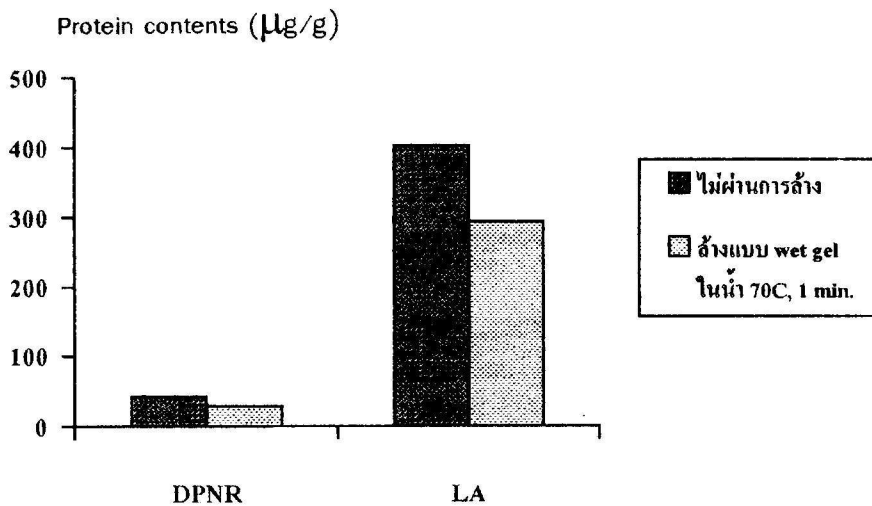
จากกราฟมาตรฐาน (รูปที่ 4.14) สามารถหาความชันได้เท่ากับ $0.0086 \text{ ml}/\mu\text{g}^{-1}$ แล้วนำมาใช้คำนวณหาค่าปริมาณโปรตีนจากสูตร ดังนี้

$$\text{ปริมาณโปรตีน, } c (\mu\text{g}/\text{ml}) = 1/0.0086 \times \text{Absorbance}$$

หมายเหตุ ความเข้มข้นของ BSA $160 \mu\text{g}/\text{ml}$ จะทำให้เส้นกราฟไม่ตรงเนื่องจากเป็นค่าความเข้มข้นสูง จะไม่เป็นไปตามกฎของ Beer

4.8.2 ผลการหาปริมาณโปรตีนในถุงมือยางโปรตีนดำ

นำถุงมือที่เตรียมได้(หัวข้อ 4.7) มาหาปริมาณโปรตีนโดยใช้วิธี Lowry ได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ด้วยน้ำจากถุงมือยางที่เตรียมจาก DPNR และ NR-LA โดยวิธี Lowry

จากรูปที่ 4.15 พบว่าถุงมือยางที่ทำจาก DPNR และ NR-LA (ไม่ผ่านการล้าง) มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 42.2 และ 401.5 ไมโครกรัม/กรัมตามลำดับ ในขณะที่ผ่านการล้างแบบ wet gel มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 28.9 และ 292.6 ไมโครกรัม/กรัมตามลำดับ

4.8.3 การหาปริมาณโปรตีนในถุงมือแพทย์ที่ขายตามท้องตลาด

นำถุงมือที่ได้ยี่ห้อต่าง ๆ กันมาทดลองหาปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้โดยใช้วิธี Lowry ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบปริมาณโปรตีนในถุงมือแพทย์ที่จำหน่ายในท้องตลาดยี่ห้อต่าง ๆ กับถุงมือยางที่เตรียมได้

ยี่ห้อของถุงมือแพทย์	ปริมาณโปรตีน ($\mu\text{g/g}$)
SAS	909.34
Micro-Rough (MR 19)	907.50
Johnson & Johnson	618.00
Latex disposable Glove	1113.40
Hand Care	639.40
Mediglove	526.80
NR-LA Glove	401.50
DPNR Glove	42.20

จากตาราง เห็นได้ว่าถุงมือแพทย์ที่จำหน่ายตามท้องตลาดมีปริมาณโปรตีนในปริมาณสูงมากเมื่อเทียบกับถุงมือยาง DPNR ที่เตรียมได้

