

ผลของสารเคมีต่อปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถูงมือยางธรรมชาติ



นางสาวชมพูนุท ลิขิตสุวรรณกุล

สถาบันวิทยบริการ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีเทคนิค ภาควิชาเคมีเทคนิค


คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-03-1679-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECT OF CHEMICAL INGREDIENTS ON SOLUBLE PROTEIN CONTENT IN
NATURAL RUBBER GLOVES



Miss Chompunoot Likitsuwanakool

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Department of Chemical Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2001

ISBN 974-03-1679-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของสารเคมีต่อปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถั่วเขียวอย่างธรรมชาติ
โดย นางสาวชมพูนุท ลิขิตสุวรรณกุล
สาขาวิชา เคมีเทคนิค
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ชูชาติ บารมี
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร. นุชนาฏ ณ ระนอง

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... รองคณบดีฝ่ายบริหาร
(รองศาสตราจารย์ ดร. พิพัฒน์ การเที่ยง) รักษาราชการแทนคณบดี
คณะวิทยาศาสตร์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ธราพงษ์ วิทิตสานต์)

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

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร. นุชนาฏ ณ ระนอง)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. เพ็ญพรพรค ทศคร)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. สุขญา นิติวัดมนานนท์)

ชมพูนุท ลิขิตสุวรรณกุล : ผลของสารเคมีต่อปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยางธรรมชาติ. (EFFECT OF CHEMICAL INGREDIENTS ON SOLUBLE PROTEIN CONTENT IN NATURAL RUBBER GLOVES) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. ชูชาติ บารมี, อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : ดร.นุชนาฏ ณ ระนอง, 75 หน้า. ISBN 974-03-1679-4.

โปรตีนที่ละลายน้ำได้เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผู้ใช้ถุงมือยางธรรมชาติเกิดอาการแพ้ จากการทดลองขั้นต้นพบว่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากน้ำยางชั้นมีค่า 115.98 ไมโครกรัม/กรัมยาง สำหรับปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากน้ำยางผสมสารเคมี มีค่าสูงถึง 996.40 ไมโครกรัม/กรัมยาง ดังนั้นสารเคมีที่เติมลงในน้ำยางชั้นตามสูตรการผลิตถุงมือยางธรรมชาติมีผลทำให้ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้มีค่าสูงขึ้น

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของสารเคมี 4 ชนิด ได้แก่ ZDEC SDBC Wingstay L และ KOH จากการศึกษาพบว่า KOH และ SDBC มีผลทำให้ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น สำหรับ ZDEC และ Wingstay L ไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ ระยะเวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้สูงขึ้น เนื่องจากเป็นการเพิ่มระยะเวลาในการไฮโดรไลซิสของโปรตีน



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา
สาขาวิชาเคมีเทคนิค.....
ปีการศึกษา2544.....

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

4272247923 : MAJOR CHEMICAL TECHNOLOGY

KEY WORD : SOLUBLE PROTEIN / GLOVES / LATEX

CHOMPUNOOT LIKITSUWANAKOOL : THESIS TITLE. (EFFECT OF CHEMICAL INGREDIENTS ON SOLUBLE PROTEIN CONTENT IN NATURAL RUBBER GLOVES)

THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. SHOOSHAT BARAME, Ph.D., THESIS

COADVISOR : NUCHANAT NA RANONG, Ph.D., 75 pp. ISBN 974-03-1679-4.

Soluble protein in natural rubber gloves is the major cause of allergy. From initiated study the quantity of soluble protein in concentrated latex was 115.98 $\mu\text{g/g}$ and one in compound latex was 996.40 $\mu\text{g/g}$. Therefore chemical ingredients in compound latex caused soluble protein increasing.

This work studied the effect of ZDEC, SDBC, Wingstay L and KOH. The results found that the protein increasing resulted from SDBC and KOH. However, Wingstay L and ZDEC showed insignificant effect on soluble protein. The increasing of maturation time caused the increasing of hydrolysis time hence soluble protein increased.



DepartmentChemical Technology... Student 's signature

Field of study ... Chemical Technology Advisor 's signature

Academic year ...2001..... Co-advisor 's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชูชาติ บารมี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.นุชนาฏ ณ ระนอง อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้โอกาส คำปรึกษา คำแนะนำ และช่วยเหลือ ในการทำวิจัยครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่บุคลากร ภาควิชาเคมีเทคนิค และสถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการ เกษตรทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำ อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือ สารเคมี และการจัดทำ เอกสาร ต่างๆ และขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อน ๆ ภาควิชาเคมีเทคนิค ที่เป็นกำลังใจและช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด

เนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้รับอุดหนุนการวิจัยจากภาควิชาเคมีเทคนิคและ บัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายที่สุดขอขอบพระคุณบิดา มารดา น้องๆ และทุกคนในครอบครัว ที่เป็นกำลังใจ ให้ความช่วยเหลือ และสนับสนุนด้วยความรัก ความจริงใจ จนประสบความสำเร็จในการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญรูป	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
วัตถุประสงค์และขอบเขตงานวิจัย.....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย.....	2
2 วารสารปริทัศน์	7
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับน้ำยางธรรมชาติ	7
น้ำยางข้น.....	11
สารเคมีสำหรับการทำน้ำยางผสม.....	13
การเตรียมสารเคมีผสมน้ำยางเพื่อใช้ในกระบวนการผลิต.....	14
กระบวนการผลิตถุงมือยางธรรมชาติ	16
โปรตีน.....	18
โปรตีนในน้ำยางธรรมชาติและผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติ	20
โปรตีนกับอาการแพ้	22
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	25
3 วิธีดำเนินการทดลอง	
อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	28
สารเคมีและสารอื่นที่ใช้ในการทดลอง.....	28
การดำเนินการทดลอง	30
4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	34
5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	55

	หน้า
รายการอ้างอิง.....	57
ภาคผนวก.....	59
ประวัติผู้เขียนผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	75



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบของน้ำยางธรรมชาติ.....	7
2.2 ส่วนประกอบของเนื้อยาง	8
4.1 ปริมาณ โปรตีนที่ละลายน้ำได้จากน้ำยางข้น	34
4.2 ปริมาณ โปรตีนที่ละลายน้ำได้จากน้ำยางผสมสารเคมีสูตรที่ 14 ทั้งที่ไม่ผ่านและ ผ่านการล้างแบบต่างๆ.....	35
4.3 ปริมาณ โปรตีนที่ละลายน้ำได้จากน้ำยางข้นและน้ำยางผสมสารเคมี จากงานวิจัย ของ เอกอร ควชะกุล (2542)	37
4.4 ปริมาณ โปรตีนที่ละลายน้ำที่ลดลงจากถุงมือยางที่ผ่านการล้างแบบต่างๆ จากงานวิจัย ของ ชโนวิทก์ ตูบรวิทิง (2541)	38
4.5 สมบัติความต้านทานต่อแรงดึงและความยืดเมื่อขาดของแผ่นฟิล์มยางสูตรที่14	38
4.6 ปริมาณ ไนโตรเจนจากน้ำยางผสมสารเคมีสูตรที่ 14	39
4.7 สูตรน้ำยางผสมสารเคมีที่แต่ละสูตรเดิมสารเคมีแต่ละชนิด.....	39
4.8 สูตรน้ำยางผสมสารเคมีสูตรที่ 14-21	41
4.9 สูตรน้ำยางผสมสารเคมีสูตรที่ 14x-21x	43
4.10 สูตรน้ำยางผสมสารเคมีซึ่งเติม ZDEC ปริมาณต่างๆกัน	48
4.11 สูตรน้ำยางผสมสารเคมีซึ่งเติม SDBC ปริมาณต่างๆกัน	50
4.12 สูตรน้ำยางผสมสารเคมีซึ่งเติม Wingstay L ปริมาณต่างๆกัน.....	52
4.13 สูตรน้ำยางผสมสารเคมีซึ่งเติม KOH ปริมาณต่างๆกัน.....	53
5.1 องค์การคงรูปของน้ำยางผสมสารเคมีสูตรที่ 14 และ 15 ตามระยะเวลาการบ่ม	56

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 เปรียบเทียบผลผลิตยางธรรมชาติที่ส่งออกกับปริมาณที่ใช้ในประเทศ ระหว่าง ปี พ.ศ. 2532-2543.....	4
1.2 เปรียบเทียบปริมาณน้ำยางชั้นที่ใช้ในประเทศทั้งหมดกับปริมาณที่ใช้ผลิตถุงมือยาง ธรรมชาติ ระหว่างปี พ.ศ. 2532-2543.....	5
1.3 มูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์ถุงมือยางธรรมชาติ ระหว่าง ปี พ.ศ. 2536-2543.....	6
2.1 สถานะความคงตัวเป็นของเหลวของน้ำยาง.....	10
2.2 การเสียดสภาพจากการเป็นของเหลวของน้ำยาง.....	10
2.3 กระบวนการผลิตถุงมือยางธรรมชาติ.....	17
2.4 สูตรโครงสร้างของโปรตีนทั่วไป.....	18
2.5 น้ำยางหลังจากผ่านการปั่นแยก.....	21
4.1 ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากสูตรน้ำยางผสมสารเคมีที่เติมสารเคมีแต่ละชนิด	40
4.2 ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากน้ำยางผสมสารเคมีสูตรที่ 14-21	41
4.3 การไฮโดรไลซิสของโปรตีน	42
4.4 เปรียบเทียบปริมาณ โปรตีนที่ละลายน้ำได้สำหรับน้ำยางผสมสารเคมีที่เติม และไม่เติม โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (ก) สูตรน้ำยางผสมสารเคมีที่ 14 และ 14x (ข) สูตรน้ำยางผสม สารเคมีที่ 15 และ 15x (ค) สูตรน้ำยางผสมสารเคมีที่ 17 และ 17x (ง) สูตรน้ำยางผสม สารเคมีที่ 18 และ 18x	44
4.5 โมเลกุลของโปรตีนเมื่ออยู่ในภาวะที่มีค่า pH สูง	44
4.6 เปรียบเทียบปริมาณ โปรตีนที่ละลายน้ำได้ระหว่างสูตรน้ำยางผสมสารเคมีที่ 18, 19 และ 20	45
4.7 เปรียบเทียบปริมาณ โปรตีนที่ละลายน้ำได้ระหว่างสูตรน้ำยางผสมสารเคมีที่ 15, 17 และ 18	46
4.8 เปรียบเทียบปริมาณ โปรตีนที่ละลายน้ำได้ระหว่างสูตรน้ำยางผสมสารเคมีที่ 16, 17 และ 20	47
4.9 ความแตกต่างของปริมาณ โปรตีนที่ละลายน้ำได้เทียบจากน้ำยางชั้น (%) สำหรับ น้ำยางผสมสารเคมีซึ่งเติม ZDEC ปริมาณต่าง ๆ กัน	49
4.10 สูตรโครงสร้างของ ZDEC	49

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.11 ความแตกต่างของปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้เทียบจากน้ำยางชั้น (%) สำหรับ น้ำยางผสมสารเคมีซึ่งเติม SDBC ปริมาณต่างๆกัน	50
4.12 สูตรโครงสร้างของ SDBC	51
4.13 ความแตกต่างของปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้เทียบจากน้ำยางชั้น (%) สำหรับ น้ำยางผสมสารเคมีซึ่งเติม Wingstay L ปริมาณต่างๆกัน.....	52
4.14 สูตรโครงสร้างของ Wingstay L	53
4.15 ความแตกต่างของปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้เทียบจากน้ำยางชั้น (%) สำหรับ น้ำยางผสมสารเคมีซึ่งเติม KOH ปริมาณต่างๆกัน	54

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

นับตั้งแต่ปีพ.ศ. 2534 ประเทศไทยเป็นประเทศที่ผลิตยางธรรมชาติได้มากที่สุดในโลก ปริมาณผลผลิตยางร้อยละ 90 ถูกส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศในรูปแบบต่างๆ ที่สำคัญคือ ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง น้ำยางข้น ยางเครพ และยางผึ่งแห้ง สำหรับปริมาณผลผลิตที่เหลือร้อยละ 10 ใช้ในอุตสาหกรรมภายในประเทศเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในประเทศและส่งออกต่างประเทศ ดังรูปที่ 1.1

ในการใช้ประโยชน์จากยางธรรมชาติมี 2 ลักษณะ คือในรูปยางแห้งและน้ำยางข้น ซึ่งน้ำยางข้นเป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิตถุงมือยางทางการแพทย์ ถุงยางอนามัย เล็นดำยัดสำหรับเสื้อผ้า ยางพองน้ำเป็นต้น ในปี พ.ศ. 2543 ประเทศไทยสามารถผลิตน้ำยางข้นได้ 81,180 เมตริกตัน และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มปริมาณการส่งออกและปริมาณการใช้น้ำยางข้นในประเทศ ดังรูปที่ 1.2 สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าการส่งออกสูงสุดคือผลิตภัณฑ์ถุงมือยางโดยมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี ซึ่งในปี พ.ศ. 2543 มีมูลค่าการส่งออกสูงถึง 14,417.71 ล้านบาท ดังแสดงในรูปที่ 1.3

อย่างไรก็ตามการแข่งขันทางเศรษฐกิจในปัจจุบันได้เพิ่มสูงขึ้นมาก ประกอบกับข้อตกลงในเรื่องการค้าเสรีของประชาคมโลกจะทำให้การแข่งขันเพิ่มมากขึ้นและมีแนวโน้มว่ามาตรการที่ไม่เกี่ยวกับภาษีการค้า จะถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการกีดกันทางการค้าระหว่างประเทศ ได้แก่ มาตรฐานสินค้า มาตรฐานกระบวนการผลิต ตลอดจนมาตรการด้านสิ่งแวดล้อม แรงงาน และสิทธิมนุษยชน การละเมิดทรัพย์สินทางปัญญา เป็นต้น มาตรการดังกล่าวมีผลต่อตลาดของผลิตภัณฑ์ถุงมือทางการแพทย์ที่ผลิตจากยางธรรมชาติ ประกอบกับรายงานทางวิชาการที่กล่าวถึงอาการแพ้ของผู้ใช้ถุงมือยางธรรมชาติ โดยระบุว่าเมื่อมีสาเหตุจากปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ที่มีอยู่ในยางธรรมชาติ [10] ดังนั้นหากทราบแนวทางที่จะลดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ก็จะก่อให้เกิดประโยชน์แก่ผู้ใช้และผู้ผลิตถุงมือยางธรรมชาติเป็นอย่างมาก

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาผลของสารเคมีต่อปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถู่มืออย่างธรรมชาติ

ขอบเขตของการวิจัย

1. เป็นการศึกษาเชิงทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ
2. ศึกษาผลของสารเคมีต่อปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถู่มืออย่างธรรมชาติ ได้แก่
 - Potassium hydroxide (KOH)
 - Zinc diethyldithiocarbamate (ZDEC)
 - Sodium dibutyldithiocarbamate (SDBC)
 - Wingstay L
3. ศึกษาผลของระยะเวลาในการบ่มน้ำยารวมสารเคมี ได้แก่ ระยะเวลาในการบ่มน้ำยารวมสารเคมีที่เวลา 1 2 3 4 และ 7 วัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อปรับสูตรน้ำยารวมสารเคมีสำหรับการผลิตถู่มืออย่างธรรมชาติที่ให้ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในระดับต่ำ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้ในด้านความปลอดภัยและเป็นประโยชน์ต่อผู้ผลิตถู่มืออย่างธรรมชาติในการแข่งขันทางการค้า

ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย

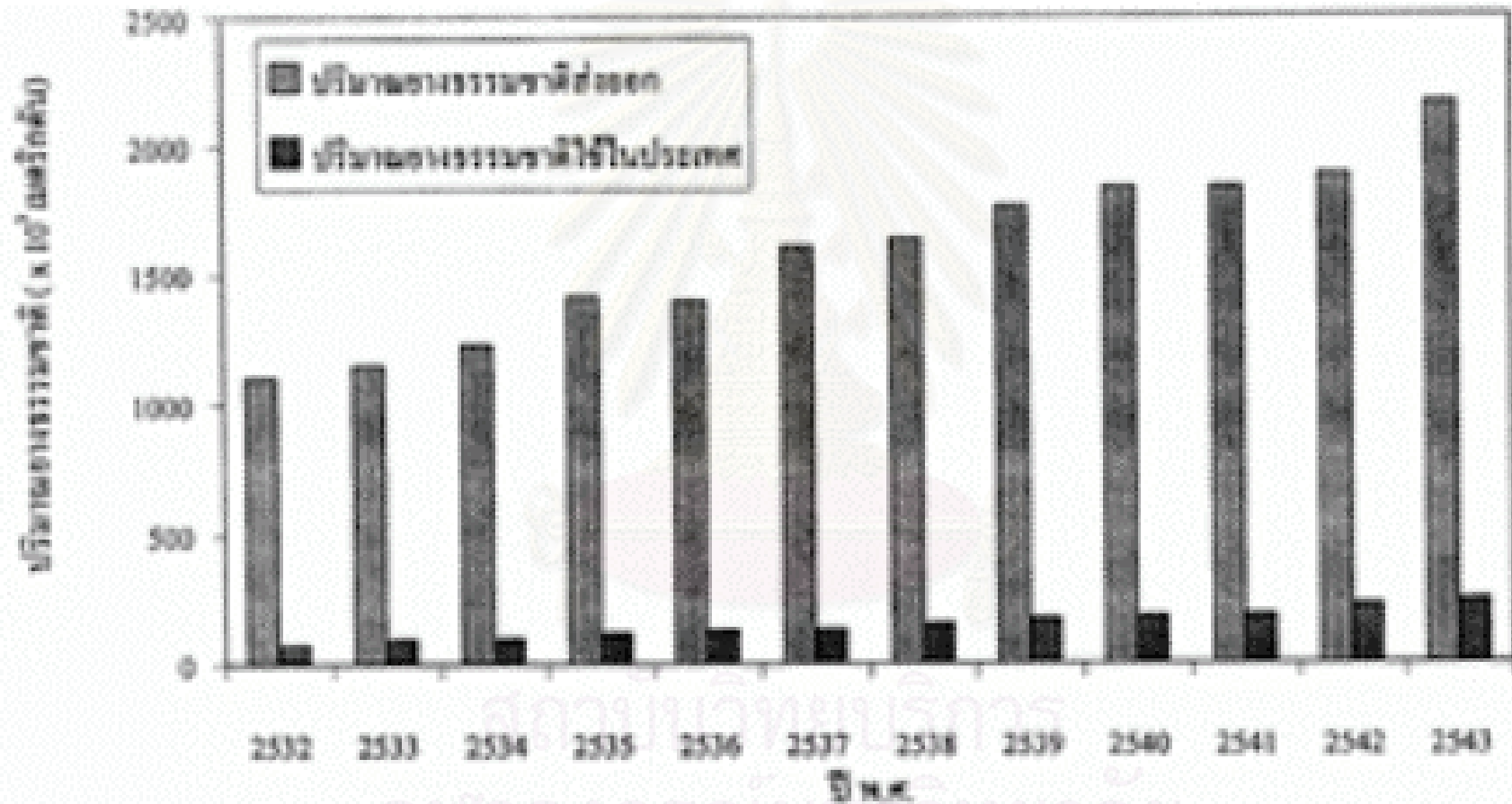
1. ค้นคว้าข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีในอดีต
2. ทดสอบสมบัติต่างๆของน้ำยารวมที่ว่าจะนำมาใช้ในการทดลอง
3. เตรียมน้ำยารวมสารเคมี โดยเติมน้ำและสารเคมีลงในน้ำยารวมตามสูตรต่างๆ แล้วนำไปทำเป็นแผ่นฟิล์มยาง
4. ศึกษาผลของชนิดสารเคมีและระยะเวลาในการบ่มน้ำยารวมสารเคมี โดยวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากแผ่นฟิล์มยางจากน้ำยารวมสารเคมีสูตรต่างๆ ด้วยวิธี Modified Lowry

5. ปรับสูตรน้ำยาสผสมสารเคมีสำหรับการผลิตถุงมือยางธรรมชาติ เพื่อให้ได้สูตรน้ำยาสผสมสารเคมีที่มีปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในระดับต่ำ

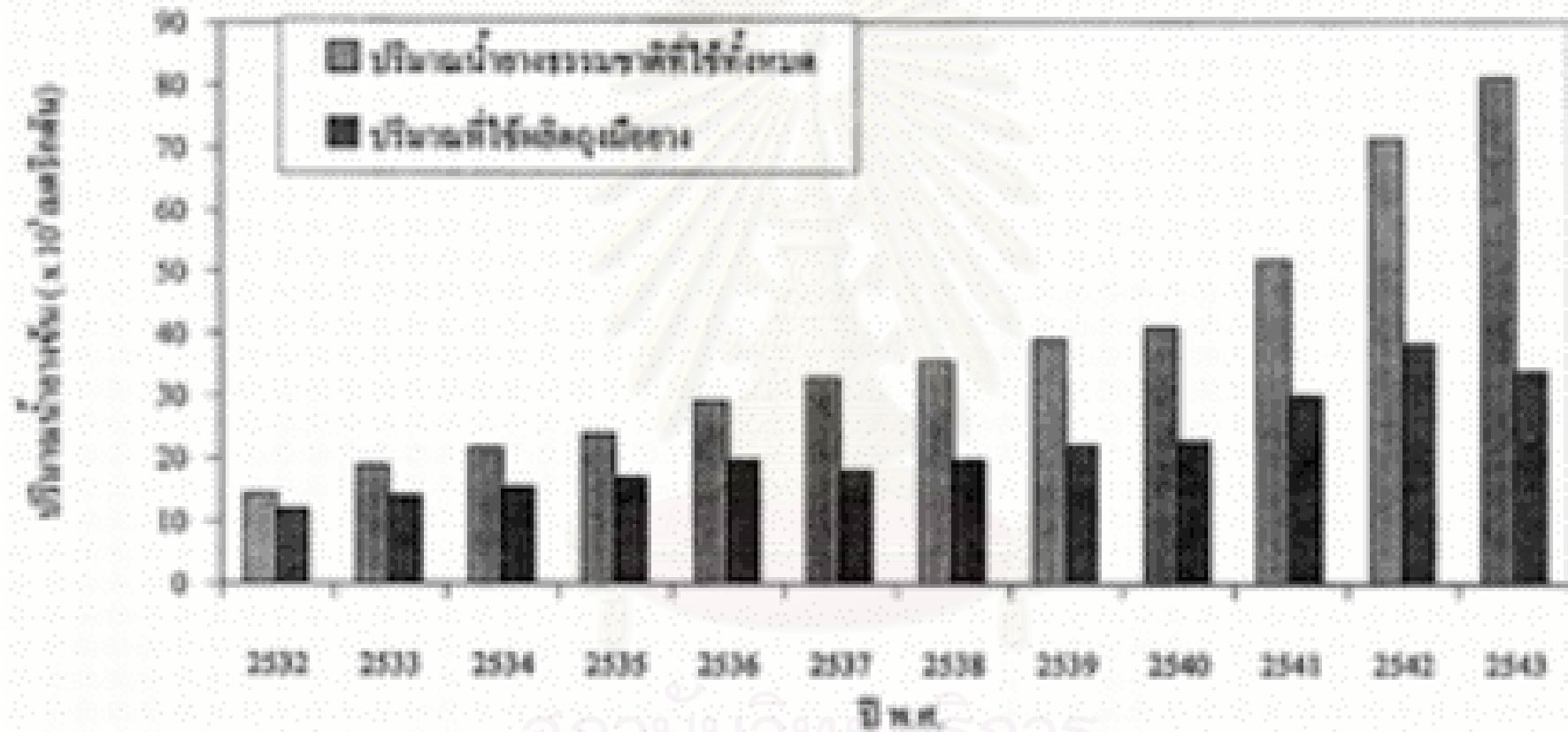
6. วิเคราะห์ข้อมูล สรุปผลการทดลองและเขียนวิทยานิพนธ์



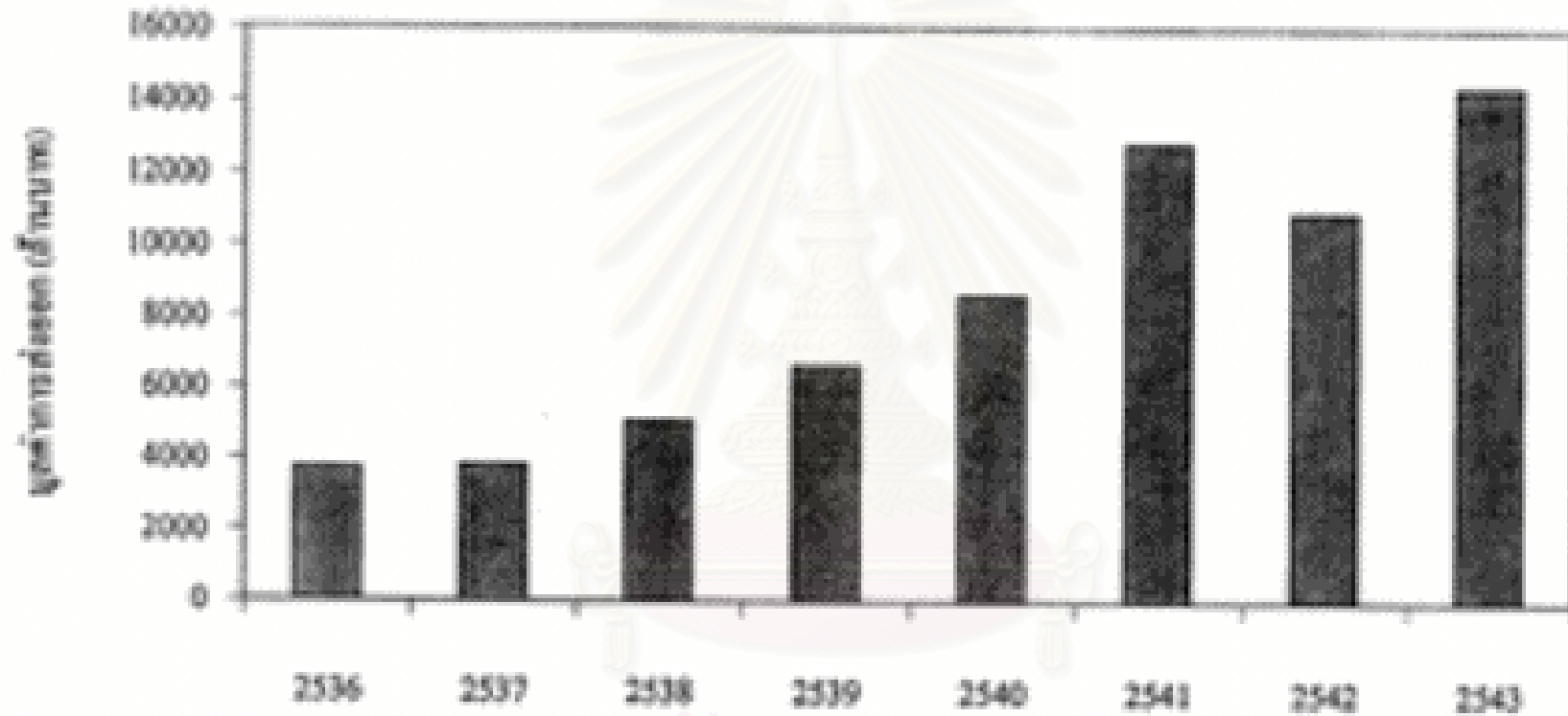
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1.1 เปรียบเทียบแนวโน้มการผลิตไฟฟ้าที่ส่งออกกับปริมาณที่ใช้ในประเทศ
ระหว่างปี พ.ศ. 2532-2543



รูปที่ 1.2 กราฟแสดงปริมาณอาสาสมัครที่ไร้ที่นอนในประเทศไทยเทียบกับปริมาณที่ไร้ผลิอุดูเมืองระหว่างปี พ.ศ. 2532-2543



สถาบันวิทยบริการ
รูปที่ 1.3 บุคลากรขององค์กรศึกษาระดับอุดมศึกษาภาครัฐ ระหว่าง ปี พ.ศ. 2536-2543



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1) ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับน้ำยางธรรมชาติ [3, 4 , 5]

1.1) สมบัติและส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ

น้ำยางธรรมชาติได้จากต้นยางพารา (*Hevea Brasiliensis*) มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวหรือสีครีม มีความหนาแน่นประมาณ 0.975 - 0.980 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีความเป็นกรด - ด่าง (pH) 6.5 - 7.0 น้ำยางธรรมชาติเป็นสารแขวนลอยชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยส่วนที่เป็นของเหลวเป็นตัวกลางและมีอนุภาคยางแขวนลอยอยู่ นอกจากนี้ยังมีสารที่ไม่ใช่ยาง (Non rubber substances) ได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และสารอินทรีย์อื่นๆ เช่น แมกนีเซียม แคลเซียม เหล็ก สังกะสี ทองแดง แมงกานีส ในส่วนของโปรตีนจะมีอยู่ 1-1.5% ของน้ำยาง คิดเป็น 30 - 50 มิลลิกรัมต่อกรัมยางแห้ง รายละเอียดขององค์ประกอบของน้ำยางธรรมชาติ แสดงดังตารางที่ 2.1

องค์ประกอบ	สัดส่วนโดยน้ำหนัก (%)
สารที่อยู่ในรูปของแข็ง	36
เนื้อยางแห้ง	33
สารจำพวกโปรตีน	1-1.5
สารจำพวกเรซิน	1-2.5
ซีเ็ก้า	1
น้ำตาล	1
น้ำ ในปริมาณที่รวมแล้วเป็น	100

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของน้ำยางธรรมชาติ

1.1.1) ส่วนของเนื้อยาง (Rubber phase)

อนุภาคยางในน้ำยางธรรมชาติประกอบด้วยสารไฮโดรคาร์บอน ประเภท ซิส 1,4 – โพลีไอโซพรีน (*cis-1,4-polyisoprene ; (C₅H₈)_n*) เป็นสารที่ไม่ละลายน้ำและมีลักษณะ เป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ มีความหนาแน่นประมาณ 0.92 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร รูปร่างส่วนใหญ่เป็นรูปกลมและรูปลูกแพร์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.02 - 3 ไมโครเมตร ในสภาพน้ำยางสดผิวรอบอนุภาคถูกห่อหุ้มด้วยไขมันพวกฟอสโฟไลปิด (Phospholipid) และโปรตีนโดยฟอสโฟไลปิดเป็นตัวยึดระหว่างไฮโดรคาร์บอนกับสารโปรตีน

ส่วนของเนื้อเยื่อส่วนใหญ่ประกอบด้วยยางไฮโดรคาร์บอน น้ำ ไขมัน และโปรตีน ดังตารางที่ 2.2 นอกจากนี้สารดังกล่าวแล้วอาจมีอนุมูลของโลหะบางชนิด เช่น แมกนีเซียม โปแตสเซียม และทองแดง ประมาณ 0.05% โดยน้ำหนัก ปนอยู่ในส่วนของเนื้อเยื่อ

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

ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบของเนื้อเยื่อ

1.1.2) ส่วนที่เป็นของเหลว (Aqueous phase)

ส่วนที่เป็นของเหลวของน้ำยางหรือเรียกว่าซีรัม มีความหนาแน่น 1.02 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ประกอบด้วยสารเคมีต่างๆ ดังนี้

1.1.2.1) คาร์โบไฮเดรต ส่วนใหญ่เป็นประเภท แอล – เมทิลลิโนซิทอล (l - methylinositol) หรือที่เรียกกันว่าควีบราซิทอล (Quebrachitol) มีอยู่ประมาณ 1% โดยน้ำหนักของน้ำยาง และยังมีคาร์โบไฮเดรตอื่นๆ บางเล็กน้อยได้แก่ กลูโคส ซูโครส กาแลคโตส ฟรุคโตส เป็นต้น คาร์โบไฮเดรตเหล่านี้มีอิทธิพลเพียงเล็กน้อยต่อน้ำยาง กล่าวคือหากมีการรักษาสภาพน้ำยางไม่พอเพียง จุลินทรีย์จะเปลี่ยน คาร์โบไฮเดรตไปเป็นกรดไขมันที่ระเหยได้ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกรดฟอร์มิก อะซีติก และโพรพิโนอิก กรดเหล่านี้มีผลทำให้น้ำยางเสียสถานะและจับตัวเป็นก้อนได้

1.1.2.2) โปรตีนและกรดอะมิโน โปรตีนที่สำคัญได้แก่ อัลฟา-โกลบูลิน (α -globulin) และฮีวิน (Hevein) อัลฟา-โกลบูลินเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งที่มีมากในส่วนของเหลวของน้ำยางสดมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 200,000 มีสมบัติไม่ละลายน้ำแต่ละลายได้ในสารละลายของเกลือ กรดและด่าง การเติมแอมโมเนียลงในน้ำยางจะเพิ่มการเคลื่อนไหวของอัลฟา-โกลบูลินและอนุภาคยาง ซึ่งเป็นการช่วยรักษาสภาพน้ำยางได้

ฮีวินเป็นโปรตีนชนิดที่เป็นผลึกมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำเพียงประมาณ 10,000 ละลายได้ดีในน้ำ ไม่ตกตะกอนด้วยความร้อน และไม่ค่อยมีผลกระทบต่ออาการคงสภาพเป็นสารแขวนลอยของน้ำยาง

นอกจากโปรตีนทั้งสองชนิดดังกล่าวแล้ว ในซีรัมยังมีโปรตีนชนิดอื่นๆ โปรตีนเหล่านี้อาจมีผลกระทบต่ออาการคงสภาพเป็นสารแขวนลอยของน้ำยาง ทั้งนี้เพราะโปรตีนดังกล่าวมีประจุบวกที่ pH ที่เป็นกลางหรือค่อนข้างเป็นด่าง

สำหรับกรดอะมิโนอิสระมีอยู่ในซีรัมประมาณ 0.1% โดยน้ำหนักของน้ำยาง ซึ่งยังไม่แน่ชัดว่ากรดอะมิโนเหล่านี้มีมาแต่เดิมหรือมาจากการสลายตัวของโปรตีน กรดอะมิโนที่สำคัญได้แก่ กรดกลูตามิก (Glutamic acid) อะลานีน (Alanine) และกรดแอสปาร์ติก (Aspartic acid) ในน้ำยางที่ได้แอมโมเนีย โปรตีนจะสลายตัวด้วยน้ำอย่างช้าๆ ได้โพลีเปปไทด์ (Polypeptide) กับกรดอะมิโน

1.1.2.3) ส่วนอื่นๆ ได้แก่สารพวกที่มีส่วนประกอบของไนโตรเจนอิสระ เช่น โคลีน (Choline) และเมทิลเอมีน (Methyl amine) กรดอินทรีย์ (ที่ไม่ใช่กรดอะมิโน) แอนไอออนของสารอนินทรีย์ (โดยเฉพาะพวกฟอสเฟตและคาร์บอเนต) และโลหะไอออน (รวมทั้งพวกโปแตสเซียม แมกนีเซียม เหล็ก โซเดียม และทองแดง) สารประกอบไฮโดรโซยาไนต์อิสระ (RCN^-) สารประกอบพวกไทออล (Thiol) และน้ำย่อยหลายชนิด

1.1.3) ส่วนลูทอยด์ (Lutoid) และสารอื่นๆ

เมื่อปั่นน้ำยางสดที่ความเร็วต่ำ พบว่าน้ำยางแยกออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนที่อยู่ชั้นบนมีสีขาว ประกอบด้วยอนุภาคยางเป็นส่วนมากและส่วนที่อยู่ชั้นล่างมีสีเหลือง ซึ่งมีประมาณ 20 - 30% ของปริมาณทั้งหมด ส่วนชั้นล่างเป็นอนุภาคที่ไม่ค่อยเกาะตัวกันแน่น มีความแตกต่างจากอนุภาคของยางและเรียกว่า ลูทอยด์

ลูทอยด์มีลักษณะเป็นทรงกลมมีเยื่อบางห่อหุ้มอยู่ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 - 5 ไมโครเมตร ภายในเยื่อบางของลูทอยด์ประกอบด้วยของเหลวเรียกว่า ซีรัมบี (B-serum) มี pH ประมาณ 5.5 เป็นสารละลายของกรด เกลือแร่ โปรตีน น้ำตาลและโพลีฟีนอล ออกซิเดส (Polyphenol oxidase) ซึ่ง โพลีฟีนอล ออกซิเดส นี้ ทำให้น้ำยางมีสีคล้ำเมื่อสัมผัสกับอากาศหรือออกซิเจน ลูทอยด์ในน้ำยางมีอิทธิพลต่อความเหนียวและสภาพการเป็นสารแขวนลอยในน้ำยางสด เนื่องจากลูทอยด์มีสมบัติที่สามารถเกิดปฏิกิริยาออสโมซิส (Osmosis) ได้ง่าย ดังนั้นการเติมน้ำลงในน้ำยางจึงมีผลให้ลูทอยด์เกิดการบวมหรือพองตัวแล้วแตกออกทำให้ความเหนียวของน้ำยางเพิ่มขึ้น อีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลให้ลูทอยด์เกิดการเปลี่ยนแปลงจนกระทั่งแตกออกคือขณะที่น้ำยางไหลออกจากต้นยางลูทอยด์จะเกิดการเสียดสีกันเองมีผลทำให้ลูทอยด์แตกออกได้

นอกจากนี้ในชั้นของลูทอยด์ยังมีสารอีกพวกหนึ่งที่เรียกว่า อนุภาคฟรี-วิสลิง (Frey - Wyssling) อนุภาคนี้มีลักษณะกลมอยู่กันเป็นกลุ่ม มีสีเหลืองจัด ไม่ใช่เป็นส่วนของเนื้อยาง มีขนาดและความหนาแน่นมากกว่าอนุภาคยางเล็กน้อย อนุภาคฟรี-วิสลิงมีสีเหลืองเนื่องจากสารคาโรทีนอยด์ อนุภาคฟรี-วิสลิงประกอบด้วยไขมันและคาโรทีนอยด์

1.2) การรักษาสภาพและการเสียสภาพของน้ำยาง

1.2.1) ปัจจัยที่มีผลต่อความคงสถานะของน้ำยาง

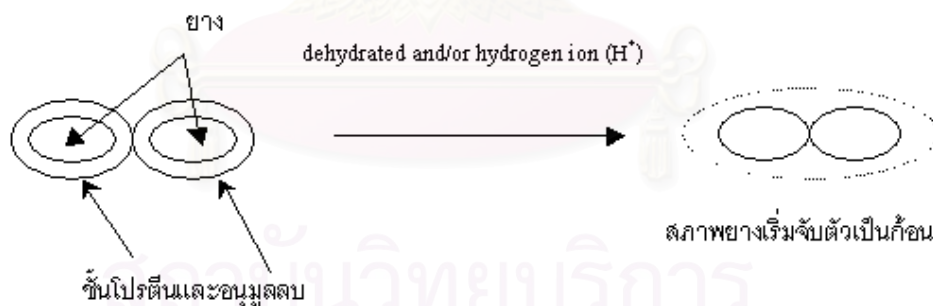
1.2.1.1) โปรตีนที่ผิวอนุภาคยาง โปรตีนในน้ำยางบางส่วนจะถูกดูดซับอยู่ที่ผิวของอนุภาคยาง รวมตัวเป็นชั้นหรือเปลือกห่อหุ้ม (Hydrated protein envelope) อนุภาคยางไว้ โดยจะป้องกันไม่ให้อนุภาคยางรวมตัวกัน

1.2.1.2) อนุมูลลบของคาร์บอกซีเลตที่ผิวอนุภาคยาง (Carboxylate R.COO⁻) ซึ่งจะก่อให้เกิดการผลักกันระหว่างอนุภาคยาง ทำให้น้ำยางคงสภาพเป็นของเหลวอยู่ได้



รูปที่ 2.1 สถานะความคงตัวของเหลวของน้ำยาง

การเสียสภาพของเหลวของน้ำยางจะเกิดขึ้นเมื่อมีการทำลายชั้นโปรตีนที่ห่อหุ้มอนุภาคยางและ/หรืออนุมูลลบของคาร์บอกซีเลต เช่น การสูญเสียน้ำ (Dehydrated) ในชั้นของโปรตีน เมื่อน้ำยางถูกกระทบกระเทือนจะทำให้อนุภาคยางเกิดการรวมตัวกันจับเป็นก้อนยาง เรียกว่า Coagulum แยกจากส่วนของซีรัม ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การเสียสภาพจากการเป็ยของเหลวของน้ำยาง

1.2.2) สารเคมีรักษาสภาพน้ำยาง

เนื่องจากน้ำยางมีสารประกอบพวกน้ำตาลที่เป็นอาหารของแบคทีเรียและยีสต์ เมื่อมีการกรีดยาง แบคทีเรียหรือยีสต์ในอากาศจะปะปนกับน้ำยางแล้วเปลี่ยนน้ำตาลเป็นสารจำพวกกรด ซึ่งสภาวะความเป็นกรดจะทำลายชั้นโปรตีนที่ห่อหุ้มอนุภาคยางอยู่ ทำให้น้ำยางเสียความคงสถานะเป็นของเหลว น้ำยางจะหนืดขึ้นและจับตัวเป็นเม็ดเล็กๆ หรือเกิดการแยกตัวเป็นก้อนโคแอกกูลัม

โดยเกิดช้าหรือเร็วขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น สภาพแวดล้อม อุณหภูมิ สมบัติความคงตัวของน้ำยาง แต่ละพันธุ้ เป็นต้น ดังนั้นเพื่อเป็นการรักษาสภาพของเหลวของน้ำยางจึงต้องมีการเติมสารเคมีเพื่อรักษาสภาพของน้ำยาง

1.2.2.1) สมบัติของสารเคมีรักษาสภาพน้ำยาง

- 1) ทำลายหรือกีดขวางปฏิกิริยาของบักเตรียหรือยีสต์ได้
- 2) เนื่องจากชั้นโปรตีนที่ห่อหุ้มอนุภาคยางอยู่มีฤทธิ์เป็นด่าง สารเคมีรักษาสภาพน้ำยางจึงควรมีฤทธิ์เป็นด่างและสามารถเพิ่มประจุหรือเพิ่มพลังงานระหว่างอนุภาคกับส่วนที่เป็นน้ำ ทำให้น้ำยางอยู่ในสภาพเป็นคอลลอยด์ได้
- 3) ควรเป็นส่วนที่ทำให้อนุมูลของโลหะหนักไม่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา เนื่องจากอนุมูลของโลหะหนักเป็นตัวการสำคัญในการเจริญอยู่ได้ของจุลินทรีย์
- 4) ไม่เป็นพิษต่อมนุษย์และเนือยาง ไม่ทำให้สีของน้ำยางหรือยางแห้ง เปลี่ยน ไม่มึกลิ่นเหม็น

1.2.2.2) ประเภทของสารเคมีรักษาสภาพน้ำยาง

- 1) แอมโมเนีย มีประสิทธิภาพในการทำลายบักเตรียได้ดีมาก มีฤทธิ์เป็นด่าง และสามารถหยุดปฏิกิริยาของอนุมูลโลหะบางชนิดได้
- 2) แอมโมเนียร่วมกับสารอื่น เช่น โซเดียมเพนตะคลอไรโทไอฟีนอล ซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต อะมิโนฟีนอล-อดีทีเอ กรดบอริก
- 3) สารเคมีอื่นๆ เช่น โซเดียมซัลไฟด์ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

2) น้ำยางข้น [5 ,6]

น้ำยางสดจากต้นยางยังไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้กับอุตสาหกรรม เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์เนือยางต่ำ จึงจำเป็นต้องทำให้น้ำยางข้นเสียก่อน

2.1) วิธีการผลิตน้ำยางข้น

2.1.1) วิธีทำให้เกิดครีม (Creaming) มีการเติมสารที่ทำให้เกิดครีมลงในน้ำยางสด ได้แก่ โซเดียมอัลกิเนต (Sodium alginate; $(C_6H_7NaO_6)_n$)หรือแอมโมเนียมอัลกิเนต (Ammonium alginate; $(C_6H_{11}NO_6)_n$) คนให้เข้ากัน ทั้งใ้้้น้ำยางจะแยกเป็นสองชั้น ชั้นล่างประกอบด้วยของเหลวซึ่งมีส่วนประกอบของยางเพียงเล็กน้อย ส่วนนี้จะถูกแยกออกไป ชั้นบนจะเป็นครีม ซึ่งมีเนือยางสูง น้ำยางข้นที่ได้จะมีของแข็งทั้งหมด 61.5% และมีเนือยางแห้ง 60% หลังจากนั้นจึงมีการเติมแอมโมเนียเพื่อรักษาสภาพน้ำยางข้น

2.1.2) วิธีใช้เครื่องปั่นแยก เป็นวิธีที่นิยมมากที่สุด โดยทั่วไปเครื่องปั่นแยกจะประกอบด้วย ถ้วยปั่นแยกที่หมุนด้วยความเร็วประมาณ 7,000 – 8,000 รอบต่อนาที ส่วนประกอบของเครื่องปั่นที่สัมผัสกับน้ำยางโดยตรงควรทนทานต่อการกัดกร่อนของแอมโมเนียด้วย คือ ทำจากสแตนเลส ไม่ควรใช้โลหะพวกทองแดง ทองเหลือง ทองสัมฤทธิ์และแมงกานีส เพราะจะทำให้ให้น้ำยางเสื่อมคุณภาพเร็วขึ้น น้ำยางชั้นที่ได้จะมีเนื้อยางแห้งประมาณ 60 - 62% ส่วนที่เหลือจะเป็นของเหลวเจือจางเรียกว่า ทางน้ำยาง (Skim) การผลิตน้ำยางชั้นโดยใช้เครื่องปั่นแยกสามารถผลิตน้ำยางชั้นได้ 2 ชนิด คือ น้ำยางชั้นที่มีปริมาณแอมโมเนียสูง (High Ammonia or Full Ammonia; HA) และน้ำยางชั้นที่มีปริมาณแอมโมเนียต่ำ (Low Ammonia; LA)

2.1.3) วิธีทำให้ระเหยน้ำ ทำโดยกรองน้ำยางพร้อมกับเติมสารที่ทำให้คงตัว เช่น โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.05% โดยน้ำหนัก และสบู่ที่มีน้ำมันมะพร้าว 2% โดยน้ำหนัก เป็นส่วนผสม หลังจากนั้นทำให้น้ำยางเกิดการระเหยด้วยความร้อนโดยผ่านน้ำร้อนเข้าไปในถัง 2 ชั้นที่บรรจุน้ำยางอยู่ภายใน ขณะที่ถังบรรจุน้ำยางหมุนไปรอบๆ อากาศภายในถังจะถูกดูดออกไปพร้อมกับเอา น้ำที่ระเหยออกไปโดยเร็วที่สุด