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 ปริมาณไนโตรเจนของน้ำยาง

การเตรียมน้ำยางโปรตีนต่ำ โดยวิธีการใช้เอ็นไซม์ KP-3939 ย่อยสลายโปรตีนที่มีอยู่ในน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำแสดงให้เห็นว่า น้ำยางชั้นเมื่อนำมาย่อยสลายโปรตีนด้วยเอ็นไซม์แล้วนำมาเซนตริฟิวจ์ ปริมาณโปรตีนจะลดลงประมาณ 60% จากน้ำยางชั้นปกติที่ไม่ได้ย่อยด้วยเอ็นไซม์ และหากเปรียบเทียบกับน้ำยางชั้นที่ไม่ได้ย่อยด้วยเอ็นไซม์แต่นำมาเซนตริฟิวจ์ 1 ครั้งปริมาณโปรตีนจะลดลงได้เพียง 40% และเมื่อนำส่วนที่เป็นครีมหลังเซนตริฟิวจ์ครั้งแรก มาเจือจางด้วยน้ำให้มีความเข้มข้นเป็น 30% แล้วนำมาเซนตริฟิวจ์ครั้งที่ 2 น้ำยางที่ย่อยด้วยเอ็นไซม์จะมีปริมาณโปรตีนลดลงอีกโดยจะลดลงจากเดิมประมาณ 75% ส่วนน้ำยางที่ไม่ได้ย่อยด้วยเอ็นไซม์แล้วนำมาเซนตริฟิวจ์ 2 ครั้งปริมาณโปรตีนจะลดลงได้เช่นกัน แต่จะลดลงในปริมาณน้อยกว่าคือ ลดลงประมาณ 46% ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นไปได้ว่าน้ำยางที่ใส่เอ็นไซม์ย่อยโปรตีน เอ็นไซม์จะสามารถย่อยโปรตีนที่เกาะอยู่ที่อนุภาคยางซึ่งปกติไม่สามารถละลายน้ำเมื่อโปรตีนถูกย่อยจะกลายเป็นพอลิเปปไทด์ที่สามารถแยกออกได้โดยน้ำ (Chin, et al; 1974) เมื่อนำน้ำยางมาเซนตริฟิวจ์โปรตีนส่วนนี้ จะหลุดไปจากส่วนของอนุภาคยาง การเพิ่มจำนวนครั้งในการเซนตริฟิวจ์จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการสกัดโปรตีนส่วนที่ถูกย่อยให้หลุดออกไปได้ดีขึ้น ส่วนงานวิจัยของพรสิทธิ์ (2539) พบว่าปริมาณไนโตรเจนในน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียสูง (HA) เมื่อนำมาย่อยด้วยเอ็นไซม์อัลคาเลสแล้วเซนตริฟิวจ์ 2 ครั้ง ปริมาณโปรตีนจะสามารถลดลงจากน้ำยางชั้นเดิมได้ประมาณ 86% ค่าที่แตกต่างกันอาจเนื่องมาจากการทดลองที่ใช้ น้ำยางไม่เหมือนกัน และใช้เอ็นไซม์ที่ผลิตจากบริษัทต่างกัน

5.2 การศึกษาคุณสมบัติของน้ำยางชั้น

จากการทดลองสมบัติของน้ำยางโปรตีนต่ำและน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำต่าง ๆ มีดังนี้

5.2.1 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำยางและปริมาณเนื้อยางแห้ง

น้ำยางโปรตีนต่ำที่เตรียมได้ในรูปของครีมนำมาเติมน้ำลงไปให้มีเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้ง 60% เช่นเดียวกับน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำซึ่งมีความเข้มข้น 60% ค่า TSC ของน้ำยางโปรตีนต่ำมีค่า 60.74% น้อยกว่าน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำซึ่งมีค่า TSC เท่ากับ 62.20% จะเห็นได้ว่าผลต่างระหว่าง TSC กับ DRC ของน้ำยางโปรตีนต่ำมีค่าน้อยกว่าในน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำ เนื่องจากสิ่งเจือปนที่มีอยู่ในน้ำยางได้ถูกสกัดออกไปกับเซรุ่มขณะเซนตริฟิวจ์ จึงทำให้ผลต่างระหว่าง TSC กับ DRC มีค่าน้อยลง

5.2.2 สภาพความเป็นต่าง

น้ำยางโปรตีนต่ำที่เตรียมได้จะมีค่าความเป็นต่าง 0.05% ต่ำกว่าน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำซึ่งมีค่าความเป็นต่างเท่ากับ 0.59% เนื่องจากการเซนตริฟิวจ์จะทำให้แอมโมเนียหายไปด้วย จึงทำให้เหลือแอมโมเนียอยู่ในน้ำยางนี้น้อยลง