2.1.4) วิธีแยกด้วยไฟฟ้า ทำโดยผ่านกระแสไฟฟ้าลงไปในน้ำยาง ทำให้เกิดความต่างศักย์ขึ้นภายในเซลล์ อนุภาคของยางซึ่งมีประจุไฟฟ้าลบจะเคลื่อนเข้าหาแผ่นขั้วบวกที่อยู่ใกล้ที่สุด ทำให้อนุภาคยางอยู่รวมกันอย่างหนาแน่นจนเกิดเป็นน้ำยางชั้นขึ้น อนุภาคยางที่อยู่กันอย่างหนาแน่นจะลอยตัวขึ้นสู่ข้างบนและชั้นอนาน้ำยางชั้นส่วนนี้ออกจากถังได้ น้ำยางชั้นที่ได้จะมีเนื้อยางแห้ง 60% และมีของแข็งทั้งหมด 62-63%

2.2) คุณภาพของน้ำยาง

สมบัติที่ใช้ในการพิจารณาคุณภาพของน้ำยางชั้น มีดังนี้

- ปริมาณสารของแข็งทั้งหมด (Total Solid Content ; TSC)
- ปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content ; DRC)
- ความเป็นด่าง (Alkalinity)
- จำนวนกรดไขมันระเหยได้ (Volatile Fatty Acid number ; VFA No.)
- จำนวนโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium Hydroxide number ; KOH No.)
- เวลาความคงตัวต่อแรงกล (Mechanical Stability Time)
- ปริมาณตม (Sludge Content)
- ปริมาณยางจับตัว (Coagulum Content)
- ทองแดงและแมงกานีส
- สีของน้ำยาง
- กลิ่นของน้ำยางที่รักษาคุณภาพด้วยแอมโมเนีย

- ความหนืด (Viscosity)
- ขนาดของอนุภาคยาง (Particle Size)
- ความนำไฟฟ้า (Conductivity)
- การเป็นครีมน้ำยางข้น ใช้ประโยชน์ในการทำน้ำยางข้นชนิดครีม
- ความสามารถในการผ่านกรอง (Filterability)

3) สารเคมีสำหรับการทำน้ำยางผสม (Compounded Latex) [7, 9]

สารเคมีที่จำเป็นสำหรับการทำน้ำยางผสมเพื่อใช้ผลิตผลิตภัณฑ์จากน้ำยางมี 3 กลุ่ม ดังนี้

3.1) สารเพิ่มความคงตัวให้น้ำยาง (Stabilizer)

เป็นสารที่เติมลงในน้ำยางเพื่อทำหน้าที่รักษาสภาพความเป็นของเหลวของน้ำยางโดยการช่วยรักษาความเป็นด่าง (Alkalinity) ช่วยให้เติมสารอื่นๆและดำเนินการตามกระบวนการผลิตได้โดยทั่วไปใช้ต่างและสบู่ของกรดไขมัน สารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นด่างที่นิยมใช้ ปริมาณการใช้ อยู่ระหว่าง 0.2 - 0.5 ส่วนต่อเนื้อยาง 100 ส่วน สำหรับสบู่ของกรดไขมันจะช่วยให้น้ำยางมีความคงตัวต่อเครื่องกลดีขึ้น โดยใช้ชนิดที่ประกอบด้วยคาร์บอน 8 - 12 อะตอม เช่น โปแตสเซียมแคปริเลต (Potassium caprylate; $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOK}$) โปแตสเซียมลอเรต (Potassium laurate; $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOK}$) ปริมาณการใช้อยู่ระหว่าง 0.2 - 0.4 ส่วนต่อเนื้อยาง 100 ส่วน

3.2) สารในระบบการคงรูป (Vulcanizing systems) เป็นสารกลุ่มที่ทำให้เกิดปฏิกิริยายางคงรูป ได้แก่

3.2.1) สารทำให้อย่างคงรูป (Vulcanizing agent) เป็นสารที่ทำให้น้ำยางเกิดการคงรูป โดยเกิดการเชื่อมข้ามพันธะเคมีของสารดังกล่าวกับโมเลกุลของยาง สารที่ใช้คือ กำมะถัน ปริมาณการใช้อยู่ระหว่าง 0.3 - 1.5 ส่วนต่อเนื้อยาง 100 ส่วน แปรตามอัตราเร็วที่ต้องการคงรูป โมดูลัสของยางที่ต้องการ และขึ้นกับปริมาณสารอื่นๆที่เติมลงในน้ำยางด้วย

3.2.2) สารเร่งปฏิกิริยายางคงรูป (Accelerator)

เป็นสารที่ช่วยเร่งปฏิกิริยายางคงรูปให้เกิดเร็วขึ้น และช่วยลดปริมาณกำมะถันที่ต้องใช้ในการทำให้อย่างคงรูป สารที่นิยมใช้ได้แก่ กลุ่มไดไทโอคาร์บาเมต เช่น Zinc diethyl dithiocarbamate (ZDEC) ปริมาณการใช้อยู่ระหว่าง 0.3 - 1.5 ส่วนต่อเนื้อยาง 100 ส่วน อาจใช้ ร่วมกับกลุ่ม Thiazole เช่น Zinc 2-mercaptobenzthiazole (ZMBT) เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีโมดูลัสเพิ่มขึ้นและเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น

3.2.3) สารกระตุ้นปฏิกิริยาอย่างคงรูป (Activator)

เป็นสารที่ใส่ลงไปเพื่อช่วยให้สารเร่งปฏิกิริยาอย่างคงรูปทำงานได้ดียิ่งขึ้น สารที่ใช้คือ ซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide) ปริมาณการใช้อยู่ระหว่าง 0.1 - 2.0 ส่วนต่อเนื้อยาง 100 ส่วน

3.3) สารป้องกันการเสื่อมเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Antioxidant)

เป็นสารที่เติมลงในน้ำยางเพื่อทำหน้าที่ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์เป็นการยืดอายุการใช้งาน ปริมาณการใช้ประมาณ 1 ส่วนต่อเนื้อยาง 100 ส่วน แบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ

3.3.1) กลุ่มเอมีนหรืออนุพันธ์ของเอมีน (Amine or Amine derivative) เช่น N, N'- di-2-naphthyl-p-phenylenediamine มีข้อเสียคือทำให้ยางเปลี่ยนสี นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์จากยางแห้งที่ต้องการสีคล้ำ เหมาะในการใช้ผลิตผลิตภัณฑ์จากน้ำยางที่ต้องการสีหรือสีใส

3.3.2) กลุ่มฟินอลหรืออนุพันธ์ของฟินอล (Phenol or phenol derivative) เช่น Permanax WSL (2,4-dimethyl-6-methylcyclohexyl)-p-cresol) Montaclere (a styrenated phenol) Wingstay L (a hindered phenol) นิยมสารในกลุ่มนี้ในการผลิตถุงมืออย่างมากกว่าเนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จะไม่เปลี่ยนสี

4) การเตรียมสารเคมีผสมน้ำยางเพื่อใช้ในกระบวนการผลิต [5, 7]

สารเคมีทุกชนิดที่จะใช้เติมผสมกับน้ำยางก่อนนำไปผลิต จะต้องเตรียมให้อยู่ในรูปของเหลวก่อนเพื่อป้องกันการจับตัวของยาง

4.1) หลักการในการเตรียมสารเคมีผสมน้ำยาง

4.1.1) สารที่ละลายน้ำได้ ให้เตรียมเป็นสารละลาย (Solution)

4.1.2) สารที่เป็นของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ ได้แก่ กำมะถัน ซิงค์ออกไซด์ สารเร่งปฏิกิริยาอย่างคงรูป และสารป้องกันการเสื่อมเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันชนิดที่เป็นของแข็ง ก็จะเตรียมให้เป็นสารกระจายในน้ำ (Dispersion) โดยใช้ Ball-mill, Vibro-mill, Attritor และใช้ตัวช่วยกระจายที่ได้จากการกลั่นสารละลายเกลือโซเดียมของกรดแนฟทาซีน ซัลโฟนิค (Naphthalene sulphonic acids) กับฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde) เช่น Vulcastab LR ในปริมาณเล็กน้อยประมาณ 1-2% โดยน้ำหนักของสารของแข็งที่จะบด มักใช้สารคอลลอยด์ Bentonite clay ร่วมกับตัวช่วยกระจายในปริมาณเล็กน้อยเช่นเดียวกันเพื่อป้องกันการตกตะกอน

4.1.3) สารที่เป็นของเหลวที่ไม่ละลายน้ำ จะถูกเตรียมเป็นอิมัลชัน (Emulsion) โดยการใช้เครื่องปั่นผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันโดยการปั่นด้วยความเร็วสูงมาก และมักใช้ Ammonium หรือ Potassium oleate เป็น Emulsifying agent

4.2) การผสมสารเคมีกับน้ำยาง

ลำดับการเติมสารเคมีผสมกับน้ำยางมีความสำคัญต่อความเสถียรของน้ำยางผสม โดยทั่วไปมีลำดับดังนี้

- 4.2.1) เติมน้ำให้ได้ความเข้มข้นของเนื้อยางตามต้องการ
- 4.2.2) สารเพิ่มความคงตัวให้น้ำยาง (Stabilizer)
- 4.2.3) สารระบบยางคงรูป (Vulcanizing system)
- 4.2.4) สารป้องกันยางเสื่อมเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Antioxidant)
- 4.2.5) เติมสารสี (Pigment) ตามต้องการ

ในการกวนผสมควรใช้ความเร็วต่ำ เพื่อไม่ให้เป็นการลดความคงตัวของน้ำยางและควรใช้ใบพัดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่พอที่จะเคลื่อนพาน้ำยางผสมอย่างทั่วถึง ความเร็วรอบของการกวนควรมีค่าประมาณ 50 - 100 รอบต่อนาทีในระหว่างการเติมสารเคมีต่างๆ และควรมีค่าระหว่าง 20 - 40 รอบต่อนาทีในขณะบ่มน้ำยางผสมสารเคมีแล้ว

ภาชนะที่ใช้ผสมควรเป็นสแตนเลสหรืออีพอกซีเรซินเคลือบหรือกลาสไฟเบอร์เคลือบ ไม่ควรใช้ภาชนะที่ทำจากเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำที่ไม่มีการเคลือบ หรือภาชนะที่ทำจากอะลูมิเนียม เพราะอาจเกิดสนิมและถูกกัดกร่อนได้ง่าย นอกจากนี้ไม่ควรใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตงานน้ำยางที่มีส่วนประกอบของทองแดง ทองเหลือง หรืออัลลอยด์ที่มีส่วนผสมของทองแดง เพราะทองแดงจะละลายอย่างรวดเร็วเมื่อสัมผัสกับแอมโมเนียที่มีอยู่ในน้ำยาง ทำให้สีของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนและเสื่อมสภาพเร็วขึ้น

4.3) การบ่มน้ำยางผสมสารเคมี (Maturation)

การบ่ม หมายถึง การเก็บน้ำยางซึ่งผสมสารเคมีแล้วไว้ช่วงระยะเวลาหนึ่งก่อนการนำไปใช้งาน ระยะเวลาการบ่มจะต่างกันขึ้นกับลักษณะของกระบวนการผลิตและปริมาณการผลิตในขณะการบ่มน้ำยางจะมีกระบวนการหลายอย่างเกิดขึ้นในน้ำยางดังนี้

4.3.1) สารพวก Surface active agents ที่เติมลงไป และที่มีอยู่ตามธรรมชาติในน้ำยางทำให้เกิดการ สมดุลระหว่าง ยาง-น้ำ (Rubber-water interface) และระหว่าง อากาศ-น้ำ (Air-water interface)

4.3.2) ซัลเฟอร์ และสารเร่งปฏิกิริยายางคงรูปบางส่วนใน Aqueous phase เคลื่อนเข้าสู่อนุภาคยาง

4.3.3) ฟองอากาศที่เกิดขณะกวนผสมสารเคมีกับน้ำยางจะเคลื่อนขึ้นสู่ผิวหน้า

4.3.4) น้ำยางเกิดปฏิกิริยาควบแน่นขึ้นบ้าง (Prevulcanization) ทั้งนี้ขึ้นกับสภาพในการบ่ม

ระยะเวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีมีผลต่อประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์แต่การผลิตส่วนใหญ่ควรบ่มน้ำยางผสมสารเคมีไว้อย่างน้อยที่สุด 24 ชั่วโมง

5) กระบวนการผลิตถุงมือยางธรรมชาติ [5, 7, 10]

5.1) กระบวนการจุ่ม เมื่อได้น้ำยางผสมสารเคมีที่ผ่านการบ่มแล้วก็จะเข้าสู่กระบวนการจุ่มเพื่อผลิตถุงมือยางธรรมชาติ ซึ่งมีหลายวิธีดังนี้

5.1.1) การจุ่มโดยตรง (Straight dipping) ทำโดยจุ่มแม่แบบ (Former) ที่แห้งและสะอาดลงในน้ำยางผสมสารเคมี แล้วค่อยๆนำแม่แบบขึ้นมาช้าๆ สำหรับความเร็วของการจุ่มและการยกพิมพ์จากน้ำยางจะขึ้นกับความเร็วของการเคลื่อนที่และมุมที่พิมพ์ลงจุ่มและเคลื่อนออกจากน้ำยาง การเคลื่อนพิมพ์ต้องทำหนึ่งเพื่อให้ได้แผ่นฟิล์มยางที่เรียบ นำไปทำให้แห้งและทำให้ยางสุกต่อไป ถ้าต้องการทำให้ฟิล์มหนาขึ้น จะต้องทำให้ยางชั้นแรกแห้งเพียงบางส่วน แล้วจุ่มแม่แบบลงในน้ำยางผสมสารเคมีอีกครั้งหนึ่ง การจุ่มซ้ำจะจุ่มกี่ครั้งก็ได้จนได้ความหนาของฟิล์มที่ต้องการ

5.1.2) การจุ่มโดยใช้สารช่วยให้ยางจับแม่แบบ (Coagulant dipping) ทำโดยจุ่มแม่แบบที่สะอาดลงในสารละลายของสารช่วยให้ยางจับแม่แบบ ทำให้แห้งหมาดๆ แล้วจึงจุ่มลงในน้ำยางผสมสารเคมี ทิ้งไว้ตามเวลาที่กำหนดแล้วค่อยๆนำแม่แบบขึ้นทำให้ฟิล์มยางแห้งและทำให้ยางสุกต่อไป สารช่วยให้ยางจับแม่แบบที่นิยมใช้คือสารละลายของเกลือแคลเซียม เช่น แคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) แคลเซียมไนเตรต ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) ความหนาของฟิล์มยางขึ้นอยู่กับการจุ่ม ชนิดและความเข้มข้นของสารช่วยให้ยางจับแม่แบบ เวลาในการจุ่มและปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยางผสมสารเคมี

5.1.3) การจุ่มโดยใช้สารช่วยให้ยางไวต่อความร้อน (Heat-sensitive dipping) การจุ่มวิธีนี้ต้องทำให้แม่แบบร้อนประมาณ 50 - 80 องศาเซลเซียส แล้วจึงจุ่มแม่แบบลงในน้ำยางผสมสารเคมีที่เติมสารช่วยให้ยางไวต่อความร้อนแล้ว ทิ้งไว้ช่วงเวลาหนึ่งจึงนำแม่แบบขึ้น แล้วทำให้ฟิล์มยางแห้งและทำให้ยางสุกต่อไป สารช่วยให้ยางไวต่อความร้อนที่นิยมใช้ได้แก่ Polyvinyl methyl ether ความหนาของฟิล์มยางขึ้นกับคุณสมบัติของน้ำยางผสม อุณหภูมิ ความจุความร้อนของแม่แบบ และเวลาในการจุ่ม วิธีนี้เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่มีความหนามาก

5.2) การทำให้ฟิล์มยางแห้งและสุก (Drying and Vulcanizing)

ผลิตภัณฑ์ยางที่ผ่านกระบวนการจุ่มแล้ว จะถูกทำให้แห้งและสุกในตู้อบลมร้อน (Hot-air oven) โดยฟิล์มยางจะถูกทำให้แห้งบางส่วนบนแม่แบบที่อุณหภูมิค่อนข้างต่ำ ประมาณ 80 - 90 องศาเซลเซียส แล้วจึงนำไปอบให้ยางสุกที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันปัญหาการพองหรือเกิดฟองอากาศที่ยางได้

5.3) การม้วนขอบ (Beading)

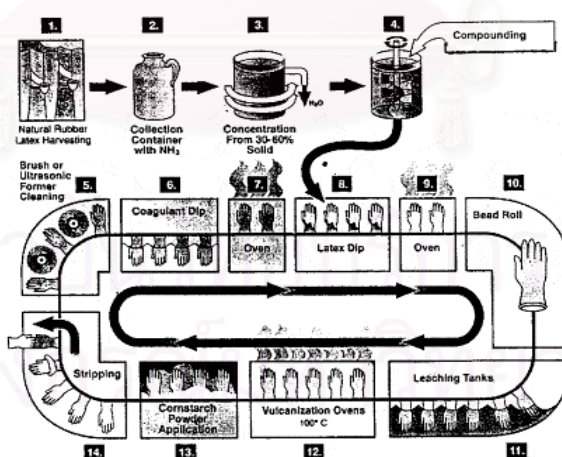
การม้วนขอบทำโดยใช้ลูกกลิ้งที่เป็นแปรงหรือยางที่ไม่แข็งมากนัก หมุนม้วนด้านเปิดของถุงมือขณะที่ยังอยู่บนพิมพ์ การม้วนขอบจะทำให้ขอบที่ยางเพ็ชจับเป็นเจลบนพิมพ์แห้งพอควรและยังไม่คงรูป จะทำให้ได้ขอบที่ม้วนติดกันดีเพราะยางมีความเหนียว

5.4) การถอดผลิตภัณฑ์จากพิมพ์ (Stripping)

ขั้นตอนการถอดผลิตภัณฑ์ออกจากพิมพ์อาจใช้คนและใช้ลมดันหรือน้ำฉีดในการถอดผลิตภัณฑ์ถุงมือออกจากพิมพ์ ในบางครั้งอาจมีการใช้น้ำหรือน้ำแป้งช่วยให้อถอดได้ง่ายขึ้น แต่จะต้องทำการอบแห้งอีกครั้ง

5.5) กระบวนการพิเศษสำหรับการจุ่มน้ำยาง

นอกจากขั้นตอนข้างต้นแล้ว อาจมีกระบวนการอื่น ๆ ซึ่งอาจมีในกระบวนการผลิตหรือแยกจากกระบวนการผลิตขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์ที่จะผลิต กระบวนการดังกล่าว ได้แก่ การล้างด้วยน้ำร้อน (Leaching) การบุด้านในด้วยเส้นใย (Flocking) การคลอรีเนต (Chlorination)



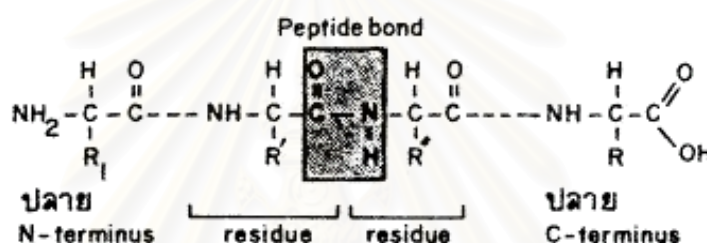
รูปที่ 2.3 กระบวนการผลิตถุงมือยางธรรมชาติ [10]

6) โปรตีน [12]

6.1) โครงสร้างของโปรตีน

โปรตีนเป็นโมเลกุล (Macromolecule) ที่พบมากที่สุดในสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานที่เล็กที่สุดของโปรตีนคือกรดอะมิโน (Amino acid) ชนิดต่างๆเป็นจำนวนมากที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะเปปไทด์ (Peptide bond)

กรดอะมิโนประกอบด้วย หมู่อะมิโน (NH_2) ที่มีค่า pKa ประมาณ 9-10 และหมู่คาร์บอกซิล (COOH) ที่มีค่า pKa ประมาณ 2 ดังนั้นที่ pH เป็นกลาง กรดอะมิโนจะมีส่วนที่เป็นทั้งประจุบวกและประจุลบ ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า ซวิตเตอร์ไอออน (Zwitter ion) ดังนั้นค่าประจุสุทธิของกรดอะมิโนจะขึ้นกับ pH ของสถานะแวดล้อมขณะนั้น สำหรับค่า pH ที่ทำให้กรดอะมิโนมีประจุสุทธิเท่ากับศูนย์ เรียกว่า จุดไอโซอิเล็กตริก (Isoelectric point ; pI)



รูปที่ 2.4 สูตรโครงสร้างของโปรตีนทั่วไป [12]

6.2) คุณสมบัติในการละลาย

โปรตีนชนิดเส้นใย (Fibrous protein) จะมีโครงรูปของสายเปปไทด์ที่เป็นเส้นยาว ไม่ค่อยละลายน้ำ มีความแข็งแรงและยืดหยุ่นสูง สำหรับโปรตีนชนิดก้อนกลม (Globular protein) จะมีโครงรูปของสายเปปไทด์ที่พันกันไปมาและอัดแน่น มักละลายน้ำได้ดี ปัจจัยหลายประการที่มีผลกระทบต่อการละลายของโปรตีน เช่น

- ผลของ pH การละลายของโปรตีนขึ้นกับ pH โดยที่โปรตีนส่วนใหญ่มักจะละลายได้น้อยที่สุดที่ค่า pH เท่ากับ pI (Isoelectric point) คือ pH ที่ประจุสุทธิของกรดอะมิโนมีค่าเท่ากับศูนย์ เนื่องจากประจุบวกและประจุลบของกรดอะมิโนมีปริมาณเท่ากันพอดี ดังนั้นจึงมีแรงผลักดันระหว่างโมเลกุลของโปรตีนน้อยที่สุด โปรตีนจึงรวมตัวกันและตกตะกอน

- สารละลายเกลือที่เป็นกลาง (Neutral salt) โดยเฉพาะเกลือที่มี Divalent ion เช่น $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ หรือ MgCl_2 มีอิทธิพลต่อการละลายของโปรตีนเป็นอย่างมาก ที่ความเข้มข้นต่ำๆของเกลือ (0 - 0.1 M) โปรตีนมักจะละลายน้ำได้ หากเพิ่มความเข้มข้นของเกลือจะช่วยทำให้โปรตีนละลายได้ดีขึ้น ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า Salting-in effect และอธิบายได้ว่าไอออนของเกลือช่วยให้กลุ่มที่แตก

ตัวได้ ในโปรตีนคงสภาพได้ดีขึ้นเพราะไอออนจะเข้าไปล้อมรอบกรดอะมิโนที่มีประจุ และเนื่องจากไอออนมีโมเลกุลของน้ำจับติดอยู่เสมอ จึงทำให้กลุ่มที่มีประจุในโปรตีนจับกับโมเลกุลของน้ำได้มากขึ้นด้วย แต่เมื่อความเข้มข้นของเกลือเพิ่มสูงขึ้น (ประมาณ 0.3 M ขึ้นไป) จะมีแนวโน้มทำให้โปรตีนตกตะกอนซึ่งเรียกว่า Salting-out effect และอธิบายได้ว่าที่ความเข้มข้นของเกลือสูง กลุ่มที่มีประจุในโปรตีนมีไอออนของเกลือล้อมรอบอยู่แล้วยังคงมีไอออนของเกลือในจำนวนเกินความต้องการสำหรับการล้อมรอบ ซึ่งไอออนส่วนนี้จะมีโมเลกุลของน้ำติดตามอยู่เช่นกัน หากเพิ่มความเข้มข้นของเกลืออีกก็จะเพิ่มจำนวนไอออนส่วนเกินซึ่งจะแย่งน้ำจากโปรตีน และทำให้น้ำที่จับอยู่กับโปรตีนน้อยลง โปรตีนจึงตกตะกอน

- ตัวทำละลายอินทรีย์ (Organic solvent) เช่น เอทานอล และอะซิโตน มีแนวโน้มที่จะทำให้โปรตีนตกตะกอนเพราะมีความเป็นโพลาร์น้อยกว่าน้ำ จึงไม่สามารถจับกลุ่มที่มีประจุในโปรตีนได้ดีเท่าน้ำ

- แอนไอออนขนาดใหญ่ (Complex anions) กรดบางชนิด เช่น Trichloroacetic acid หรือ Perchloric acid ทำให้โปรตีนตกตะกอนในสภาวะที่เป็นกรดโปรตีนจะมีประจุสุทธิเป็นบวก ดังนั้นแอนไอออนของกรดที่มีขนาดใหญ่และมีประจุเป็นลบ จะสามารถจับกับโปรตีนด้วยแรงดึงดูดทางไฟฟ้าทำให้โมเลกุลของโปรตีนรวมตัวกันเป็นตะกอน

- แคทไอออนของโลหะหนัก (Heavy metal cations) เช่น Pb^{++} , Hg^{++} , Cu^{++} ในสภาวะที่โปรตีนมีประจุเป็นลบ จะทำให้โปรตีนตกตะกอนเช่นกันเพราะสามารถจับและเชื่อมโยงกับประจุลบของโปรตีน

6.3) การทำปฏิกิริยาระหว่างกรดอะมิโนและโปรตีนกับสารอื่น

คุณสมบัติทางเคมีของโปรตีนหรือเปปไทด์ขึ้นกับปฏิกิริยาต่างๆของแต่ละกลุ่มคือ อัลฟาอะมิโน อัลฟาคาร์บอกซิล แชนงข้างและพันธะเปปไทด์

- กลุ่มอัลฟาอะมิโน เป็นกลุ่มที่สามารถทำปฏิกิริยากับ Ninhydrin ที่ pH 5 ให้สารสีม่วง ซึ่งมีประโยชน์อย่างมากในการตรวจสอบกรดอะมิโนและพันธะเปปไทด์ และยังสามารถทำปฏิกิริยากับ Fluorodinitrobenzene (FDNB) ที่ pH 8 หรือ Dansyl chloride ที่ pH 10 เมื่อทำปฏิกิริยาดังกล่าวแล้วและนำเปปไทด์หรือโปรตีนไปสลายด้วยกรดเกลือให้ได้กรดอะมิโนทั้งหมด จะพบว่ากรดอะมิโนที่ปลาย N-terminus อยู่ในสภาพของอนุพันธ์คือ Dinitrophenyl-amino acid (DNP-aa) ซึ่งมีสี เหลือง หรือ Dansyl-amino acid (DNS-aa) ซึ่งเรืองแสงตามลำดับ ทำให้สามารถนำอนุพันธ์ทั้งสองนี้ไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทางโครมาโตกราฟี เพื่อตรวจสอบว่ากรดอะมิโนตัวใดเป็นกรดอะมิโนเดิมที่อยู่ปลาย N-terminus

- กลุ่มอัลฟาคาร์บอกซิล มีปฏิกิริยาจำเพาะอยู่น้อย เช่น เมื่อนำโปรตีนไปย่อยด้วยเอนไซม์ Carboxypeptidase จะปล่อยกรดอะมิโนออกมาจากปลาย C-terminus ที่ละตัว ซึ่งสามารถนำไปใช้ตรวจสอบว่ากรดอะมิโนตัวใดอยู่ที่ C-terminus
- แขนงข้าง แขนงข้างของกรดอะมิโนบางชนิดจะมีปฏิกิริยาจำเพาะ เช่น กรดอะมิโนซิสทีน (Cystine) ในสภาพที่มีพันธะไดซัลไฟด์ สามารถถูกรีดิวซ์ด้วยสารประเภท Thiol (R-SH) กลายเป็นซิสเตอีน (Cysteine) หรือถูกออกซิไดซ์ด้วย Performic acid กลายเป็น Cysteic acid
- พันธะเปปไทด์ มีปฏิกิริยาอยู่สองชนิด ชนิดแรกพันธะเปปไทด์ของโปรตีนจะทำปฏิกิริยากับ สารละลาย CuSO_4 ในต่างได้ Coordination complex สีน้ำเงินม่วงระหว่างไอออนของทองแดง (Cu^{++}) กับอิเล็กตรอนคู่โดด (Lone pair electron) ของไนโตรเจนในพันธะเปปไทด์ และอิเล็กตรอนคู่โดดของน้ำ ปฏิกิริยานี้เรียกว่า Biuret reaction เพราะว่า Biuret ($\text{NH}_2\text{-CO-NH-CO-NH}_2$) และสารที่คล้ายเปปไทด์สามารถทำปฏิกิริยานี้ได้ ปฏิกิริยานี้มีความสำคัญมากในการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนในสารละลาย ซึ่งกระทำได้โดยอาจใช้ปฏิกิริยานี้เพียงอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับการเกิด Complex ระหว่าง Phosphotungstic acid และ Phosphomolybdic acid กับ Aromatic group ในโปรตีนให้สีน้ำเงินเข้มตามวิธี Modified Lowry

7) โปรตีนในน้ำยางธรรมชาติและผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติ [10]

7.1) โปรตีนในน้ำยางสด

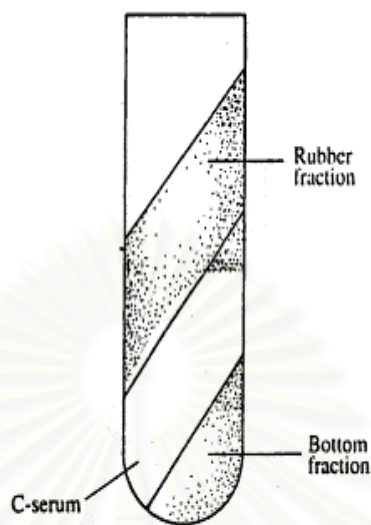
เมื่อแยกส่วนของน้ำยางสดโดยใช้แรงเหวี่ยง 200,000 รอบต่อวินาที ($59,000 \times g$) น้ำยางสดจะถูกแบ่งเป็น 3 ส่วน (รูปที่ 2.5) คือ

7.1.1) ส่วนของเนื้อยาง (Rubber fraction) โปรตีนในส่วนนี้จะอยู่ที่ผิวรอบๆอนุภาคยาง เป็นโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำเป็นส่วนใหญ่ แต่มีโปรตีนที่ละลายน้ำได้อยู่บ้างประมาณ 1 มิลลิกรัมต่อกรัมยางแห้ง โดยมีโปรตีนหลัก 2 ชนิด คือ ชนิดที่มีน้ำหนักโมเลกุล 14 และ 24 kD (Dalton ; D หรือ amu มีค่า 1.66053×10^{-24} กรัม) ซึ่งคาดว่าโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุล 14 kD อาจเป็นโปรตีนหลักที่เป็นสาเหตุของอาการแพ้

7.1.2) ส่วนของซีรัม บี (B-serum ; Bottom fraction) ส่วนใหญ่เป็นโปรตีนที่ละลายน้ำได้ โปรตีนที่ตรวจพบมีน้ำหนักโมเลกุล 14 20 25 30 และ 35 kD และพบว่าโปรตีนในซีรัม บี มีผลตอบสนองในการทดลอง antigen-antibody ในหนูทดลองจึงตั้งสมมติฐานได้ว่า โปรตีนในซีรัม บี ซึ่งมาจากส่วนลวทอยต์ในน้ำยางอาจเป็นโปรตีนที่เป็นสาเหตุของอาการแพ้

7.1.3) ส่วนของซีรัม ซี (C-serum) โปรตีนที่พบมีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่น้อยกว่า 5 kD ถึง 100 kD ส่วนใหญ่เป็นโปรตีนที่ละลายน้ำได้

โดยในส่วนของเนื้อยางมีโปรตีนประมาณ 27% ส่วนของซีรัม บี ประมาณ 25% และในส่วนของซีรัม ซี (C-serum) ประมาณ 48%



รูปที่ 2.5 น้ำยางหลังจากผ่านการปั่นแยก [10]

7.2) โปรตีนในน้ำยางข้น

น้ำยางข้นเป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์จากน้ำยางชนิดต่างๆ ทำจากน้ำยางสดซึ่งมีปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content; DRC) ประมาณ 35 - 40% โดยน้ำหนัก ให้เป็นน้ำยางที่มีปริมาณเนื้อยางแห้งอย่างน้อย 60% โดยน้ำหนัก เพื่อความสะดวกในการขนส่งและนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ วิธีการใช้เครื่องปั่นแยกเป็นวิธีทำน้ำยางข้นที่นิยมใช้มากที่สุดเนื่องจากเป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยากและค่าใช้จ่ายไม่สูง ในระหว่างการปั่นแยกนี้โปรตีนบางส่วนจะถูกชะล้างออกไปจนมีปริมาณโปรตีนเหลืออยู่ 1% หรือประมาณ 16 - 20 มิลลิกรัมต่อกรัมยางแห้ง โดยโปรตีนในส่วนของเนื้อยางยังคงเป็นชนิดเดิมแต่มีปริมาณลดลง สำหรับส่วนของซีรัม โปรตีนที่พบมีน้อยชนิดกว่าและปริมาณน้อยกว่าในน้ำยางสด เนื่องจากการหลุดไปอยู่ในส่วนของหางน้ำยาง และส่วนตกในระหว่างการปั่นน้ำยางสดเป็นน้ำยางข้น

7.3) โปรตีนในน้ำยางผสมสารเคมี

การผลิตผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง จะมีการเติมสารเคมีที่จำเป็นลงในน้ำยาง เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำยางให้เหมาะสมในการผลิต เมื่อได้น้ำยางผสมสารเคมี (Compounded latex) มักจะมีการบ่มน้ำยาง (Maturation) ก่อนการผลิตเพื่อให้สารเคมีกระจายตัวในน้ำยางได้ดีและเริ่มเกิดปฏิกิริยาเมื่อนำแผ่นฟิล์มยางจากน้ำยางผสมสารเคมีที่ผ่านการบ่มแล้วมาตรวจวัดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้พบว่ามีความสูงขึ้นถึง 1 มิลลิกรัมต่อกรัมยางแห้ง เนื่องจากอาจมีสารเคมีบางตัวสามารถละลายโปรตีนได้มากขึ้น

7.4) โพรตีนในผลิตภัณฑ์ถุงมือยางธรรมชาติ

ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ขึ้นกับปัจจัยหลายประการ เช่น น้ำยางชั้นซึ่งเป็นวัตถุดิบในการผลิตสูตรน้ำยางผสมสารเคมี ขั้นตอนการผลิต และเงื่อนไขการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี เนื่องจากพบว่าแผ่นฟิล์มที่ได้จากน้ำยางผสมสารเคมีที่ผ่านการบ่มมีปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้เพิ่มสูงขึ้น

7.5) โพรตีนในผลิตภัณฑ์อื่นจากยางธรรมชาติ

ผลิตภัณฑ์จากน้ำยางอีกชนิดที่สัมผัสกับผู้ใช้โดยตรงได้แก่ ถุงยางอนามัย แต่รายงานการแพ้โปรตีนในผลิตภัณฑ์ชนิดนี้มีน้อยมากจนแทบไม่มีเลย เนื่องจากปริมาณโปรตีนที่ตรวจพบอยู่ในระดับต่ำกว่า 50 ไมโครกรัมต่อกรัมถุงยางอนามัย

สำหรับยางดิบและผลิตภัณฑ์จากยางแห้ง ปริมาณโปรตีนที่ตรวจพบอยู่ในระดับต่ำกว่า 30 ไมโครกรัมต่อกรัมยางแห้ง โดยปฏิกิริยาตอบสนองต่ออาการแพ้มีน้อยมากจนถึงไม่มีปฏิกิริยาตอบสนองเลย อาจสรุปได้ว่า

- ยางแห้งได้จากการทำให้น้ำยางจับตัว ซึ่งแยกเอาส่วนของซีรัมออกไปได้มาก ดังนั้นโปรตีนที่เหลืออยู่จะเป็นโปรตีนที่ติดกับอนุภาคยางซึ่งส่วนใหญ่เป็นโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำ

- ในกระบวนการแปรรูป จะผ่านการล้างสิ่งสกปรกตลอดกระบวนการก่อนการอบแห้ง โปรตีนที่ละลายน้ำได้ก็จะถูกชะล้างออกไปได้อีกบางส่วน

- ชิ้นงานผลิตภัณฑ์ยางแห้งมีความหนาเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง ดังนั้นการเคลื่อนย้ายโปรตีนจากผิวหนังในมาสู่ผิวหนังนอกจะเป็นไปได้ช้ามากหรือหากมีสารกลุ่มขี้ผึ้ง (Wax) หรือน้ำมันรวมอยู่ด้วย สารเหล่านี้จะเคลือบผิวผลิตภัณฑ์ไว้ทำให้โปรตีนไม่ถูกสกัดออกมา ปริมาณโปรตีนที่ตรวจพบจึงอยู่ในระดับต่ำมาก ซึ่งจะมีผลกระทบต่อผู้ใช้น้อยมาก

8) โพรตีนกับอาการแพ้ [11]

การแพ้ยางเป็นที่รู้จักในวงการแพทย์มากกว่า 60 ปีแล้ว โดยที่ลักษณะการแพ้เป็นแบบผิวหนังอักเสบบริเวณที่สัมผัสยาง ซึ่งอาจเป็นถุงมือยาง รองเท้าแตะยาง ถุงยางอนามัย จากการทดสอบภูมิแพ้ทางผิวหนังพบว่าเกิดจากการแพ้สารที่ใช้ในกระบวนการผลิตยาง ได้แก่สารที่ใช้เป็นตัวเร่ง (Accelerator) และสารป้องกันออกซิเดชัน (Antioxidation) เช่นสาร Thiuams , Mercaptobenzothiazoles, Carbamate การแพ้ลักษณะนี้ไม่เป็นอันตรายอะไร เมื่อหยุดสัมผัสผิวหนังจะหายไป

ต่อมาเมื่อปี พ.ศ. 2522 มีรายงานการแพ้โปรตีนในยางเป็นรายแรกโดยเป็นการแพ้แบบเฉียบพลัน ลักษณะเป็นลมพิษ โดยที่ไม่มีการแพ้สารที่ใช้ในกระบวนการผลิตยางอย่างที่เคยทราบกัน ตั้งแต่นั้นมาแพ้นานาชาติก็ให้ความสำคัญต่อการแพ้สารชนิดนี้ ในช่วง 10 ปี หลังจากนั้นการรายงานการแพ้โปรตีนจากยางธรรมชาติเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วโดยมีรายงานมากกว่า 600 รายที่เกิดจากการแพ้แบบเฉียบพลันและรุนแรงโดยที่ในจำนวนนี้มี 16 ราย มีอาการแพ้ถึงแก่ชีวิตด้วย จนกระทั่ง วันที่ 29 มีนาคม 2534 องค์การอาหารและยาของประเทศสหรัฐอเมริกาได้ประกาศ “Medical Alert” เตือนแพทย์ทั่วไปเกี่ยวกับการตรวจหรือรักษาผู้ป่วยที่มีอาการแพ้อย่างเฉียบพลัน โดยผู้ป่วยอาจมีอาการตั้งแต่ผื่นลมพิษทางผิวหนังจนถึงมีอาการทางระบบภายในถึงแก่ชีวิต ซึ่งยางเป็นส่วนประกอบของเครื่องมือแพทย์ ตั้งแต่ถุงมือยาง ถุงมือตรวจโรค ท่อช่วยหายใจ สายยางสวน หน้ากากดมยา เครื่องมือทำฟัน

ในประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาเรื่องนี้อย่างจริงจังและยังไม่มีรายงานอาการแพ้ถุงมืออย่างรุนแรง ในผู้ป่วยบางรายซึ่งมีประวัติการแพ้ถุงมือยาง แต่เมื่อนำมาทดสอบทางผิวหนังไม่พบว่า แพ้อาจเป็นเพราะเทคนิคการสกัดสารจากถุงมือยางไม่ดีพอและยังไม่มีมีการเจาะเลือดหาสารในยางที่ทำให้เกิดการแพ้ แต่การแพ้แบบผิวหนังอักเสบจากถุงมือยาง รองเท้ายาง พบได้บ่อยโดยการทดสอบโดยวิธีแพ็ทช์เทส (Patch test)

จากการสำรวจประชากรทั่วไปในประเทศสหรัฐอเมริกาและฟินแลนด์พบว่า 1-2% ของประชากรมีอาการแพ้ยาง โดยผู้ที่มีโอกาสแพ้ยางได้สูงได้แก่

1. บุคลากรทางการแพทย์ มีจำนวน 4-11 % ของประชากร ขึ้นอยู่กับความบ่อยในการใช้ถุงมือยาง โดยเฉพาะศัลยแพทย์และพยาบาลห้องผ่าตัด ยิ่งในปัจจุบันการใช้ถุงมือเพื่อป้องกันการติดเชื้อเอดส์ อัตราการแพ้จึงสูงขึ้น
2. ผู้ที่มีอาชีพที่ต้องสัมผัสกับยางทุกวัน เช่น ผู้ที่ทำงานในโรงงานทำถุงมือยาง , ทำเครื่องมือแพทย์จากยาง
3. ผู้ป่วยที่มีความผิดปกติทางระบบประสาทแต่กำเนิดที่มีการใส่สายสวนทางเดินปัสสาวะบ่อยๆทำให้โอกาสสัมผัสกับยาง การสัมผัสทางเนื้อเยื่อ เช่น เยื่อบุทางเดินอาหารทวารหนัก จะเพิ่มอัตราการแพ้มากขึ้น
4. ผู้ป่วยที่ได้รับการสวนสายเอ็กซเรย์ทางเดินอาหาร (Barium enema) ด้วยสายยางที่มีปลายเป็นยาง

สำหรับอาการของผู้ที่แพ้ยาง อาจมีอาการแสบ คัน บวมแบบลมพิษ น้ำมูก น้ำตาไหล หรือในรายที่เป็นมานานๆ จะเกิดผื่นแบบผิวหนังอักเสบ ในรายที่แพ้มากจะมีอาการทางระบบภายในร่วมด้วย คือ อาการแน่นหน้าอก หายใจไม่ออก ปวดท้อง ท้องเสีย หอบ หืด หรือถึงแก่ความตายได้

การพิสูจน์การแพ้แบบผิวหนังอักเสบ จะทดสอบขั้นต้นให้ทำการทดสอบโดยการใส่ (Use test) ก่อนโดยการใส่ถุงมือติดออกเฉพาะนิ้วซูปน้ำแล้วสวมไว้เฉพาะนิ้ว 15 นาที ถอดออกแล้วอ่านผล ถ้าไม่เกิดอาการให้ใส่ทั้งมือ 15 นาที ถ้าไม่เกิดอาการจึงทำการทดสอบโดยวิธีสก็ดโดยใช้ถุงมือของผู้ป่วยและสารมาตรฐาน

การป้องกันการแพ้ยางโดยการหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับยางเป็นสิ่งที่เป็นไปได้ยากโดยเฉพาะบุคลากรทางการแพทย์ ถ้ารู้ว่าแพ้ถุงมืออย่างไรให้ใช้ถุงมือที่ทำจากยางสังเคราะห์ เช่น Neoprene glove หรือ Vinyl glove หรือใส่ถุงมือผ้าไว้ก่อนใส่ถุงมือยาง ในรายผู้ที่ไม่ใช่บุคลากรทางการแพทย์แล้วมีอาการแพ้ถุงมือยางในต่างประเทศ แนะนำให้ซื้อถุงมือชนิดที่ไม่ใช่ยางติดตัวให้แพทย์หรือทันตแพทย์ใช้เวลาไปรับบริการตรวจและมีสร้อยคอบอกไว้ว่า “ NATURAL LATEX ALLERGY ”

ในต่างประเทศก่อนที่ผู้ป่วยจะได้รับการผ่าตัด แพทย์ดมยาจะต้องถามประวัติการแพ้ยางเสมอโดยอาจจะถามถึงประวัติการเป่าลูกโป่งตอนเด็กๆ หรือถ้าเป็นผู้ชายถามประวัติการใช้ถุงยางอนามัยเป็นต้น

ในปัจจุบันปัญหานี้ยังไม่มีรายงานในประเทศไทยแต่เป็นสิ่งที่ไม่ควรประมาทเพราะเกิดอันตรายถึงชีวิตได้



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

FARIDAH YUSOF AND H.Y. YEANG (1992) [17] ศึกษาขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ในการวิเคราะห์โปรตีนที่ละลายน้ำได้จากชิ้นส่วนถุงมือยางธรรมชาติโดยการตกตะกอนด้วยกรดไตรคลอโรอะซิติก (Trichloroacetic acid; TCA) หรือ กรดฟอสฟอรัส (Phosphotungstic acid; PTA) จะไม่สามารถตกตะกอนโปรตีนได้สมบูรณ์ แต่การใช้กรดทั้งสองชนิดร่วมกันจะทำให้เกิดการตกตะกอนโปรตีนที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น การเพิ่มความเข้มข้นแก่โปรตีนในสารละลายที่ได้จากการสกัดชิ้นส่วนของถุงมือยางธรรมชาตินั้นทำโดยการละลายตะกอนโปรตีนอีกครั้งในตัวทำละลายปริมาณเล็กน้อยจะเป็นการเพิ่มความไวต่อการตรวจสอบโปรตีนด้วย ในแต่ละขั้นตอนของการหาปริมาณโปรตีนได้แก่ การชะล้าง การตกตะกอน การเพิ่มความเข้มข้นและการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนสามารถแสดงผลในเชิงตัวเลข

E.SUNDERASAN AND H.Y. YEANG (1993) [18] ศึกษาแหล่งกำเนิดของโปรตีนที่ทำให้ผู้ใช้ผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติเกิดอาการแพ้ น้ำยางจากต้นยาง (Hevea Brasiliensis) ซึ่งแม้จะผ่านการปั่นเพื่อทำเป็นน้ำยางข้นแล้วนำไปใช้เป็นวัตถุดิบผลิตถุงมือยางธรรมชาติแล้ว ก็ยังมีปริมาณโปรตีนเหลืออยู่ จะทดสอบอาการแพ้โปรตีนกับ Antibody ของกระต่าย โดยใช้โปรตีนจากซีรัมบี ซีรัมซี และอนุภาคยาง พบว่าอาการแพ้รุนแรงที่สุดเกิดเมื่อทดสอบด้วยโปรตีนจากซีรัมบีจากลูทอยด์ซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญ

H.HASMA AND M.Y. AMIR-HASHIM (1997) [19] พบว่า โปรตีนหลัก 2 ชนิดในน้ำยางสด คือ โปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุล 14 kD และ 24 kD โดยในส่วนของซีรัมมีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 14 kD ค่า pI (Isoelectric point) อยู่ในช่วง pH 3.5 ถึง 4.6 และ 7.0 ถึง 9.5 ตามลำดับ ในกระบวนการแปรรูปน้ำยางเป็นผลิตภัณฑ์จะมีผลทำให้องค์ประกอบของโปรตีนเหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลงในซีรัมมากกว่าอนุภาคยาง น้ำยางที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียปริมาณสูงเป็นเวลามากกว่า 3 เดือน แล้วทำการเติมสารเคมีที่จำเป็นในการผลิตถุงมือยางธรรมชาติ จะทำให้ได้ปริมาณโปรตีนที่มีค่า pI อยู่ในช่วง pH 4.6 ถึง 6.0 และ 7.0 ถึง 9.5 และน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่า 14 kD