5.2.3 ค่าความเสถียรเชิงกล

น้ำยางโปรตีนต่ำเก็บรักษาสภาพน้ำยางโดยใช้โซเดียมลอริลซัลเฟต 0.1% (น้ำหนักต่อน้ำยางชั้น 60%) ค่าความเสถียรเชิงกลที่ได้มีค่า 1800 วินาที มีค่าสูงกว่าน้ำยางชนิดแอมโมเนียต่ำซึ่งมีค่าความเสถียร 660 วินาที เนื่องจกโซเดียมลอริลซัลเฟตที่ใช้ในน้ำยางโปรตีนต่ำจะห่อหุ้มอนุภาคยางไว้ทำให้อนุภาคยางไม่มารวมตัวกันน้ำยางจึงมีความเสถียรเชิงกลสูงกว่ามาก ซึ่งตามมาตรฐาน (ASTM D1076) กำหนดไว้ว่าค่าความเสถียรเชิงกลของน้ำยางชั้นต้องไม่น้อยกว่า 650 วินาที

5.2.4 ค่าความตึงผิว

น้ำยางโปรตีนต่ำมีค่าความตึงผิว 34.1 dyne/cm. น้อยกว่าน้ำยางชั้นชนิดยางชนิดแอมโมเนียต่ำซึ่งมีค่า 37.5 dyne/cm เพราะโซเดียมลอริลซัลเฟตที่ใช้ใส่น้ำยางโปรตีนต่ำจะเป็นตัวลดแรงตึงผิวให้ต่ำลง

5.2.5 ปริมาณเถ้า (Ash content)

น้ำยางโปรตีนต่ำมีปริมาณเถ้า 0.23% น้อยกว่าน้ำยางชั้นชนิดชนิดแอมโมเนียต่ำซึ่งมีปริมาณเถ้า 0.47% ทั้งนี้เนื่องจากสิ่งเจือปนได้ถูกสกัดออกในระหว่างกระบวนการเซนตริฟิวจ์ งานวิจัยของพรสิทธิ์ (2539) พบว่าปริมาณเถ้าของยางโปรตีนต่ำมีค่า 0.073 % ความแตกต่างนี้อาจเป็นเพราะยางโปรตีนต่ำที่เตรียมได้มีการเก็บรักษาด้วยโซเดียมลอริลซัลเฟต 0.1% จึงทำให้ปริมาณเถ้าอาจมาจากส่วนของโซเดียมลอริลซัลเฟต

5.2.6 ความเป็นกรด-ต่าง

ในน้ำยางโปรตีนต่ำมีค่า pH 8.94 ต่ำกว่าน้ำยางชนิดแอมโมเนียต่ำซึ่งมีค่า 9.95 เพราะในระหว่างกระบวนการเตรียมน้ำยางโปรตีนต่ำ แอมโมเนียในน้ำยางได้ระเหยออกไปบางส่วนจึงทำให้ pH ของน้ำยางโปรตีนต่ำมีค่าต่ำกว่าน้ำยางชนิดแอมโมเนียต่ำ

5.3 การแปรปริมาณกำมะถัน

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มปริมาณกำมะถัน ทำให้ค่าความทนแรงดึงสูงขึ้น แต่เมื่อปริมาณกำมะถันมากกว่า 2 phr จะส่งผลทำให้ค่าความทนแรงดึงมีค่าลดลง จาก 30.4 MPa เป็น 27.56 MPa ส่วน 500% modulus จะมีค่าสูงขึ้นและ elongation at break จะลดลงตามปริมาณกำมะถันที่เพิ่มขึ้น

ส่วนผสมของกำมะถันในน้ำยางจะมีผลต่อเวลาอบยางให้สุก เวลาที่ใช้ในการอบยางซึ่งให้ค่า ความทนแรงดึง สูงสุดถือเป็นเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการอบยาง จากการทดลองจะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มปริมาณกำมะถันจาก 2, 2.5 และ 3 phr ทำให้แนวโน้มที่จะใช้เวลาในการอบยางให้วัลคาไนซ์ลดลงเป็น 40, 25 และ 20 นาทีตามลำดับ การอบยางเป็นการทำให้เกิดพันธะเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลของยางขึ้นระหว่างพันธะโมเลกุลของยางและกำมะถัน การมีปริมาณกำมะถันมากขึ้นถึง 2 phr และเพิ่มเวลาอบยาง เช่น เป็นเวลา 30 นาที จะทำให้ยางวัลคาไนซ์มากเกินไป (over cure) มีผลทำให้สมบัติ ความทนแรงดึง ของยางลดลงได้