ESAH YIP, T.PALOSUO, H.ALENIUS AND K.TURJANMAA (1997) [20] รายงานถึงสาเหตุของอาการแพ้อย่างเฉียบพลัน (Type I Allergy) ในผู้ใช้ผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติ ว่า คือโปรตีนที่อยู่ในน้ำยางธรรมชาติ งานวิจัยนี้ทำการตรวจสอบปริมาณโปรตีนจากถุงมือยางธรรมชาติ 46 ตัวอย่าง โดยใช้วิธี RRIM Modified Lowry (EP_{RRIM}) และทดสอบอาการแพ้โดยวิธี IgE-ELISA-inhibition ปริมาณโปรตีนที่ตรวจพบมีค่าน้อยกว่า 20 ไมโครกรัมต่อกรัมถุงมือ ถึง 1290 ไมโครกรัมต่อกรัมถุงมือ และระดับอาการแพ้มีค่าน้อยกว่า 1 อนุภาคต่อมิลลิลิตร ถึง

570 เอยต์ต่อมิลลิลิตร ปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ในผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติมีความสัมพันธ์กับระดับอาการแพ้ โดยเมื่อปริมาณโปรตีนที่ละลายได้มีค่าสูงอาการแพ้จะอยู่ในระดับสูงด้วย และเมื่อปริมาณโปรตีนที่ละลายได้มีค่าต่ำอาการแพ้จะอยู่ในระดับต่ำ

A.H.ENG, S.KODAMA AND H.KAWASAKI (1987) [21] รายงานว่า สามารถลดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำจากฟิล์มยางธรรมชาติลงได้โดยการผ่านคลื่นอุลตราโซนิคในขั้นตอนการล้าง (Leaching) อัตราการลดปริมาณโปรตีนในฟิล์มยางพรีวัลคาไนซ์มีค่าสูงกว่าฟิล์มยางโพลีวัลคาไนซ์ เนื่องจากฟิล์มยางพรีวัลคาไนซ์มีพื้นที่ผิวที่มากกว่า โดยการผ่านคลื่นอุลตราโซนิคในขั้นตอนการล้างจะไม่มีผลกระทบต่อค่าความต้านทานต่อแรงดึง (Tensile strength) ของฟิล์มยาง

พงศธร คุศกุล (2536) [13] ศึกษาวิธีการผลิตยางโปรตีนต่ำจากน้ำยางสด 4 พันธุ์ คือ RRIM 600, PB28/59, PB5/51 และพันธุ์ GT1 พบว่าการใช้เอนไซม์ปาเปน 0.3 phr ใช้ถังกวนขนาด 50 ลิตร ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส กวนที่ค่าดัชนีความปั่นป่วนในการกวนในช่วง 50-55 และใช้ไอน้ำในการทำให้ยางจับตัว จะสามารถลดไนโตรเจนในยางได้ประมาณ 82-90% ขึ้นกับพันธุ์ยาง โดยใช้เวลา 50 นาที ยางที่ได้มีปริมาณโปรตีนลดลง และมีค่าเถ้า ความชื้น ความหนืดดัชนีดี ต่ำโดยไม่มีผลกระทบต่ออาการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุลของยาง ในการศึกษาลักษณะการสุกของยาง พบว่ายางโปรตีนต่ำที่มีความหนืดคงที่จะเพิ่มเวลายางเริ่มคงรูป และมีอัตราการสุกช้ากว่ายางที่ไม่สกัดโปรตีนที่ค่าความหนืดคงที่ ในด้านสมบัติการคงรูปยางโปรตีนต่ำที่ได้มีค่าความหนืดคงที่ มีค่าแรงดึงยางจนขาด แรงฉีก และเปอร์เซ็นต์การยืดตัวสูง แต่ความแข็งและโมดูลัสที่ 300% ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับยางที่ไม่ได้สกัดโปรตีนที่มีความหนืดคงที่

สุพะไชย์ จินดาวุฒิกุล (2540) [14] ศึกษาผลของการขยายผิวถุงมือยางต่อการชะละลายโปรตีน ตัวแปรที่ศึกษา คือ อุณหภูมิของน้ำล้างที่ 30 50 และ 70 องศาเซลเซียส ความถี่ของการขยายผิวถุงมือที่ 30 40 และ 50 ครั้งต่อนาที และความเป็นต่างของน้ำล้าง พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำล้างสูงขึ้นโดยการปรับอุณหภูมิของน้ำในถังล้างถุงมือยาง โปรตีนจากผิวถุงมือยางจะถูกชะล้างออกมาได้มากขึ้น สารละลายต่างสามารถชะล้างโปรตีนได้ดีกว่าน้ำกลั่นและการขยายผิวถุงมือยางจะส่งเสริมการชะล้างโปรตีนออกมาได้มากยิ่งขึ้น ลักษณะการชะล้างแสดงความสัมพันธ์ในรูปแบบเอกซ์โพเนนเชียลกับเวลา ดังนี้

$$c(t) = c_T (1 - e^{-\beta t})$$

เมื่อ $c(t)$ คือ ปริมาณโปรตีนที่ถูกชะล้างออกที่เวลาใดๆ (ไมโครกรัม)

c_T คือ ปริมาณโปรตีนทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (ไมโครกรัม)

β คือ ค่าคงที่

$e^{-\beta t}$ คือ ระยะเวลาที่ชะล้างโปรตีน (นาที)

ชโนวิทท์ ตู้บรรเทิง (2541) [15] ศึกษาผลของการใช้สารละลายในการชะละลายโปรตีนจากถุงมือยางธรรมชาติ ได้แก่ KOH, HCl, H₂SO₄, SDS, CTAB, TERIC (NP₁₀) พบว่า SDS สามารถลดปริมาณโปรตีนได้มากที่สุดถึง 98.7% จากปริมาณโปรตีนเริ่มต้น (1,575 ไมโครกรัมต่อกรัมยาง) และผลการศึกษาความดันในภาวะที่มีการกวนขณะชะละลาย พบว่าเมื่อเพิ่มความดันเป็น 40 บาร์ สามารถลดปริมาณโปรตีนได้ถึง 1.6 เท่าของการชะละลายภายใต้ความดันบรรยากาศ

เอกอร ควชะกุล (2542) [16] ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการคลอรีนตุงมือยางทางการแพทย์ที่ได้คุณภาพตามข้อกำหนดของ มอก. 538-2540 (ตุงมือยางปราศจากเชื้อสำหรับการศัลยกรรมชนิดครั้งเดียว) มอก. 1056-2540 (ตุงมือยางสำหรับการตรวจโรคชนิดใช้ครั้งเดียว) ASTM D3577-99 (ตุงมือยางสำหรับการศัลยกรรม) ASTM D 3578-99 (ตุงมือยางสำหรับการตรวจโรค) พบว่าภาวะที่เหมาะสมในการคลอรีนตุงมือยาง คือ อายุการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี 6-7 วัน ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนร้อยละ 0.07 โดยมวล และเวลาคลอรีนชัน 10 นาที นอกจากนี้ยังทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนและปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จะมีค่าต่ำและไม่แน่นอน แต่เมื่อนำน้ำยางชั้นมาผสมสารเคมีแล้วบ่มทิ้งไว้ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จะเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มสูงขึ้นตามอายุการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีที่เพิ่มขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3 วิธีดำเนินการทดลอง

อุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ขั้นตอนและวิธีดำเนินการทดลอง มีดังนี้

1) อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

- 1.1) เครื่องปฏิกรณ์เป็นภาชนะพลาสติกทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร สูง 25 เซนติเมตร ประกอบด้วยมอเตอร์และใบพัดในการกวนผสม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร
- 1.2) ตู้อบลมร้อน (Hot-air oven)
- 1.3) เครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่า (Shaking water bath) รุ่น GFL 1092
- 1.4) เครื่องปั่นความเร็วสูง (High speed centrifuge) รุ่น Jouan MR 18 22
- 1.5) เครื่องผสมแบบน้ำวน (Vortex mixer)
- 1.6) เครื่องวิเคราะห์การดูดกลืนแสง (UV-spectrophotometer) รุ่น SHIMADZU UV-160 A
- 1.7) เครื่องมือทดสอบการดึงยาง (Tensile tester) รุ่น LLOYD : MODEL LR5K

2) สารเคมีและสารอื่นที่ใช้ในการทดลอง

- 2.1) น้ำยางชั้นชนิดรักษาสภาพด้วยปริมาณแอมโมเนียสูง (High ammonia ; HA)
- 2.2) สารเคมีที่ใช้ในเตรียมน้ำยางผสมสารเคมีสำหรับการผลิตยางมือยางธรรมชาติ

ชื่อบริษัทผลิต

KOH Nippon Soda Co.,Ltd.

ZDEC Flexsys Co.,Ltd.

SDBC Tavarat Co.,Ltd.

Sulphur Loxley Public Co.,Ltd.

Wingstay L Goodyear Co.,Ltd.

ZnO

Univenture Public Co.,Ltd.

2.3) สารเคมีที่ช่วยให้น้ำยางจับตัว

ชื่อบริษัทผลิต

Ca(NO₃)₂

Zturn Co.,Ltd.

Teric 16A16

Zturn Co.,Ltd.

CaCO₃

A.K. Thai Co.,Ltd.

2.4) สารเคมีที่ใช้ในการทดสอบการคงรูปของน้ำยางผสมสารเคมี

ชื่อบริษัทผลิต

Chloroform

Lab-Scan Co.,Ltd.

Toluene

Lab-Scan Co.,Ltd.

2.5) สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้

Trichloroacetic acid (TCA) solution 35% (w/v)

Dodeca-tungsto phosphoric acid (PTA) solution 1.6% (w/v)

Sodium hydroxide (NaOH) solution 0.2 M

Tri-sodium citrate dihydrate solution 3% (w/v)

Anhydrous sodium carbonate (Na₂CO₃) solution 6% (w/v) : Reagent A

Copper sulphate pentahydrate solution 1.5% (w/v) : Reagent B

Folin Ciocalteu's phenol reagent : Reagent D

Sodium deoxycholate (DOC) solution 0.15 % (w/v)

3) การดำเนินการทดลอง

3.1) การเตรียมตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้

3.1.1) เตรียมน้ำยางชั้นผสมสารเคมี

3.1.1.1) เตรียมน้ำยางชั้นและสารเคมี อัตราส่วนของปริมาณน้ำยางชั้นและสารเคมีที่ใช้เป็นไปตามสูตรต่างๆ (ตารางที่ 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13)

3.1.1.2) ปั่นน้ำยางชั้นโดยใช้ความเร็วรอบมอเตอร์ 20 รอบต่อนาที เพื่อให้ได้แอมโมเนียเป็นเวลา 15 นาที

3.1.1.3) เติมสารเคมีชนิดต่างๆ ตามลำดับ (ดูบทที่ 2 หัวข้อ 4.2)

3.1.1.4) ปั่นน้ำยางชั้นและสารเคมีให้เข้ากันเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

3.1.1.5) กรองน้ำยางผสมสารเคมีด้วยกรวยกรองสเตนเลส เพื่อกรองน้ำยางผสมสารเคมีบางส่วนที่อาจจับตัวเป็น Coagulum ทิ้งไป

3.1.1.6) หาค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid Content ; %TSC) จากน้ำยางผสมสารเคมี

3.1.2) การหาปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid Content ; %TSC)

3.1.2.1) ชั่งน้ำหนักจานแก้ว (Petridish) บันทึกน้ำหนัก (A)

3.1.2.2) เทน้ำยางผสมสารเคมีที่เตรียมได้ 2.00 + 0.05 กรัม บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน (w)

3.1.2.3) นำไปอบที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง หลังจากผ่านการอบทิ้งให้เย็นโดยนำไปใส่โหลแก้วดูดความชื้น (Desiccator) แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก (B)

3.1.2.4) คำนวณ %TSC โดย

$$\% \text{ TSC} = \frac{B - A}{w} \times 100$$

น้ำยางที่ผสมสารเคมีแล้ว ควรมี %TSC 32-35 เพื่อให้น้ำยางผสมสารเคมียังคงเป็น Pseudoplastic และมีความหนืดที่เหมาะสมสำหรับการผลิตถุงมือยางธรรมชาติ

3.1.3) นำน้ำยางผสมสารเคมีที่ได้ไปบ่มทิ้งไว้ที่เวลา 1 2 3 4 และ 7 วัน

3.1.4) การผลิตแผ่นฟิล์มยางจากน้ำยางผสมสารเคมีตามระยะเวลาการบ่ม

เทน้ำยางผสมสารเคมีลงในเพลทพลาสติก ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร (เนื่องจากโปรตีนจะไม่มีแรงยึดกับผิวพลาสติกดังเช่นผิวแก้ว ซึ่งอาจทำให้ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำคลาดเคลื่อน) ทิ้งให้แห้งหมาดเป็นเวลา 1 วัน ลอกแผ่นฟิล์มยางแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

สำหรับปริมาณน้ำยางผสมสารเคมีที่ใช้คำนวณเทียบจากปริมาณของแข็งในน้ำยางผสมสารเคมีในแต่ละสูตร เพื่อให้ได้แผ่นฟิล์มยางที่มีน้ำหนักประมาณ 1.5 กรัม

$$\text{น้ำหนักน้ำยางผสมสารเคมีที่ใช้} = \frac{1.5}{\% \text{ TSC}} \times 100$$

3.1.5) วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้โดยวิธี Modified Lowry Method (ภาคผนวก ก)

3.1.6) วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนโดยวิธี Semi-micro kjeldahl (ภาคผนวก ข)

3.2) การเตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบคุณสมบัติทางกล (ความต้านทานต่อแรงดึงและความยืดเมื่อขาด)

3.2.1) เตรียมน้ำยางผสมสารเคมี อัตราส่วนของปริมาณน้ำยางข้นและสารเคมีที่ใช้ตามสูตรต่างๆ เช่นเดียวกับหัวข้อ 3.1.1

3.2.2) ตรวจสอบของสภาพการคงรูป เพื่อวัดระดับการคงรูปของน้ำยางผสมสารเคมีก่อนนำไปผลิตขึ้นตัวอย่าง โดยน้ำยางผสมสารเคมีที่เหมาะสมสำหรับการผลิตถุงมือยางธรรมชาติ ควรมีระดับของสภาพการคงรูป 2^+ - 3 และมีค่าร้อยละการบวม 80-100

3.2.2.1) ทดสอบด้วยคลอโรฟอร์ม มีขั้นตอนดังนี้

- 1) นำน้ำยางผสมสารเคมีผสมกับคลอโรฟอร์ม (ใช้อัตราส่วนโดยปริมาตร 1 : 1) ปริมาตรที่ใช้ประมาณ 5 มิลลิลิตร
- 2) ใช้แท่งแก้วกวนน้ำยางผสมสารเคมีและคลอโรฟอร์มให้เข้ากัน
- 3) ดูลักษณะยางที่ได้

วัดผลเป็น ระดับ 1-4 ตามลักษณะของยาง

ระดับ 1 : ยางยังไม่คงรูป มีลักษณะจับตัวเป็นก้อนนิ่มๆเหนียวและยืดได้

ระดับ 2 : ยางเริ่มคงรูปเล็กน้อย มีลักษณะเริ่มจับตัวเป็นก้อนเมื่อตั้งจะยืดน้อยกว่า ระดับ 1

ระดับ 2.5 : ยางคงรูปมากขึ้น มีลักษณะจับตัวเป็นก้อนเมื่อตั้งจะขาดทันที

ระดับ 3-3.5 : ยางคงรูปเพิ่มมากขึ้น มีลักษณะเริ่มจับตัวกันเป็นเม็ดเล็กๆ

ระดับ 4 : ยางคงรูปเพิ่มมากขึ้น มีลักษณะจับตัวเป็นเม็ดเล็กๆและร่วน

3.2.2.2) ทดสอบการบวมของยาง

- 1) จุ่มกระดาษแข็งรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 3 x 6 เซนติเมตร ลงในสารเคมีที่ช่วยให้น้ำยางจับตัว (Coagulant) เป็นเวลา 2 วินาที
- 2) ทิ้งกระดาษให้แห้งหมด ประมาณ 15 นาที แล้วจึงตัดเป็นวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.30 เซนติเมตร (d_0) ด้วยเครื่องตัดตัวอย่าง
- 3) นำชิ้นตัวอย่างไปแช่ในโหลอื่นเป็นเวลา 30 นาที แล้ววัดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นตัวอย่างหลังผ่านการแช่โหลอื่น (d_1)
- 4) คำนวณหาร้อยละการบวม

$$\text{ร้อยละการบวม} = \frac{d_1 - d_0}{d_0} \times 100$$

เมื่อ d_1 คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นตัวอย่างที่ผ่านการแช่โทลูอีนเป็นเวลา 30 นาที

d_0 คือ เส้นผ่านศูนย์กลางเริ่มต้นของชิ้นตัวอย่าง คือ 1.30 เซนติเมตร

3.2.3) การเตรียมสารเคมีช่วยให้น้ำยางจับตัวกับแม่แบบ ตามสูตรดังนี้

	ปริมาณ (กรัม)
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	8
Teric 16A16	1
CaCO_3	5
น้ำกลั่น (ในปริมาณที่รวมแล้วเป็น)	100

3.2.4) การผลิตตัวอย่างสำหรับหาคุณสมบัติทางกล (ความต้านทานต่อแรงดึงและความยืดเมื่อขาด)

3.2.3.1) ทำความสะอาดหลอดแก้วขนาด 100 มิลลิลิตร อบหลอดแก้วให้แห้งและร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

3.2.3.2) จุ่มหลอดแก้วในสารช่วยให้น้ำยางจับตัว ประมาณ 2 วินาที

3.2.3.3) ทิ้งให้ชั้นฟิล์มของสารช่วยให้น้ำยางจับตัวแห้ง จุ่มหลอดแก้วลงในน้ำยางผสมสารเคมีเป็นเวลา 15 วินาที แล้วจึงนำไปล้างด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที

3.2.3.4) อบให้แผ่นฟิล์มยางคงรูปที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

3.2.3.5) ถอดชิ้นตัวอย่างออกจากหลอดแก้ว

3.2.5) วิเคราะห์หาค่าความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) ความเค้นดึงที่ระยะความยืดร้อยละ 300 และ 500 ความยืดเมื่อขาด (Elongation at break) โดยใช้เครื่องมือทดสอบการดึงยาง (Tensile tester) ที่สภาวะก่อนบ่มแรง และหลังบ่มแรงที่ อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของสารเคมีต่อปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถูงมืออย่างธรรมชาติ โดยมีตัวแปรที่สนใจศึกษา คือ

1) ชนิดของสารเคมี ได้แก่

- Potassium hydroxide (KOH) : สารเพิ่มความคงตัวให้น้ำยาง
- Zinc diethyldithiocarbamate (ZDEC) : สารเร่งปฏิกิริยาอย่างคงรูป
- Sodium dibutyldithiocarbamate (SDBC) : สารเร่งปฏิกิริยาอย่างคงรูป
- Wingstay L : สารป้องกันยางเสื่อมเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน

2) ระยะเวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี ระยะเวลาที่ทำการศึกษาได้แก่ 1 2 3 4 และ 7 วัน

ผลการทดลองที่ได้จากการทำวิจัย มีดังนี้

1) ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากน้ำยางชั้นและถูงมืออย่างธรรมชาติ

1.1) ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากน้ำยางชั้นที่นำมาใช้ในการทดลองมีค่าเฉลี่ย 115.98 ไมโครกรัม/กรัมยางแห้ง

ครั้งที่	ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ (ไมโครกรัม/กรัมยางแห้ง)
1	179.98
2	113.98
3	195.84
4	117.27
5	91.30
6	55.24
7	59.21
8	139.67
9	91.37
เฉลี่ย	115.98

ตารางที่ 4.1 ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากน้ำยางชั้น

1.2) ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากถุงมือยางธรรมชาติ

น้ำยางผสมสารเคมีสูตรที่ 14 เป็นสูตรน้ำยางผสมสารเคมีสำหรับผลิตถุงมือยางธรรมชาติ มีส่วนประกอบ (น้ำหนักเปียก) ได้แก่

น้ำยางข้น	167.0	กรัม
น้ำ	110.5	กรัม
10%KOH	2.0	กรัม
50% Wingstay L	1.2	กรัม
50% ZDEC	1.4	กรัม
40% SDBC	0.3	กรัม
50% Sulphur	1.3	กรัม
50% ZnO	2.0	กรัม

แผ่นฟิล์มยางจากน้ำยางผสมสารเคมีสูตรที่ 14 ที่ผ่านการล้างทั้ง 3 แบบ คือ Wet gel leaching (เป็นการล้างหลังขั้นตอนการจุ่มแล้วจึงอบให้ยางคงรูป) Dry film leaching (เป็นการล้างหลังจากอบให้ยางคงรูปแล้ว) และ Wet gel ร่วมกับ Dry film leaching (เป็นการล้างทั้งก่อนและหลังการอบให้ยางคงรูปแล้ว) แสดงผลของปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ ดังตารางที่ 4.2

รูปแบบการล้าง	ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ (ไมโครกรัม/กรัมยางแห้ง)			ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ที่ลดลง (%)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	
No leaching	1117.29	875.51	996.40	0
Wet gel leaching	824.01	784.16	804.09	19
Dry film leaching	115.24	56.70	85.97	91
Wet gel + Dry film leaching	80.23	55.62	67.92	93

ตารางที่ 4.2 ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากน้ำยางข้นจากน้ำยางผสมสารเคมีสูตรที่ 14 ทั้งที่ไม่ผ่านและผ่านการล้างแบบต่างๆ

จากตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากแผ่นฟิล์มยางน้ำยางผสมสารเคมีที่ไม่ผ่านการล้างมีค่า 996.40 ไมโครกรัม/กรัมยางแห้ง เพิ่มขึ้นจากปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากน้ำยางข้นซึ่งมีค่าเฉลี่ย 115.98 ไมโครกรัม/กรัมยางแห้ง (มีความแปรปรวน 48.95) ถึง 759 %

สำหรับแผ่นฟิล์มยางที่ผ่านการล้างจะมีปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ลดลง โดยปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากแผ่นฟิล์มยางที่ผ่านการล้างแบบ Wet gel จะลดปริมาณโปรตีนลงได้ 19% เมื่อทำการล้างแผ่นฟิล์มยางแบบ Dry film ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำจะลดลงได้ 91% ซึ่งมากกว่าการล้างแบบ Wet gel เนื่องจากหลังผ่านการล้างแบบ Wet gel ต้องนำแผ่นฟิล์มยางนั้นไปอบให้คงรูป โดยการให้ความร้อนแก่แผ่นฟิล์มยางอาจทำให้โปรตีนในแผ่นฟิล์มเคลื่อนมาสู่ผิวจึงวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้น ต่างจากการล้างแบบ Dry film ซึ่งทำการล้างหลังการอบให้ยางคงรูปแล้ว และการล้างแผ่นฟิล์มยางแบบ Wet gel ร่วมกับ Dry film จะสามารถลดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำลงได้มากที่สุดถึง 93%