5.4 ระดับการวัลคาไนซ์และความหนืดของน้ำยางที่ผสมสารเคมี

5.4.1 ระดับการวัลคาไนซ์

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าการบ่มน้ำยางที่ผสมสารเคมีที่อุณหภูมิห้องแล้วทดสอบระดับการวัลคาไนซ์ด้วยวิธี Chloroform test น้ำยางโปรตีนต่ำที่ผสมสารเคมีมีระดับการวัลคาไนซ์ (เบอร์ 2-3) ช้ากว่าน้ำยางชนิดแอมโมเนียต่ำที่ผสมสารเคมีประมาณ 2 วัน ส่วนการทดสอบระดับการวัลคาไนซ์โดยวิธีวัดค่า PRM พบว่าน้ำยางโปรตีนต่ำที่ผสมสารเคมีจะมีค่า PRM ต่ำกว่าน้ำยางชนิดแอมโมเนียต่ำผสมสารเคมี เช่น บ่มไว้ 4 วัน น้ำยางโปรตีนต่ำมีค่า PRM 1.06 ส่วนน้ำยางชนิดแอมโมเนียต่ำมีค่า 2.17 ที่เป็นเช่นนี้เป็นไปได้ว่าน้ำยางโปรตีนต่ำมีโปรตีนอยู่ปริมาณน้อยจึงมีผลทำให้เกิดพันธะการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลช้ากว่า น้ำยางชนิดแอมโมเนียต่ำและมีปริมาณของการเชื่อมข้ามพันธะระหว่างโมเลกุลของยางน้อยกว่าน้ำยางชนิดแอมโมเนียต่ำที่มีปริมาณโปรตีนอยู่มากกว่า

5.4.2 ความหนืดของน้ำยาง

ความหนืดของน้ำยางโปรตีนต่ำที่ผสมสารเคมีเพิ่มขึ้นในอัตราที่ช้ากว่าน้ำยางชนิดแอมโมเนียต่ำ แสดงว่าน้ำยางโปรตีนต่ำมีความเสถียรมากกว่าน้ำยางชนิดแอมโมเนียต่ำ สารรักษาสภาพน้ำยางที่ใส่ลงไปในน้ำยางโปรตีนต่ำเพื่อรักษาสภาพน้ำยาง ทำให้น้ำยางมีความเสถียรมากกว่าน้ำยางชนิดแอมโมเนียต่ำ และเป็นไปได้ว่าน้ำยางโปรตีนต่ำที่ผสมสารเคมีมีระดับการวัลคาไนซ์ที่น้อยกว่าด้วย การที่น้ำยางมีความหนืดค่อนข้างสม่ำเสมอทำให้เป็นผลดีต่อกระบวนการทำถุงมือเพราะสามารถควบคุมความหนาได้ง่าย

5.5 การศึกษาความหนาของยางแผ่นต่อการจุ่ม

5.5.1 การจุ่มแบบพิมพ์โดยตรง

แบบพิมพ์จุ่มลงในน้ำยางโปรตีนต่ำที่ผสมสารเคมี และน้ำยางชนิดแอมโมเนียต่ำที่ผสมสารเคมีจะให้ความหนาใกล้เคียงกัน ความหนาของแผ่นยางจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนครั้งในการจุ่มโดยการจุ่มแต่ละครั้งจะให้ความหนาเพิ่มขึ้นประมาณ 0.04 มิลลิเมตร ทั้งน้ำยางโปรตีนต่ำที่ผสมสารเคมีและน้ำยางชนิดแอมโมเนียต่ำที่ผสมสารเคมี ผลการวิจัยให้ผล

ใกล้เคียงกับการทดลองของ Pendle และ Gorton (1980) ซึ่งพบว่าความหนาของการจุ่มแต่ละครั้งจะได้ประมาณ 0.05 มิลลิเมตร

5.5.2 ความเข้มข้นของสารจับตัวต่อความหนาของยาง

การจุ่มโดยใช้สารช่วยจับตัว (สารละลายแคลเซียมคลอไรด์) ความเข้มข้น 5%, 10% และ 15% พบว่า ความหนาของแผ่นยางขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารช่วยจับตัว การใช้ความเข้มข้นสูงจะให้ยางแผ่นที่มีความหนามากเมื่อใช้สารช่วยจับตัวที่มีความเข้มข้นต่ำ ความหนาของแผ่นยางที่เตรียมจากน้ำยางโปรตีนต่ำจะมีค่าน้อยกว่าน้ำยางชนิดแอมโมเนียต่ำที่ผสมสารเคมี เนื่องจากน้ำยางโปรตีนต่ำมีความเสถียรมากกว่าน้ำยางชนิดแอมโมเนียต่ำ จึงทำให้ความหนาของแผ่นยางของน้ำยางโปรตีนต่ำที่ผสมสารเคมีมีความหนาน้อยกว่าน้ำยางชนิดแอมโมเนียต่ำที่ผสมสารเคมี