จากงานวิจัยของ เอกอร คุชชะกุล (2542) [16] เรื่อง ภาวะที่เหมาะสมในการคลอริเนตถุงมือยาง แสดงผลของปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากน้ำยางข้นและน้ำยางผสมสารเคมีดังตารางที่ 4.3

อายุการป้อน น้ำยางผสม สารเคมี (วัน)	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	โปรตีนที่ ละลายน้ำได้ (ไมโครกรัม/ กรัมยาง)	ความแตกต่าง จาก ปริมาณ โปรตีนใน น้ำยางชั้น (%)	โปรตีนที่ ละลายน้ำได้ (ไมโครกรัม/ กรัมยาง)	ความแตกต่าง จาก ปริมาณ โปรตีนใน น้ำยางชั้น (%)	โปรตีนที่ ละลายน้ำได้ (ไมโครกรัม/ กรัมยาง)	ความแตกต่าง จาก ปริมาณ โปรตีนใน น้ำยางชั้น (%)
1	210.13	176	294.10	656	252.18	634
2	338.61	345	462.55	1090	318.23	826
3	149.31	96	357.97	821	370.83	979
4	233.63	207	348.06	795	407.12	1084
5	356.96	369	424.14	991	454.37	1222
6	387.28	409	474.66	1121	523.21	1422
7	429.60	465	418.39	976	592.6	1624
8	738.47	871	540.47	1290	673.61	1859
น้ำยางชั้น	76.03	0	38.88	0	34.38	0

ตารางที่ 4.3 ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากน้ำยางชั้นและน้ำยางผสมสารเคมี [16]

จากตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากน้ำยางชั้นซึ่งมีค่า 34.38-76.03 ไมโครกรัม/กรัมยางแห้ง โดยมีความแปรปรวนเป็น 22.86 สำหรับปริมาณโปรตีนในน้ำยางผสมสารเคมีมีค่าเพิ่มขึ้นจากปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในน้ำยางชั้นถึง 176%-871% , 656%-1290% , 634%-1859% ในการทดลองครั้งที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ

จากตารางที่ 4.2 และ 4.3 ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากน้ำยางผสมสารเคมีมีค่าเพิ่มขึ้นจากปริมาณในน้ำยางชั้น ซึ่งปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากน้ำยางชั้นต่างแหล่งกันจะมีค่าต่างกันด้วย ดังนั้นสารเคมีที่เติมลงไปในน้ำยางชั้นตามสูตรการผลิตถุงมือยางมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ โดยเมื่อระยะเวลาป้อนน้ำยางผสมสารเคมีเพิ่มขึ้น ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น

ชินวิฑ์กั ด้บุรเรทง (2541) [15] สรุปรวมปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ที่ลดลงได้จากถุงมือยางที่ผ่านขั้นตอนการล้างแบบต่างๆ ดังตารางที่ 4.4

รูปแบบการล้าง	ปริมาณโปรตีนที่ ละลาย น้ำได้ (ไมโครกรัม/กรัม ยาง)	ปริมาณโปรตีนที่ ละลายน้ำ ได้ที่ลดลง(%)
No leaching	402	0.0
Wet gel leaching	299	25.6
Dry film leaching	192	52.2
Wet gel + Dry film leaching	123	69.4

ตารางที่ 4.4 ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำที่ลดลงจากถุงมือยางที่ผ่านการล้างแบบต่างๆ [15]

จากตารางที่ 4.4 พบว่า ถุงมือยางที่ผ่านการล้างแบบ Wet gel Dry film และ Wet gel ร่วมกับ Dry film มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้นตามลำดับ ขึ้นกับรูปแบบการล้าง โดยสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ ซึ่งแสดงผลดังตารางที่ 4.2

2) สมบัติทางกล (ความต้านทานต่อแรงดึงและความยืดเมื่อขาด)

สภาวะ	ค่าจากการทดลอง (สูตรที่ 14)		เกณฑ์มาตรฐาน มอก.1056-2540	
	Tensile strength (MPa)	Elongation at break (%)	Tensile strength (MPa)	Elongation at break (%)
ก่อนบ่มเร่งที่ 100 ^o C, 22 ชม.	25.77	1065	21	700
หลังบ่มเร่งที่ 100 ^o C, 22 ชม.	24.27	1049	16	500

ตารางที่ 4.5 สมบัติความต้านทานต่อแรงดึงและความยืดเมื่อขาดของแผ่นฟิล์มยางสูตรที่ 14

จากตารางที่ 4.5 เมื่อเปรียบเทียบสมบัติความต้านทานต่อแรงดึงและความยืดเมื่อขาดของแผ่นฟิล์มยางสูตรที่ 14 กับมาตรฐานสินค้าอุตสาหกรรม (มอก.) 1056-2540 พบว่ามีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ดังนั้นจึงใช้แผ่นฟิล์มยางจากน้ำยางผสมสารเคมีสูตรที่ 14 เป็นตัวแทนถุงมือยางธรรมชาติ

3) ปริมาณไนโตรเจนในน้ำยางผสมสารเคมี

จากตารางที่ 4.6 พบว่าปริมาณไนโตรเจนซึ่งเป็นค่าหนึ่งที่ยังบอกถึงปริมาณโปรตีนทั้งหมดในยางอย่างคร่าวๆ (ปริมาณไนโตรเจนในยางส่วนใหญ่มาจากโมเลกุลโปรตีน และปริมาณโปรตีนมีค่าเป็น 6.25 เท่าของปริมาณไนโตรเจน [4]) มีค่าค่อนข้างคงที่ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่ามีปริมาณโปรตีนในน้ำยางอยู่ที่ระดับหนึ่ง แต่จากการไฮโดรไลซิสของโปรตีนที่ระยะเวลาแตกต่างกัน จึงตรวจพบค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ต่างๆ กัน

ระยะเวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี (วัน)	ปริมาณไนโตรเจน (% โดยน้ำหนัก)	ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ (ไมโครกรัม/กรัมยางแห้ง)
1	0.26	974.07
2	0.25	1108.07
3	0.25	1072.72
4	0.25	1222.21
7	0.24	1612.28

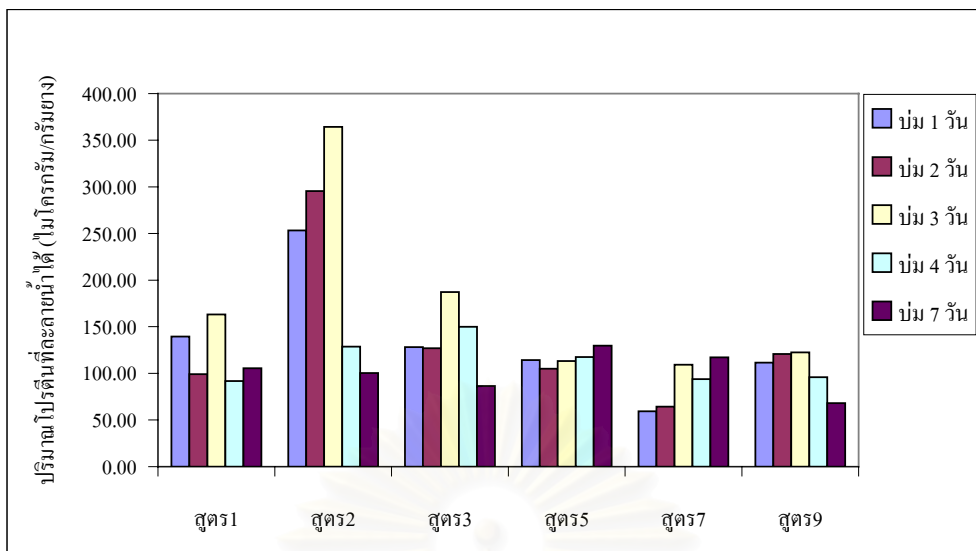
ตารางที่ 4.6 ปริมาณไนโตรเจนจากน้ำยางผสมสารเคมีสูตรที่ 14

4) ผลของระยะเวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี

4.1) ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ สำหรับสูตรน้ำยางผสมสารเคมีที่มีการเติมสารเคมีแต่ละชนิด ได้แก่ สูตรที่ 1, 2, 3, 5, 7 และ 9 ดังตารางที่ 4.7

สาร	น้ำหนักเปียก (กรัม)					
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 5	สูตร 7	สูตร 9
น้ำยางข้น	167.0	167.0	167.0	167.0	167.0	167.0
น้ำ	155.0	155.0	155.0	155.0	155.0	155.0
10% KOH	-	2.0	-	-	-	-
50% Wingstay L	-	-	1.2	-	-	-
50% ZDEC	-	-	-	1.4	-	-
40% SDBC	-	-	-	-	0.3	-
50% Sulphur	-	-	-	-	-	1.3
50% ZnO	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 4.7 สูตรน้ำยางผสมสารเคมีที่แต่ละสูตรเติมสารเคมีแต่ละชนิด



รูปที่ 4.1 ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากสูตรน้ำยาล้างผสมสารเคมีที่เติมสารเคมีแต่ละชนิด

จากรูปที่ 4.1 พบว่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากแผ่นฟิล์มยาสสูตรที่ 2 ซึ่งเติมโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ ที่มีฤทธิ์เป็นเบส มีค่า 100.34-364.25 ไมโครกรัม/กรัมแห้ง อยู่ในระดับที่สูงกว่าสูตรอื่นๆค่อนข้างชัดเจน แต่ยังคงอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าแผ่นฟิล์มยาสสูตรที่ 14 ซึ่งเติมสารเคมีครบทุกชนิด ดังนั้นสารเคมีแต่ละชนิดจึงไม่น่าแสดงผลโดยตรงต่อปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้สำหรับระยะเวลาในการบ่มน้ำยาล้างผสมสารเคมียังแสดงแนวโน้มไม่ชัดเจน

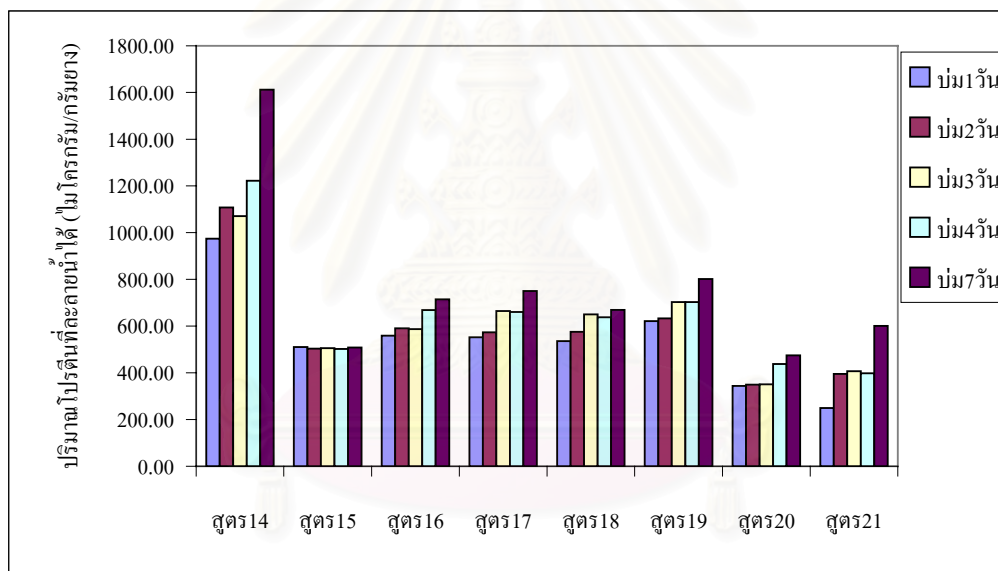
4.2) ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ สำหรับทุกสูตรน้ำยาล้างผสมสารเคมีที่เติมซัลเฟอร์และซิงค์ออกไซด์ ได้แก่ สูตรที่ 14-21x ดังตารางที่ 4.8 และ 4.9

เนื่องจากน้ำยาล้างผสมสารเคมีที่ใช้ในการผลิตถุงมือยางธรรมชาติมีซัลเฟอร์และซิงค์ออกไซด์ ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาทางคงรูปและสารกระตุ้นปฏิกิริยาทางคงรูปตามลำดับ ดังนั้นสูตรน้ำยาล้างผสมสารเคมีที่ทำการศึกษาต่อไปจะเติมซัลเฟอร์และซิงค์ออกไซด์ ด้วยทุกสูตร โดยใช้ร่วมกับสารเคมีชนิดอื่นๆได้แก่ ZDEC SDBC Wingstay L และ KOH

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

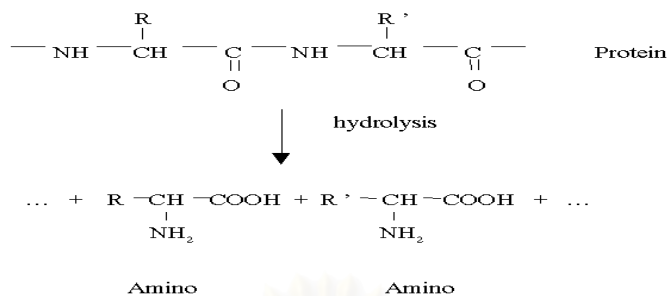
สาร	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	น้ำหนักเปียก (กรัม)							
		สูตร14	สูตร15	สูตร16	สูตร17	สูตร18	สูตร19	สูตร20	สูตร21
น้ำยางข้น	100.00	167.0	167.0	167.0	167.0	167.0	167.0	167.0	167.0
น้ำ	-	110.5	110.8	111.7	112.0	112.2	111.9	113.1	113.4
10%KOH	0.20	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
50% WingstayL	0.60	1.2	1.2	-	-	1.2	1.2	-	-
50% ZDEC	0.70	1.4	1.4	1.4	1.4	-	-	-	-
40% SDBC	0.12	0.3	-	0.3	-	-	0.3	0.3	-
50% Sulphur	0.65	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
50% ZnO	1.00	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

ตารางที่ 4.8 สูตรน้ำยางผสมสารเคมีที่ 14-21



รูปที่ 4.2 ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากน้ำยางผสมสารเคมีสูตรที่ 14-21

จากรูปที่ 4.2 พบว่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีเพิ่มขึ้น อธิบายได้ว่าโมเลกุลของโปรตีนเกิดจากกรดอะมิโนเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเปปไทด์ เมื่อเกิดการไฮโดรไลซิสจะได้กรดอะมิโนหรือโมเลกุลของโปรตีนที่มีขนาดเล็กลง ดังรูปที่ 4.3 เมื่อระยะเวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีเพิ่มขึ้นจึงเป็นการเพิ่มเวลาในการเกิดไฮโดรไลซิส ดังนั้นจึงวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น



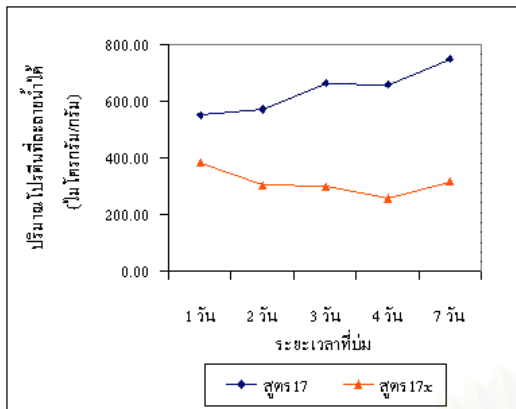
รูปที่ 4.3 การไฮโดรไลซิสของโปรตีน

สำหรับสูตรน้ำยางผสมสารเคมีที่ 14x-21x (ตารางที่ 4.9) ซึ่งไม่เติมโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ ผลของระยะเวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีต่อปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ ไม่แสดงแนวโน้มที่ชัดเจน อธิบายได้ว่าเมื่อระยะเวลาในการบ่มน้ำยางผสมสารเคมีที่เพิ่มขึ้น น้ำยางผสมสารเคมีจะจับตัวเป็นก้อน (Coagulum) เพราะเสียความคงตัว เนื่องจากไม่มีการเติมโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ซึ่งเป็นสารที่เพิ่มความคงตัวแก่น้ำยางให้อยู่ในสถานะของเหลว ปริมาณโปรตีนบางส่วนอาจอยู่ใน Coagulum ดังนั้นปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำที่วิเคราะห์ได้จากแผ่นฟิล์มยางที่ได้จึงไม่ใช่ ตัวแทนของปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากน้ำยางผสมสารเคมีนั้นๆ

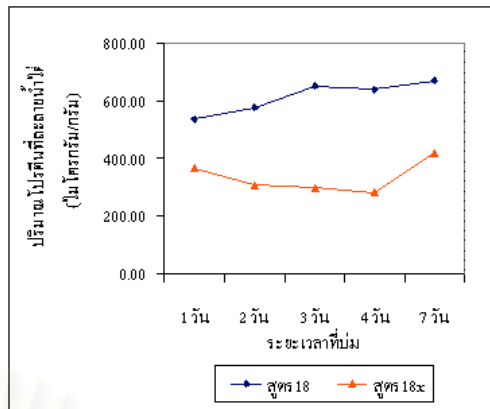
สาร	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	น้ำหนักเปียก (กรัม)							
		สูตร14x	สูตร15x	สูตร16x	สูตร17x	สูตร18x	สูตร19x	สูตร20x	สูตร21x
น้ำยางข้น	100.00	167.0	167.0	167.0	167.0	167.0	167.0	167.0	167.0
น้ำ	-	112.5	112.8	113.7	114.0	114.2	113.9	115.1	115.4
10%KOH	0.20	-	-	-	-	-	-	-	-
50% WingstayL	0.60	1.2	1.2	-	-	1.2	1.2	-	-
50% ZDEC	0.70	1.4	1.4	1.4	1.4	-	-	-	-
40% SDBC	0.12	0.3	-	0.3	-	-	0.3	0.3	-
50% Sulphur	0.65	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
50% ZnO	1.00	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

ตารางที่ 4.9 สูตรน้ำยางผสมสารเคมีที่ 14x-21x

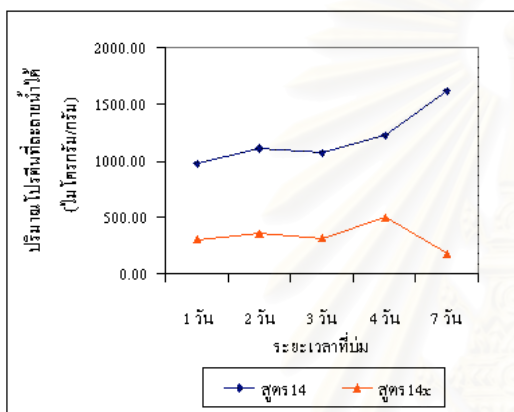
อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้สำหรับน้ำยางผสมสารเคมีที่ไม่เติมโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ ได้แก่ สูตรที่ 14x, 15x, 17x และ 18x พบว่ามีค่าต่ำกว่าน้ำยางผสมสารเคมีที่เติมโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งได้แก่ 14, 15, 17 และ 18 ดังรูปที่ 4.4 สอดคล้องกับปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในสูตรที่ 2 (รูปที่ 4.1)



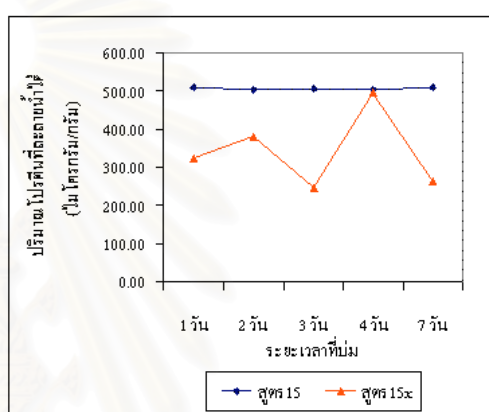
(ค)



(ง)



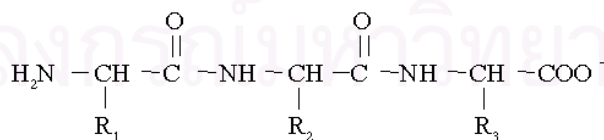
(ก)



(ข)

รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้สำหรับน้ำยางผสมสารเคมีที่เต็มและไม่เต็มโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (ก) สูตรน้ำยางผสมสารเคมีที่ 14 และ 14x (ข) สูตรน้ำยางผสมสารเคมีที่ 15 และ 15x (ค) สูตรน้ำยางผสมสารเคมีที่ 17 และ 17x (ง) สูตรน้ำยางผสมสารเคมีที่ 18 และ 18x

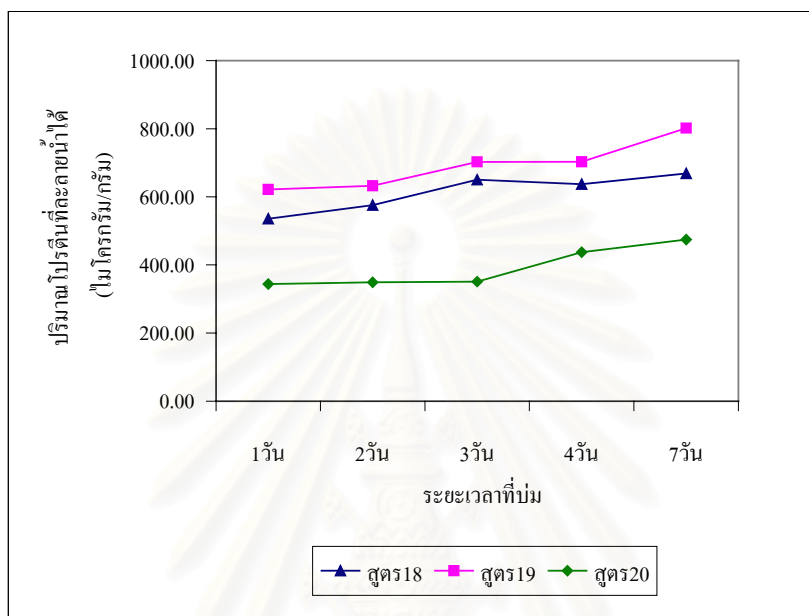
อธิบายได้ว่า เมื่อโปรตีนอยู่ในภาวะที่มีค่า pH สูง Carboxyl group ในโมเลกุลของโปรตีนจะอยู่ในรูป Carboxyl group ionized ดังรูปที่ 4.5 ทำให้เกิดการผลักกันระหว่างโมเลกุลของโปรตีน โปรตีนจึงละลายออกมาได้มากขึ้น



รูปที่ 4.5 โมเลกุลของโปรตีนเมื่ออยู่ในภาวะที่มีค่า pH สูง

5) ผลของชนิดสารเคมี

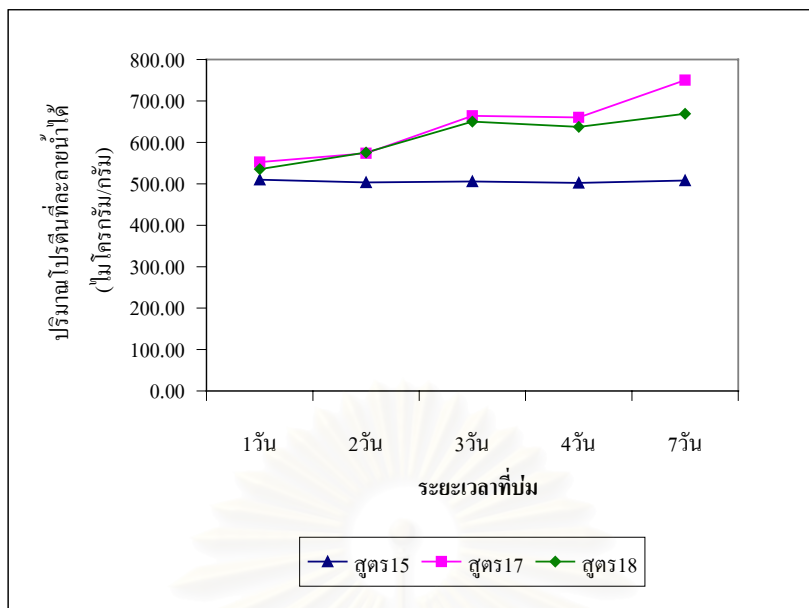
เมื่อพิจารณาสูตรน้ำยาล้างผสมสารเคมีที่ 18, 19 และ 20 ซึ่งเป็นสูตรที่มีการเติม KOH, Sulphur และ ZnO ด้วยทุกสูตร เป็นการเปรียบเทียบระหว่าง สูตรที่เติม Wingstay L (สูตรที่ 18), สูตรที่เติม Wingsaty L ร่วมกับ SDBC (สูตรที่ 19) และสูตรที่เติม SDBC (สูตรที่ 20)



รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้สำหรับสูตรน้ำยาล้างผสมสารเคมีที่ 18, 19 และ 20

จากรูปที่ 4.6 พบว่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากสูตรน้ำยาล้างผสมสารเคมีที่เติม Wingstay L หรือ SDBC เพียงชนิดเดียว มีปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในระดับที่ต่ำกว่าเมื่อน้ำยาล้างผสมสารเคมีนั้นเติม Wingstay L ร่วมกับ SDBC ดังนั้น Wingstay L กับ SDBC อาจแสดงผลร่วมกันต่อปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้

เมื่อพิจารณาสูตรน้ำยาล้างผสมสารเคมีที่ 15, 17 และ 18 ซึ่งเป็นสูตรที่มีการเติม KOH, Sulphur และ ZnO ด้วยทุกสูตร เป็นการเปรียบเทียบระหว่าง สูตรที่เติม Wingstay L ร่วมกับ ZDEC (สูตรที่ 15), สูตรที่เติม ZDEC (สูตรที่ 17) และสูตรที่เติม Wingstay L (สูตรที่ 18)

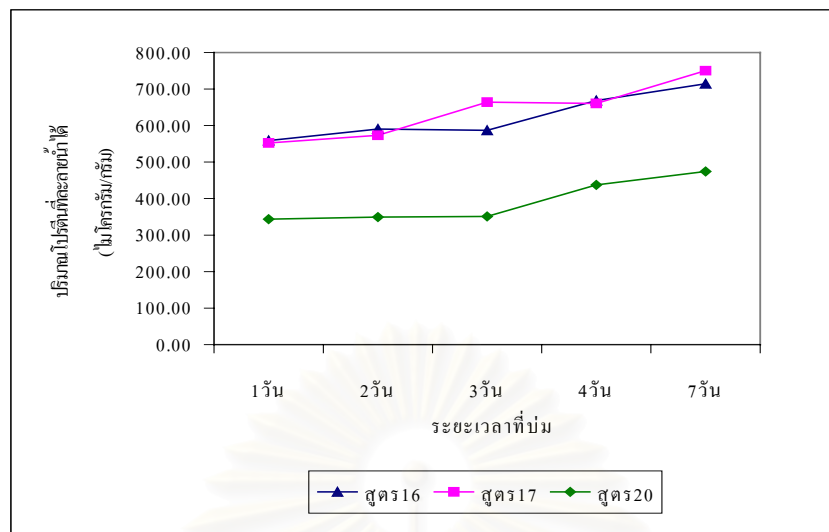


รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้สำหรับสูตรน้ำยางผสมสารเคมีที่ 15, 17 และ 18

จากรูปที่ 4.7 พบว่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากสูตรน้ำยางผสมสารเคมีที่เติม Wingstay L ร่วมกับ ZDEC มีปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในระดับที่ต่ำกว่าเมื่อน้ำยางผสมสารเคมีนั้นเติม Wingstay L หรือ ZDEC เพียงชนิดเดียว ดังนั้น Wingstay L กับ ZDEC ไม่แสดงผลร่วมกันต่อปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้

เมื่อพิจารณาสูตรน้ำยางผสมสารเคมีที่ 16, 17 และ 20 ซึ่งเป็นสูตรที่มีการเติม KOH, Sulphur และ ZnO ด้วยทุกสูตร เป็นการเปรียบเทียบระหว่าง สูตรที่เติม ZDEC ร่วมกับ SDBC (สูตรที่ 16), สูตรที่เติม ZDEC ร่วมกับ SDBC (สูตรที่ 16), สูตรที่เติม ZDEC (สูตรที่ 17) และสูตรที่เติม SDBC (สูตรที่ 20)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ระหว่างสูตรน้ำยางผสมสารเคมีที่ 16, 17 และ 20

จากรูปที่ 4.8 พบว่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากสูตรน้ำยางผสมสารเคมีที่เติม ZDEC ร่วมกับ SDBC (สูตรที่ 16) มีปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในระดับที่ใกล้เคียงกับน้ำยางผสมสารเคมีที่เติม ZDEC (สูตรที่ 17) แต่มากกว่าน้ำยางผสมสารเคมีที่เติม SDBC (สูตรที่ 20) ดังนั้น ZDEC อาจแสดงผลร่วมกับ SDBC ต่อปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้

อย่างไรก็ตามผลการทดลองจากน้ำยางผสมสารเคมีสูตรที่ 14-21x ไม่สามารถพิจารณาได้ ชัดเจนว่าสารเคมีชนิดใดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีน ดังนั้นจะทำการเพิ่มปริมาณสารเคมีที่ทำการศึกษาเป็น 2 และ 3 เท่า

5.1) ซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต (ZDEC)

สำหรับสูตรน้ำยาล้างผสมสารเคมีที่ทำการศึกษา ดังตารางที่ 4.10

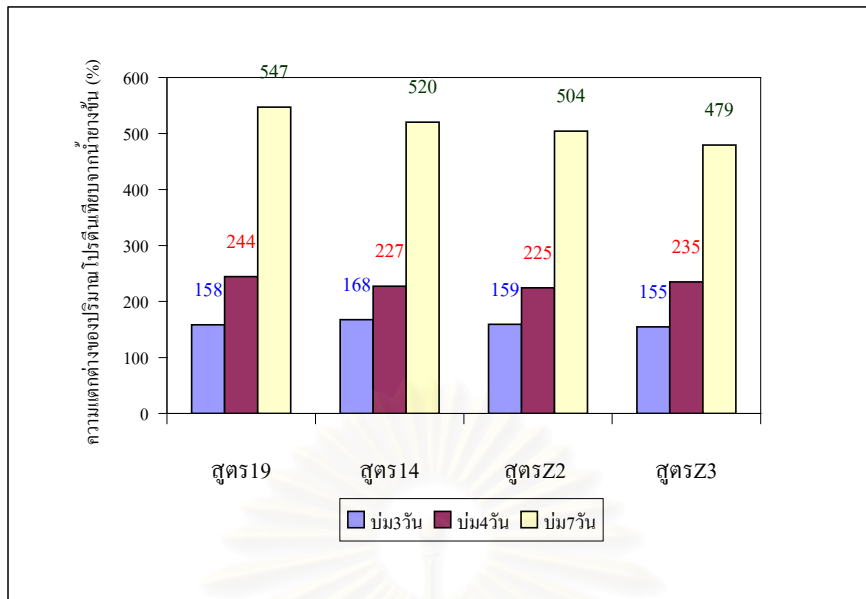
สาร	น้ำหนักเปียก (กรัม)			
	สูตร 19	สูตร 14	สูตร Z2	สูตร Z3
น้ำยาล้างขั้น	167.0	167.0	167.0	167.0
น้ำ	111.9	110.5	109.1	107.7
10% KOH	2.0	2.0	2.0	2.0
50% Wingstay L	1.2	1.2	1.2	1.2
50% ZDEC	-	1.4	2.8	4.2
40% SDBC	0.3	0.3	0.3	0.3
50% Sulphur	1.3	1.3	1.3	1.3
50% ZnO	2.0	2.0	2.0	2.0

ตารางที่ 4.10 สูตรน้ำยาล้างผสมสารเคมีซึ่งเติม ZDEC ปริมาณต่างๆกัน

จากการทดลองแม้จะเป็นน้ำยาล้างขั้นแหล่งเดียวกันแต่เมื่อวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในแต่ละครั้งพบว่ามีค่าแตกต่างกันโดยมีความแปรปรวน 48.95 ดังนั้นในการเปรียบเทียบผลของสารเคมีแต่ละชนิดจึงทำการเปรียบเทียบจากค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากน้ำยาล้างผสมสารเคมีนั้นๆ เทียบจากน้ำยาล้างขั้น

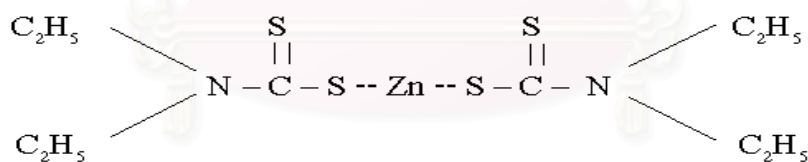
จากผลการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณ ZDEC เป็น 2 และ 3 เท่า เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากน้ำยาล้างขั้นในแต่ละสูตรยังคงมีค่าใกล้เคียงกัน ดังรูปที่ 4.9 ดังนั้น ZDEC ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.9 ความแตกต่างของปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้เทียบจากน้ำยางชั้น (%) สำหรับน้ำยางผสมสารเคมีซึ่งเติม ZDEC ปริมาณต่างๆกัน

อธิบายได้ว่า ZDEC เป็น Zinc salt accelerator ที่เป็น Water insoluble accelerator (สารเร่งที่ไม่ละลายน้ำ) รูปที่ 4.10 สูตรโครงสร้างของ ZDEC ประกอบด้วยกลุ่มของไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต ($(C_2H_5)_2NSCS$) ซึ่งจับกับทั้งสองข้างของซิงค์ไอออน (Zn^{2+}) ยากต่อการแตกตัว ดังนั้นจึงไม่มีผลกระทบต่อเกิดการเกิดไฮโดรไลซิสของโมเลกุลโปรตีน ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จึงมีค่าไม่แตกต่างกันมากนักสำหรับน้ำยางผสมสารเคมีซึ่งเติม ZDEC ปริมาณต่างๆกัน



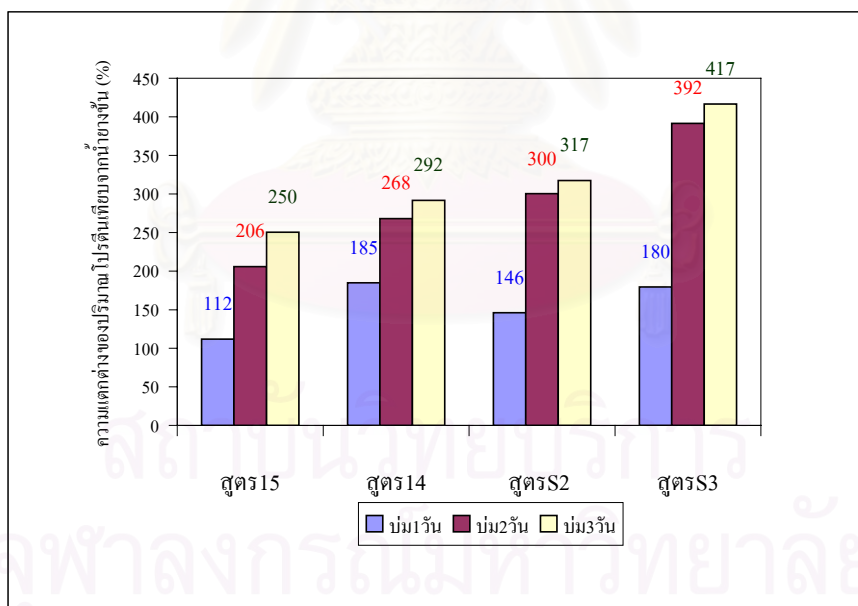
รูปที่ 4.10 สูตรโครงสร้างของ ZDEC

5.2) โซเดียมไดบิวทิลไดโทโอคาร์บาเมต (SDBC)

สูตรน้ำยาล้างผสมสารเคมีที่ทำการศึกษา แสดงดังตารางที่ 4.11

สาร	น้ำหนักเปียก (กรัม)			
	สูตร 15	สูตร 14	สูตร S2	สูตร S3
น้ำยาล้างขั้น	167.0	167.0	167.0	167.0
น้ำ	110.8	110.5	110.2	109.9
10% KOH	2.0	2.0	2.0	2.0
50% Wingstay L	1.2	1.2	1.2	1.2
50% ZDEC	1.4	1.4	1.4	1.4
40% SDBC	-	0.3	0.6	0.9
50% Sulphur	1.3	1.3	1.3	1.3
50% ZnO	2.0	2.0	2.0	2.0

ตารางที่ 4.11 สูตรน้ำยาล้างผสมสารเคมีซึ่งเติม SDBC ปริมาณต่างกัน



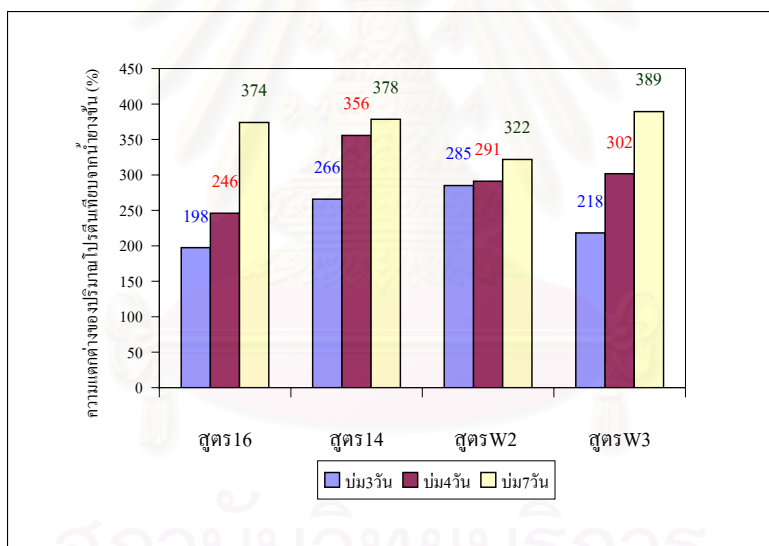
รูปที่ 4.11 ความแตกต่างของปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้เทียบกับจากน้ำยาล้างขั้น (%) สำหรับน้ำยาล้างผสมสารเคมีซึ่งเติม SDBC ปริมาณต่างกัน

5.3) วิงค์สเตแอล (Wingstay L)

สูตรน้ำยาผสมสารเคมีที่ทำการศึกษา แสดงดังตารางที่ 4.12

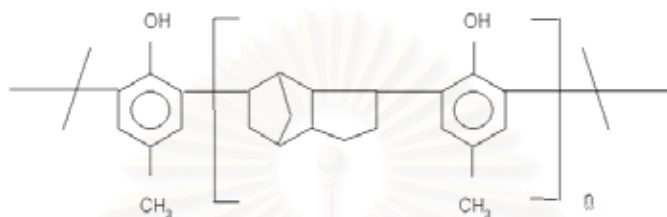
สาร	น้ำหนักเปียก (กรัม)			
	สูตร 16	สูตร 14	สูตร W2	สูตร W3
น้ำยางข้น	167.0	167.0	167.0	167.0
น้ำ	111.7	110.5	109.3	108.1
10% KOH	2.0	2.0	2.0	2.0
50% Wingstay L	-	1.2	2.4	3.6
50% ZDEC	1.4	1.4	1.4	1.4
40% SDBC	0.3	0.3	0.3	0.3
50% Sulphur	1.3	1.3	1.3	1.3
50% ZnO	2.0	2.0	2.0	2.0

ตารางที่ 4.12 สูตรน้ำยาผสมสารเคมีซึ่งเติม Wingstay L ปริมาณต่างๆกัน



รูปที่ 4.13 ความแตกต่างของปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้เทียบกับน้ำยางข้น (%) สำหรับน้ำยาผสมสารเคมีซึ่งเติม Wingstay L ปริมาณต่างๆกัน

จากรูปที่ 4.13 พบว่าแม้จะเพิ่มปริมาณ Wingstay L แต่ก็ไม่ได้แสดงผลที่ชัดเจนต่อปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ ดังนั้น Wingstay L ไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ อธิบายได้ว่า โมเลกุลของ Wingstay L เป็นโมเลกุลใหญ่ (รูปที่ 4.14) ถึงแม้จะมีหมู่ไฮดรอกซิล (OH^-) ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้โมเลกุลของ Wingstay L มีฤทธิ์เป็นเบสแต่ก็เป็นส่วนน้อยเมื่อเทียบกับทั้งโมเลกุลซึ่งมีขนาดใหญ่ ประกอบกับโมเลกุลของ Wingstay L ไม่แตกตัว ดังนั้นจึงไม่มีผลกับการเกิดไฮโดรไลซิสของโปรตีน



รูปที่ 4.14 สูตรโครงสร้างของ Wingstay L

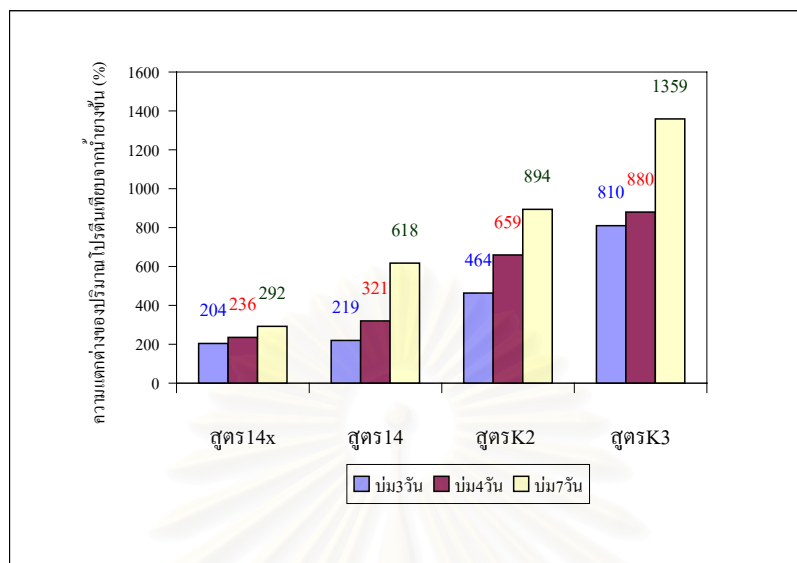
5.4) โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH)

สูตรน้ำยาล้างผสมสารเคมีที่ทำการศึกษา แสดงดังตารางที่ 4.13

สาร	น้ำหนักเปียก (กรัม)			
	สูตร 14x	สูตร 14	สูตร K2	สูตร K3
น้ำยาล้าง	167.0	167.0	167.0	167.0
น้ำ	112.5	110.5	108.5	106.5
10% KOH	-	2.0	4.0	6.0
50% Wingstay L	1.2	1.2	1.2	1.2
50% ZDEC	1.4	1.4	1.4	1.4
40% SDBC	0.3	0.3	0.3	0.3
50% Sulphur	1.3	1.3	1.3	1.3
50% ZnO	2.0	2.0	2.0	2.0

ตารางที่ 4.13 สูตรน้ำยาล้างผสมสารเคมีซึ่งเติม KOH ปริมาณต่างๆกัน

ผลของการเพิ่มปริมาณโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ แสดงดัง
รูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 ความแตกต่างของปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้เทียบจากน้ำยางชั้น (%) สำหรับน้ำยางผสมสารเคมีซึ่งเติม KOH ปริมาณต่างๆกัน

จากรูปที่ 4.15 พบว่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากแผ่นฟิล์มสำหรับสูตรน้ำยางผสมสารเคมีที่เติมโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ปริมาณต่างๆกัน โดยระดับโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากแผ่นฟิล์มยางสูตร K3 ซึ่งเติมโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ปริมาณมากที่สุดในระดับสูงที่สุด รองลงมาคือ K2, 14 และ 14x ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ระหว่างสูตรที่เติมและไม่เติมโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (สูตรที่ 14-21x) แสดงว่าโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์มีผลทำให้ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้เพิ่มมากขึ้น

ดังที่ได้อธิบายว่า เมื่อเติมโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ซึ่งมีฤทธิ์เป็นเบส ทำให้ โปรตีนอยู่ในภาวะที่ค่า pH สูง ดังนั้น Carboxyl group ในโมเลกุลของโปรตีนจะอยู่ในรูป Carboxyl group ionized ดังรูปที่ 4.5 ทำให้เกิดการผลักกันระหว่างโมเลกุลของโปรตีน โปรตีนจึงละลายออกมาได้มากขึ้น

นอกจากนี้ฟอสฟอไลปิดที่ยึดโปรตีนกับอนุภาคยาง จะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสโดยแอมโมเนียซึ่งเป็นสารที่รักษาสภาพน้ำยางได้เป็น กรดคาร์บอกซิลิก กรดคาร์บอกซิลิกที่เกิดขึ้นอาจทำปฏิกิริยากับโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งเป็นปฏิกิริยา Saponification ได้เป็นสารประกอบของเกลือสบู่ ซึ่งอาจละลายฟอสฟอไลปิดทำให้โปรตีนที่ห่อหุ้มอนุภาคยางอยู่ละลายออกมาได้อีกส่วนหนึ่ง จึงวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นด้วย

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

ในน้ำยามีปริมาณโปรตีนที่ระดับหนึ่ง พิจารณาจากปริมาณไนโตรเจนซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงปริมาณโปรตีนอย่างคร่าวๆซึ่งมีค่าค่อนข้างคงที่ แต่จากการไฮโดรไลซิสของโปรตีนทำให้ได้ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำค่าต่างๆ

1) ผลของระยะเวลาในการบ่มน้ำยาสผสมสารเคมี (1 2 3 4 และ 7 วัน)

เมื่อระยะเวลาในการบ่มน้ำยาสผสมสารเคมีเพิ่มขึ้น ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำที่วิเคราะห์ได้จากน้ำยาสผสมสารเคมี มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากโปรตีนในน้ำยาสจะมีระยะเวลาในการเกิดไฮโดรไลซิสได้มากขึ้น ทำให้ได้โปรตีนที่มีขนาดโมเลกุลเล็กลงซึ่งง่ายต่อการละลายมากกว่าโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่

2) ผลของสารเคมี

2.1) Potassium hydroxide (KOH)

KOH มีผลทำให้ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้เพิ่มมากขึ้น เนื่องจาก KOH ทำให้โปรตีนอยู่ในภาวะที่ค่า pH สูง ดังนั้น Carboxyl group ในโมเลกุลของโปรตีนจะอยู่ในรูป Carboxyl group ionized ทำให้เกิดการผลักกันระหว่างโมเลกุลของโปรตีน โปรตีนจึงละลายออกมาได้มากขึ้น นอกจากนี้กรดคาร์บอกซิลิกในน้ำยาสอาจทำปฏิกิริยากับ KOH ซึ่งเป็นปฏิกิริยา Saponification ได้เป็นสารประกอบของเกลือสบู่ ซึ่งอาจละลายฟอสโฟไลปิดที่ยึดโปรตีนกับอนุภาคยาส จึงทำให้โปรตีนละลายออกมาได้อีกส่วนหนึ่งด้วย

2.2) Zinc diethyldithiocarbamate (ZDEC)