5.5.3 เวลาจุ่มต่อความหนาของยาง

การจุ่มแบบพิมพ์ยางโดยใช้สารช่วยจับตัว (10% แคลเซียมคลอไรด์) แปรเวลาจุ่มแบบพิมพ์ลงในน้ำยางโปรตีนต่ำและน้ำยางชนิดแอมโมเนียต่ำ พบว่าเวลาในการจุ่มน้ำยางที่ผสมสารเคมีจะมีผลต่อความหนาของยางคือความหนาของแผ่นยางจะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้เวลาในการจุ่มแบบพิมพ์เพิ่มขึ้น น้ำยางโปรตีนต่ำที่ผสมสารเคมีจะให้ความหนาจากการจุ่มน้อยกว่าน้ำยางชนิดแอมโมเนียต่ำที่ผสมสารเคมี สามารถอธิบายได้ว่าน้ำยางโปรตีนต่ำมีการใส่โซเดียมลอริลซัลเฟตเพื่อรักษาสภาพน้ำยางทำให้น้ำยางมีค่าความตึงผิวต่ำและมีความเสถียรมากกว่า ดังนั้นการสูญเสียสภาพของน้ำยางโปรตีนต่ำที่ผสมสารเคมีที่ทำให้น้ำยางเกาะเป็นแผ่นฟิล์มบนแบบพิมพ์ยางจึงช้ากว่าน้ำยางชนิดแอมโมเนียต่ำที่ผสมสารเคมี

5.6 การศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์ของยางโปรตีนต่ำ

สมบัติของยางแผ่นขึ้นทดสอบ ที่เตรียมจากการจุ่มแบบพิมพ์ลงในน้ำยางโปรตีนต่ำผสมสารเคมี เพื่อที่ให้ได้สมบัติของ ความทนแรงดึง สูงสุด จะใช้เวลาในการวัลคาไนซ์ยาง 35 นาที ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ซึ่งช้ากว่าน้ำยางชนิดแอมโมเนียต่ำที่ผสมสารเคมี เล็กน้อย (ประมาณ 5 นาที)

สูตรน้ำยางโปรตีนต่ำและน้ำยางชนิดแอมโมเนียต่ำที่ผสมสารเคมีที่ใช้ในตารางที่ 4.6 มีสมบัติได้ตามมาตรฐานถุงมือยาง (ASTM D 3577) ซึ่งกำหนดไว้ว่า ความทนแรงดึง ก่อนบ่มแรงดึงมากกว่า 24 MPa หลังบ่มแรงดึงมากกว่า 18 MPa โดยค่า ความทนแรงดึง ของน้ำยางโปรตีนต่ำที่ผสมสารเคมีก่อนบ่มแรงดึงมีค่า 26.92 MPa ต่ำกว่าน้ำยางชนิดแอมโมเนียต่ำที่ผสมสารเคมีซึ่งมีค่า 30.57 MPa หลังบ่มแรงที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 166 ชั่วโมงยางโปรตีนต่ำมีค่า ความทนแรงดึง 19.56 MPa ส่วนยางชนิดแอมโมเนียต่ำมีค่า 20.83 MPa ซึ่งจะเห็นว่า ยางโปรตีนต่ำมีค่า ความทนแรงดึง ต่ำกว่ายางชนิดแอมโมเนียต่ำทั้งก่อนและหลังบ่มแรง

ค่า 500% Modulus ของน้ำยางโปรตีนต่ำที่ผสมสารเคมีจะมีค่าต่ำกว่าในน้ำยางชนิดแอมโมเนียต่ำผสมสารเคมี จากรูปที่ 4.11-4.12 เมื่อวัลคาไนซ์ยางที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที ยางโปรตีนต่ำมีค่า 500% modulus เท่ากับ 2.47 MPa ส่วนน้ำยางชนิดแอมโมเนียต่ำมีค่า 500% modulus เท่ากับ 3.03 MPa เมื่อนำยางนี้ไปบ่มแรงโดยอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 166 ชั่วโมง ค่า 500% modulus มีค่าสูงขึ้น เนื่องจากการบ่มแรงด้วยความร้อนทำให้กำมะถันบางส่วนเกิดการเชื่อมข้ามพันธะเพิ่มขึ้น

สมบัติระยะยืดจนขาดของน้ำยางโปรตีนต่ำที่ผสมสารเคมี ก่อนบ่มแรงมีค่า 886% สูงกว่าน้ำยางชนิดแอมโมเนียต่ำซึ่งมีค่า 860% น้ำยางโปรตีนต่ำที่ผสมสารเคมี (หลังบ่มแรง) มีค่า elongation at break ลดลงจากเดิมเป็น 687% ส่วนน้ำยางชนิดแอมโมเนียต่ำผสมสารเคมีมีค่าลดลงเป็น 678% แต่ผ่านมาตรฐานถุงมือ (ASTM D 3577) ทั้งก่อนและหลังบ่มแรงซึ่งกำหนดไว้ว่าก่อนบ่มแรงค่า elongation at break ต้องไม่น้อยกว่า 750% หลังบ่มแรงต้องไม่น้อยกว่า 560%

Ichikawa และคณะ(1993) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับน้ำยางโปรตีนต่ำเช่นเดียวกัน และได้รายงานว่าน้ำยางโปรตีนต่ำที่ผสมสารเคมีมีค่า ความทนแรงดึง ใกล้เคียงกับน้ำยางชนิดแอมโมเนียสูงที่ผสมสารเคมี ส่วนค่า 500% modulus ต่ำกว่าและ elongation at break จะสูงกว่า Sakaki และคณะ (1995) พบว่าแผ่นยางที่เตรียมจากน้ำยางโปรตีนต่ำ มีค่า ความทนแรงดึง และมอดูลัสต่ำกว่ายางที่เตรียมจากน้ำยางชนิดแอมโมเนียสูง แต่ elongation at break จะมีค่าสูงกว่ายางที่เตรียมจากน้ำยางชนิดแอมโมเนียสูง โยธิน (2537) รายงานว่า ค่า ความทนแรงดึง ของน้ำยางโปรตีนต่ำที่ย่อยด้วยเอ็นไซม์ KP-3939 มีค่าต่ำกว่าน้ำยางชนิดแอมโมเนียต่ำที่ผสมสารเคมี ส่วนค่า elongation at break ใกล้เคียงกัน นอกจากนี้มีการศึกษาสมบัติของของยางแห่งผสมสารเคมี (พรสิทธิ์, 2539 และ ไพโรจน์และพรสิทธิ์, 2540) พบว่ายางโปรตีนต่ำมีค่า ความทนแรงดึง และมอดูลัสต่ำกว่ายาง RRIM 600 และยาง STR 5L ส่วน elongation at break ความแตกต่างของสมบัติทางฟิสิกส์ดังกล่าวอาจเป็นเพราะสูตรยางที่ใช้แตกต่างกัน

5.7 ถุงมือจากน้ำยางโปรตีนต่ำ

ถุงมือที่ทำจากน้ำยางโปรตีนต่ำมีสีขาวกว่าถุงมือที่ทำจากจากน้ำยางชนิดแอมโมเนียต่ำ เนื่องจากในน้ำยางโปรตีนต่ำสิ่งเจือปนต่างๆทำให้เกิดสีในน้ำยางขึ้นถูกขจัดออกไปในระหว่างกระบวนการเตรียมน้ำยาง โปรตีนต่ำ จึงทำให้ถุงมือที่ได้มีลักษณะขาวกว่า โดยหากตรวจสอบความเข้มสี ถุงมือยางโปรตีนต่ำมีค่าความเข้มของสีในหน่วย Lovibond เบอร์ 1 ส่วนถุงมือยางซึ่งเตรียมจากน้ำยางชนิดแอมโมเนียต่ำ ให้ค่าหน่วยความเข้มสีของ Lovibond เบอร์ 1.5

ถุงมือที่ทำจากน้ำยางชนิดแอมโมเนียต่ำมีความหนาแน่นกว่าน้ำยางโปรตีนต่ำ เมื่อใช้ความเข้มข้นของสารช่วยจับตัวที่ความเข้มข้นเดียวกัน สมบัติทางฟิสิกส์ของถุงมือยาง เช่น

ความทนแรงดึง, 500% modulus และ elongation at break ของถุงมือยางก่อนและหลังปั๊มแรงที่ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 166 ชั่วโมง ผ่านมาตรฐานถุงมือยาง (ASTM D 3577)

5.8 ปริมาณโปรตีนในถุงมือยาง

การหาปริมาณโปรตีนโดยวิธี Lowry เป็นการหาปริมาณโปรตีนที่สามารถละลายน้ำได้ พบว่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยางที่ทำจากน้ำยางโปรตีนต่ำมีค่าน้อยกว่าถุงมือยางที่ทำจากน้ำยางชนิดแอมโมเนียต่ำประมาณ 10 เท่า โดยถุงมือยางจากน้ำยางโปรตีนต่ำมีปริมาณโปรตีน 42.2 $\mu\text{g/g}$ ส่วนถุงมือที่ทำจากน้ำยางชนิดแอมโมเนียต่ำมีปริมาณโปรตีน 401.5 $\mu\text{g/g}$

เมื่อนำถุงมาล้างโดยวิธีการแบบ wet gel leaching ที่น้ำอุ่นอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 นาที พบว่าปริมาณโปรตีนลดน้อยลงไปได้อีก การล้างถุงมือยางทำให้โปรตีนที่สามารถละลายน้ำได้ถูกสกัดออกไปจากถุงมือได้บางส่วน ในกระบวนการเตรียมน้ำยางโปรตีนต่ำมีการเซนตริฟิวจ์ 2 ครั้งแต่ละครั้งก็มีการเจือจางด้วยน้ำให้มีความเข้มข้นประมาณ 30% ดังนั้นทำให้โปรตีนที่ละลายน้ำถูกขจัดออกไปได้

เมื่อเปรียบเทียบถุงมือแพทย์ที่จำหน่ายตามท้องตลาดจะเห็นว่าปริมาณโปรตีนในถุงมือที่จำหน่ายตามท้องตลาดมีปริมาณโปรตีนมากกว่าถุงมือยางทำจากน้ำยางโปรตีนต่ำและน้ำยางชนิดแอมโมเนียต่ำที่เตรียมได้ เช่น ถุงมือยางยี่ห้อ Mediglove มีปริมาณโปรตีน 526.8 $\mu\text{g/g}$ อาจเป็นเพราะถุงมือที่จำหน่ายตามท้องตลาดไม่มีการนำถุงมือยางมาล้างน้ำหรือสกัดโปรตีนออก

บทที่ 6

สรุปผลการทดลอง

1. การใช้เอ็นไซม์ KP-3939 ย่อยโปรตีนในน้ำยางสามารถทำให้ปริมาณโปรตีนลดลงได้มากกว่าการไม่ใช้เอ็นไซม์และการเพิ่มจำนวนครั้งในการเซนตริฟิวจ์น้ำยางจะมีผลทำให้ปริมาณโปรตีนในน้ำยางลดลง
2. น้ำยางโปรตีนต่ำที่เตรียมจากน้ำยางชั้นแอมโมเนียต่ำจะมีค่า TSC, Alkalinity, Surface tension, Ash และ pH ต่ำกว่าในน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำ ส่วนค่า MST จะสูงกว่า
3. การทำถุงมือยางจากน้ำยางโปรตีนต่ำ ปริมาณกำมะถันที่เหมาะสมในควรออยู่ระหว่าง 1-2 phr เพราะเมื่อใช้ปริมาณกำมะถันมากกว่านี้จะทำให้คุณสมบัติด้านความต้านทานแรงดึงลดลง
4. น้ำยางโปรตีนต่ำที่ผสมสารเคมีมีระดับการวัลคาไนซ์ช้ากว่าน้ำยางชั้นแอมโมเนียต่ำผสมสารเคมี
5. การจุ่มแบบพิมพ์โดยตรงของยางโปรตีนต่ำและแอมโมเนียต่ำผสมสารเคมี ความหนาของแผ่นยางที่ได้จากไม่มีความแตกต่างกันมาก โดยจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนครั้งในการจุ่มมีความหนาประมาณ 0.04 มิลลิเมตรต่อจำนวนครั้งที่จุ่ม
6. ความเข้มข้นของสารช่วยจับตัวบนแบบพิมพ์เพิ่มขึ้น ทำให้ความหนาของแผ่นยางเพิ่มขึ้นโดยน้ำยางโปรตีนต่ำ มีความเสถียรมากกว่าจึงให้ความหนาของแผ่นยางน้อยกว่ายางแอมโมเนียต่ำ ที่ผสมสารเคมี
7. เวลาที่ใช้ในการจุ่มแบบพิมพ์ด้วยสารจับตัวเพิ่มขึ้น ทำให้ความหนาของแผ่นยางที่จุ่มในน้ำยางมีค่าเพิ่มขึ้นโดยยาง โปรตีนต่ำ ให้ความหนาน้อยกว่าน้ำยางแอมโมเนียต่ำที่ผสมสารเคมีเช่นเดียวกัน
8. ถุงมือยางโปรตีนต่ำมีค่าจะให้ค่า ความทนแรงดึง ต่ำกว่าถุงมือยางชนิดแอมโมเนียต่ำเล็กน้อย และ 500% modulus มีค่าต่ำกว่าค่อนข้างมาก ส่วน elongation at break ของยางโปรตีนต่ำมีค่าสูงกว่าถุงมือยางจากน้ำยาง แอมโมเนียต่ำ
9. คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของถุงมือยาง โปรตีนต่ำ ผ่านมาตรฐานถุงมือยาง (ASTM D 3577) คือ ก่อนบ่มแรงค่า ความทนแรงดึง , 500% modulus และ elongation at break มีค่า 27.35 MPa, 2.50 MPa และ 890 % ตามลำดับ หลังบ่มแรงค่า ความทนแรงดึง, 500% modulus และ elongation at break มีค่า 20.25 MPa, 4.20 MPa และ 720 % ตามลำดับ
10. ลักษณะของถุงมือยางโปรตีนต่ำมีสีขาวกว่าถุงมือที่ทำจากน้ำยางแอมโมเนียต่ำ เพราะสิ่งเจือปนที่ทำให้เกิดสีเหลืองถูกขจัดออกไปในกระบวนการเตรียมน้ำยางโปรตีนต่ำ

11. ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยางโปรตีนต่ำ (ไม่ผ่านกระบวนการล้าง) มีค่า 42.2 $\mu\text{g/g}$ ของถุงมือ จะต่ำกว่าถุงมือที่ทำจากน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำและต่ำกว่าทางการค้า เช่น ยี่ห้อ Mediglove มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 401.5 $\mu\text{g/g}$ และ 526.80 $\mu\text{g/g}$ ของถุงมือ ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

1. นุชนาฏ ณ ระนอง. 2541. ปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติ. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. หน้า 1.
2. บุญธรรม นิธิอุทัย. 2532. ปฏิบัติการเทคโนโลยีน้ำยาง. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 124 หน้า.
3. บุญธรรม นิธิอุทัย, พรพรรณ นิธิอุทัย และ ปรีชา ป้องภัย. 2534. เทคโนโลยีน้ำยางชั้น. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 109 หน้า.
4. บุญธรรม นิธิอุทัย, พรพรรณ นิธิอุทัย และ ปรีชา ป้องภัย. 2532. ระบบวัลคาไนซ์ของน้ำยางที่ใช้กำมะถันเป็นตัวเชื่อมโยงเพื่อทำถุงมือทางการแพทย์. รายงานการวิจัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 77 หน้า.
5. พรพรรณ นิธิอุทัย. 2530. การทำถุงมือทางการแพทย์. รายงานวิจัยคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 58 หน้า.
6. พรสิทธิ์ วงศ์บุญทริก. 2539. การเตรียมและสมบัติบางประการของยางโปรตีนต่ำจากน้ำยางสด วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยียาง) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
7. ไพโรจน์ กลิ่นพิทักษ์ และ พรสิทธิ์ วงศ์บุญทริก. 2540. การเตรียมและสมบัติบางประการของยางโปรตีนต่ำ. ว.สงขลานครินทร์ 19(2) : 223-229.
8. โยธิน ชิงค์. 2537. การเตรียมและสมบัติของยางโปรตีนต่ำจากน้ำยางธรรมชาติ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยียาง) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
9. สุรศักดิ์ สุทธิสงค์. 2532. วิทยาศาสตร์ของน้ำยางธรรมชาติ. เอกสารประกอบการสัมมนาเชิงปฏิบัติการ. สถาบันวิจัยยาง. หน้า 5.
10. เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี. 2539. ทิศทางการทำงานในกระบวนการ dipping. เอกสารประกอบ การสอนวิชาเทคโนโลยีน้ำยาง. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
11. ASTM D 1076-80.1994. Standard specification of rubber: Concentrated, ammonia preserved, creamed and centrifuged natural latex, Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia, p.192-202.

12. ASTM D 1278. 1994. Rubber from natural resource: Chemical analysis. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia, p. 216.
13. ASTM D 3533-90. 1994. Rubber: Nitrogen content. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia, pp. 525-527.
14. Chin, P.S; Cheng, W.P; Lau, C.W. and Pong, K.S. 1974. Deproteinised natural rubber (DPNR). Proceeding Rubber Research Institute of Malaysia, Planters'Conference, pp. 252-262.
15. Ichikawa, N., Eng, Aik-Hwee and Tanaka, Y. 1993. Properties of deproteinised natural rubber Latex. Proceeding International Rubber Technology Conference. Bahasa, Malaysia, pp. 101-110.
16. ISO/WD 12243. 1994. Determination of water extractable proteins in Latex glove (Lowry method) Rubber and rubber products: Latex .
17. Natter, A.F. 1979. Contact urticaria to rubber. Brit. J. Derm. 101: 579-698.
18. Pendle, T.D. and Gorton, A.D. 1980. Dipping with natural rubber latex. NR Technical Bulletin, The Malaysian Rubber Producers, Research Association.
19. Sakaki, T., Hioki, Y., Kojima, H., Kuga, A. and Tanaka, Y. 1995. Highly purified natural rubber. I. Physical properties. International Rubber Conference. October 23-27, Kobe, Japan, pp. 243-246.