ZDEC ไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ เนื่องจาก ZDEC เป็นสารเร่งปฏิกิริยาอย่างคงรูปที่ไม่ละลายน้ำ โดยโมเลกุลของ ZDEC เป็นโมเลกุลใหญ่ ยากต่อการแตกตัว ดังนั้นจึงไม่มีผลกระทบต่อเกิดไฮโดรไลซิสของโปรตีน

2.3) Sodium dibutyldithiocarbamate (SDBC)

SDBC มีผลต่อการเพิ่มปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ เนื่องจาก SDBC เป็นสารเร่งปฏิกิริยาอย่างคงรูปที่ละลายน้ำ โมเลกุลของ SDBC แตกตัวหมดได้ $(C_4H_9)_2NSCS^-$ และ Na^+ ซึ่งโซเดียมไอออนจะก่อให้เกิด Salting in effect จึงมีผลทำให้โปรตีนละลายได้มากขึ้น

2.4) Wingstay L

Wingstay L ไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ เนื่องจากโมเลกุลของ Wingstay L เป็นโมเลกุลใหญ่ซึ่งไม่แตกตัว ดังนั้นจึงไม่มีผลกระทบต่อการศึกษาของโปรตีน

ข้อเสนอแนะ

1) ในการตรวจสอบการคงรูปของน้ำยางผสมสารเคมี เมื่อได้สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตถุงมือยางธรรมชาติแล้ว (มีค่า Chloroform no. 2⁺ ถึง 3 และ %Swelling ประมาณ 80%) ควรนำน้ำยางผสมสารเคมีนั้นไปผลิตถุงมือยางทันที เนื่องจากเมื่อบ่มน้ำยางผสมสารเคมีทิ้งไว้จะเป็นการเพิ่มระยะเวลาในการไฮโดรไลซิสของโปรตีนซึ่งปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จะเพิ่มขึ้น

2) การเตรียมน้ำยางผสมสารเคมีเพื่อผลิตถุงมือยางธรรมชาติ โดยมีส่วนประกอบเป็น SDBC ถึงแม้การเติม SDBC จะช่วยลดเวลาในการคงรูปของยาง แต่ก็อาจทำให้ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้สูงขึ้น ดังนั้นจึงควรพิจารณาถึงผลดีและผลเสียก่อนการผลิต เพราะจากผลการตรวจสอบการคงรูปของน้ำยางผสมสารเคมีที่มี SDBC เป็นสารเร่งปฏิกิริยาของยางชนิดเดียวคือ สูตรน้ำยางผสมสารเคมีที่ 15 กับน้ำยางผสมสารเคมีสูตรที่ 14 ซึ่งเติมสารเร่งคือ SDBC และ ZDEC ร่วมกัน ก็มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก

ระยะเวลาในการบ่ม น้ำยางผสมสารเคมี (วัน)	สูตรที่ 14		สูตรที่ 15	
	chloroform no.	%swelling	chloroform no.	%swelling
1	2	110.25	1	169.23
2	2+	89.74	2	115.38
3	3	87.18	2+	92.31
4	3	79.48	3	87.18
7	3+	72.80	3	84.60

ตารางที่ 5.1 องค์การคงรูปของน้ำยางผสมสารเคมีสูตรที่ 14 และ 15 ตามระยะเวลาการบ่ม

รายการอ้างอิง

1. วิชาการเกษตร,กรม. สถิติยางประเทศไทย. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร ปีที่ 26-27 (2540-2541) ฉบับที่ 4.
2. วิชาการเกษตร,กรม. สถิติยางประเทศไทย. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร ปีที่ 29 (2543) ฉบับที่ 3.
3. วราภรณ์ ขจรไชยกูล. น้ำยางธรรมชาติ. ยางพารา. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร ปีที่ 2 (2524) ฉบับที่ 1 : 19-27.
4. วราภรณ์ ขจรไชยกูล. 2536 . เทคโนโลยียาง. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.
5. วราภรณ์ ขจรไชยกูล. 2537 . ผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติ. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.
6. ชานินทร์ เลปนานนท์. 2532 . การทำน้ำยางข้น. กสิกร. ปีที่ 62 ฉบับที่ 1 : 23-30
7. วราภรณ์ ขจรไชยกูล,พลชิต บัวแก้ว และภัทรา กานตศิลป์. 2533 . การผลิตถุงมือยาง. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.
8. วราภรณ์ ขจรไชยกูล. 2531 . น้ำยาง. เอกสารประกอบการฝึกอบรม หลักสูตรวิชาการกระบวนการผลิตภัณฑ์ยาง สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.
9. พลชิต บัวแก้ว. 2531 . สารเคมีสำหรับน้ำยาง. เอกสารประกอบการฝึกอบรม หลักสูตรวิชาการกระบวนการผลิตภัณฑ์ยาง สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.
10. นุชนาฏ ณ ระนอง. 2541 . ปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติ. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 3/2541 สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.
11. สุวิภากร โอภาสงวงศ์. โปรตีนกับอาการแพ้. ยางพารา. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร ปีที่ 16 (2539) ฉบับที่ 2 : 91-95.
12. ชีษณุสรร สวัสดิวัฒน์,ม.ร.ว. 2542. กรดอะมิโนและโปรตีน. ชีวเคมี. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
13. พงศธร คุสกุล. 2536 . การผลิตยางโปรตีนต่ำในระดับขยายส่วน. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
14. สุพะไชย์ จินดาวุฒิกุล. 2540. ผลของการขยายผิวถุงมือยางต่อการชะล้างโปรตีน. วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
15. ชโนวิทท์ ตูบรเวทิง. 2541. การชะละลายโปรตีนจากถุงมือยางธรรมชาติโดยใช้สารลดแรงตึงผิวภายใต้ความดัน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
16. เอกอร ควชะกุล. 2542. ภาวะที่เหมาะสมในการคลอริเนตถุงมือยาง. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
17. FARIDAH YUSOF AND H.Y. YEANG. 1992. Quantitation of Proteins from Natural Rubber Latex Gloves. J.nat.Rubb.Res 7(3) : 206-218

18. E.SUNDERASAN AND H.Y. YEANG. 1993. Latex Allergy Studies : B-serum from the Latex Bottom Fraction as a Major Source of Immunogenic Glove Proteins. J.nat.Rubb.Res 8(4) : 293-298
19. H. HASMA AND M.Y. AMIR-HASHIM. 1997. Changes to NR Latex Proteins on Processing the Latex to its Products. J.nat.Rubb.Res 12(1) : 21-32
20. ESAH YIP, T. PALOSUO, H. ALENIUS AND K.TURJANMAA. 1997. Correlation between Total Extractable Proteins and Allergen Levels of Natural Rubber Latex Gloves. J.nat.Rubb.Res 12(2) : 120-130
21. A.H. ENG, S. KODAMA AND H.KAWASAKI. 1987. Reduction of Water Extractable Proteins in Natural Rubber Latex Films by Ultrasonic Leaching System. J.nat.Rubb.Res 2(1) : 23-28



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มาตรฐานน้ำยางข้น

ตารางที่ ก.1 ข้อกำหนดคุณภาพมาตรฐาน ISO 2004 สำหรับน้ำยางข้นจากการปั่น

สมบัติ/ลักษณะ	ขีดจำกัด		วิธีทดสอบตาม มาตรฐาน ISO 2004
	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	1654
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
สีเมื่อตรวจด้วยตาเปล่า	ไม่เป็นสีฟ้าหรือสีเทา		-
การตรวจกลิ่นภายหลังจากการทำให้ เป็นกลางด้วยกรดบอริก	ไม่มีกลิ่นบูดเน่า		-

ภาคผนวก ข

วิธีวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน

ไนโตรเจนในยาง ส่วนใหญ่อยู่ในรูปโปรตีน ดังนั้นการหาปริมาณไนโตรเจนจึงเป็นตัวบ่งชี้ปริมาณโปรตีนได้วิธีหนึ่ง

การวิเคราะห์ไนโตรเจน ใช้วิธี Semi-micro kjeldahl โดยย่อยสลายยางด้วยกรดกำมะถันเข้มข้นและใช้สารเร่งปฏิกิริยา เพื่อเปลี่ยนสารประกอบไนโตรเจนไปเป็นแอมโมเนีย ไฮโดรเจนซัลเฟต ปรับสารละลายให้เป็นค่า 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) สารเคมีและวิธีการเตรียม

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 1000 มิลลิลิตร

2.3) สารละลายกรดบอริก (Boric acid) 2% น้ำหนัก/ปริมาตร

ละลายกรดบอริก 20 กรัม ในน้ำกลั่น หากละลายช้านำไปตั้งไฟพออุ่น แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้

ปริมาตร 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 แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 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 เติมน้ำ

กลั่นจนได้ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

2.8) สารละลายมาตรฐานกรดกำมะถัน (Sulfuric acid) 0.1 นอร์มอล

หยดกรดกำมะถันชนิดเข้มข้น ความหนาแน่น 1.83 กรัม/มิลลิลิตร ปริมาตร 2.8 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่น

แล้วเติมน้ำกลั่นได้ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร หาความเข้มข้นของกรดกำมะถันโดยไทเทรตกับสารละลาย

มาตรฐานโซเดียมคาร์บอเนต 0.1 นอร์มอล ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ใช้สารละลายเมทิลออเรนจ์เป็นตัวแสดงจุดยุติ ซึ่งสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตจะเปลี่ยนจากสีเหลืองส้มเป็นสีชมพู

คำนวณความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดกำมะถัน โดยใช้หลัก

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

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

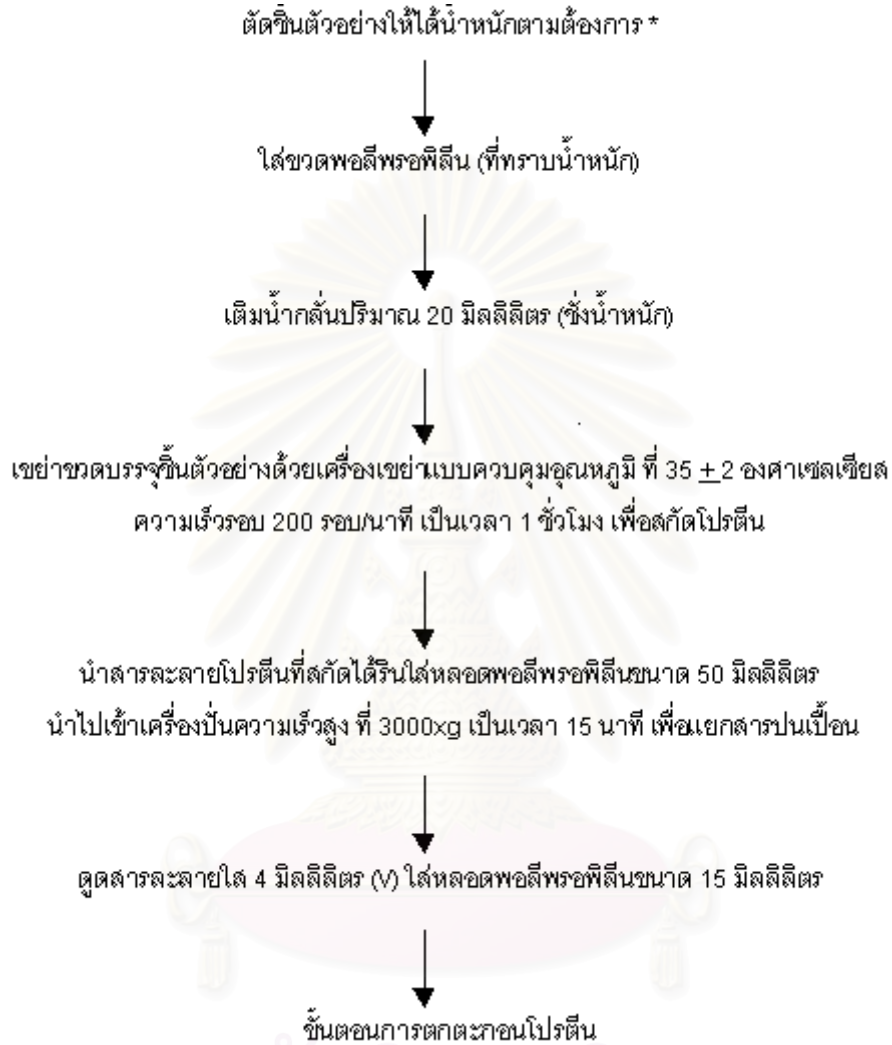
เติมสารละลายมาตรฐานกรดกำมะถัน 0.1 นอร์มอล ปริมาตร 100 มิลลิลิตร



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค
วิธีวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้

การสกัดโปรตีน



* ชิ้นตัวอย่างเป็นแผ่นฟิล์มตัดให้ได้น้ำหนัก 1.5000 ± 0.0050 กรัม

ชิ้นตัวอย่างเป็นถุงมือให้ตัดบริเวณฝ่ามือขนาด 7×7 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การตกตะกอนโปรตีนและละลายโปรตีน

นำสารละลายโปรตีนแต่ละหลอดมาเติมสารละลายดังต่อไปนี้

เติม DOC 0.15 % w/v 0.4 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ 10 นาที



เติม TCA 35% w/v 0.4 มิลลิลิตร และ PTA 1.6% w/v 0.6 มิลลิลิตร
เขย่าให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ 10 นาที



นำไปเข้าเครื่องปั่นความเร็วสูงที่ 6000xg เป็นเวลา 30 นาที



รินน้ำไล่ออก ระวังไม่ให้ตะกอนหลุดออก โดยคว่ำหลอดลงบนกระดาษกรอง



ละลายตะกอนโปรตีนในหลอดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.2 M ปริมาณ 1 มิลลิลิตร
เขย่าด้วยเครื่องผสมแบบน้ำวน ทุกๆ 5 นาที ตั้งทิ้งไว้ 20 นาที



ขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

เติมรีเอเจนต์ C 0.3 มิลลิลิตร ลงในสารละลายโปรตีนและเติมรีเอเจนต์ D 0.1 มิลลิลิตร

เขย่าเข้ากันและตั้งทิ้งไว้ 15 นาที



เทสารละลายนี้ลงในเซลล์สำหรับวัดค่าการดูดกลืนแสงจากเครื่องวิเคราะห์การดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแสง
 750 ± 10 นาโนเมตร



เปรียบเทียบค่าปริมาณโปรตีนที่ได้ (c) เป็นไมโครกรัมจากกราฟมาตรฐาน
คำนวณหาปริมาณโปรตีนตามสูตรต่อไปนี้



ความเข้มข้นของโปรตีน (ไมโครกรัม/กรัมของเนื้อ) = $\frac{(c)(\text{น้ำหนักน้ำที่ใช้ในการสกัด})}{(Mg)(V)}$

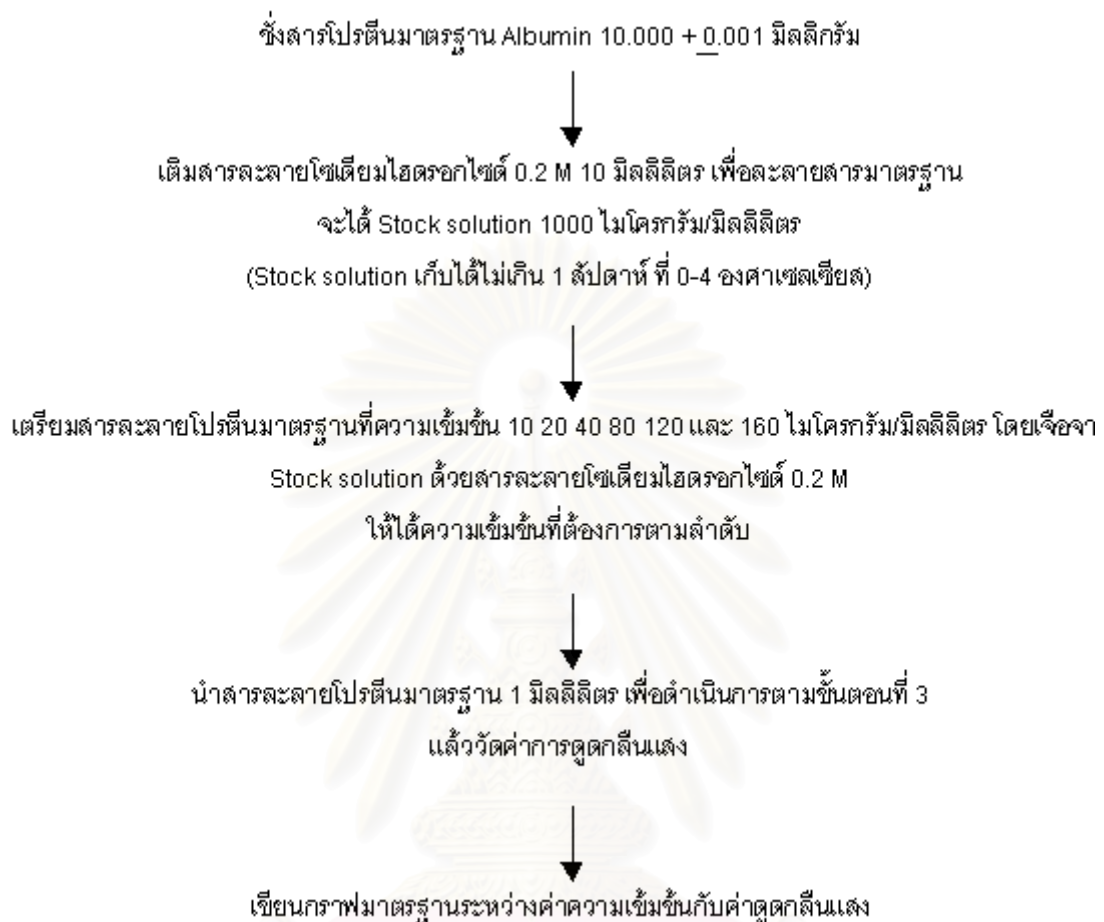
โดย c = ปริมาณของโปรตีนที่เทียบจากกราฟมาตรฐาน (ไมโครกรัม)

Mg = น้ำหนักชิ้นตัวอย่างที่ใช้ (กรัม)

V = สารละลายโปรตีนที่ใช้ (มิลลิลิตร)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทำ Standard curve ของโปรตีนมาตรฐาน



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

วิธีการทดสอบสมบัติทางกายภาพด้านการดึงยาง

ความต้านแรงดึง (Tensile strength) หมายถึง เป็นแรงต่อหน่วยพื้นที่เริ่มต้นดึงยางนั้นจนขาด หน่วยเป็น เมกะพาสคัล

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

ความยืดเมื่อขาด (Elongation at break) หมายถึง ความยาวของยางที่ยืดได้จนกระทั่งยางขาด หน่วยเป็น ร้อยละ

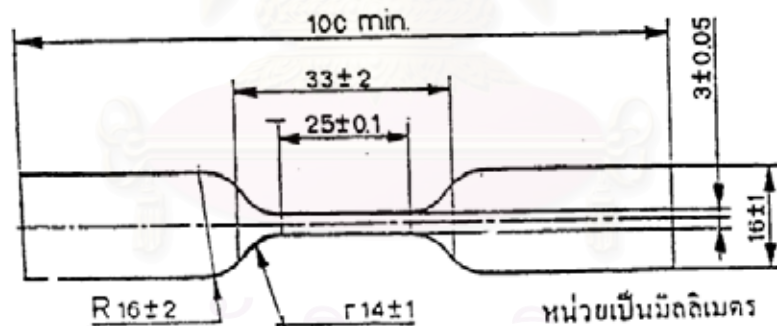
การบ่มเร่ง (Accelerated age) หมายถึง กรรมวิธีที่ทำให้ชิ้นทดสอบมีสภาพใกล้เคียงกับสภาพหลังการใช้งานจริงแต่ใช้เวลาสั้นกว่า

1) เครื่องมือ

เครื่องมือทดสอบการดึงยืด (LLOYD LR 50K) สามารถดึงยืดด้วยความเร็ว 500 ± 20 มิลลิเมตรต่อวินาที

2) การเตรียมชิ้นทดสอบ

- ให้ตัดถุงมือยางตัวอย่างแต่ละข้างตามแนวยาวเป็นรูปดัมพ์เบลล์ (ดังรูปข้างล่าง) จำนวน 36 ชิ้น ความหนาเป็นความหนาของถุงมือยาง เพื่อนำไปทดสอบความต้านแรงดึง ความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 300 และ 500 และความยืดเมื่อขาด ในภาวะก่อนบ่มเร่ง และหลังบ่มเร่งอย่างละ 18 ชั่วโมง



- ทำเครื่องหมายฟักัดให้ถูกต้องและชัดเจน มีความยาวฟักัดเป็น 25.0 ± 0.1 มิลลิเมตร
- วัดความหนาของชิ้นทดสอบในช่วงระยะความยาวฟักัด 3 ตำแหน่ง แล้วหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำไปคำนวณหาพื้นที่ภาคตัดขวาง (A)

1) วิธีทดสอบในภาวะก่อนบ่มเร่ง

- จับชิ้นทดสอบด้วยหัวจับให้แน่นเพื่อไม่ให้เกิดการบิดในระหว่างทดสอบ
- ดึงชิ้นทดสอบด้วยความเร็ว 500 + 20 มิลลิเมตรต่อวินาที วัดความยาวตามรอยที่ทำเครื่องหมายไว้เมื่อชิ้นทดสอบยืดออกไป 300% , 500% และเมื่อขาด

2) วิธีทดสอบในภาวะหลังบ่มเร่ง

- นำชิ้นทดสอบใส่ในตู้อบอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน หรือที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง
- นำชิ้นทดสอบออกจากตู้อบ ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 16 ชั่วโมง แต่ไม่เกิน 96 ชั่วโมง แล้วนำไปดำเนินการตามข้อ 2 ดังกล่าวข้างต้น

3) วิธีการคำนวณ

- คำนวณหาความต้านแรงดึง จากสูตรดังนี้

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

เมื่อ T คือ ความต้านทานแรงดึง หน่วยเป็นเมกะพาสคัล

F คือ แรงดึงสูงสุด หน่วยเป็นนิวตัน

A คือ พื้นที่ภาคตัดขวางของชิ้นทดสอบ หน่วยเป็นตารางมิลลิเมตร

- คำนวณหาความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 300 จากสูตรดังนี้

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

เมื่อ f คือ แรงที่ดึงตัวอย่างยาวออกไป 300% (3 เท่า) หน่วยเป็นนิวตัน

A คือ พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างเริ่มต้น หน่วยเป็นตารางมิลลิเมตร

- คำนวณหาความยืดเมื่อขาด จากสูตรดังนี้

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

เมื่อ E คือ ความยืดเมื่อขาด หน่วยเป็นร้อยละ

L_1 คือ ความยาวระหว่างเครื่องหมายที่กั้นระยะขาด หน่วยเป็นมิลลิเมตร

L_0 คือ ความยาวพิกัดก่อนทดสอบ หน่วยเป็นมิลลิเมตร

6) ทำซ้ำแล้วหาค่าเฉลี่ย

ภาคผนวก จ

ข้อมูลการทดลอง

ตารางที่ จ.1 ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำสำหรับสูตรน้ำยางผสมสารเคมีที่แต่ละสูตรเติมสารเคมี แต่ละชนิด ตามระยะเวลาการบ่ม

ระยะเวลาในการบ่ม (วัน)	ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ (ไมโครกรัม/กรัมยาง)					
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 5	สูตร 7	สูตร 9
1	139.38	253.27	128.23	114.32	59.28	111.52
2	99.13	295.49	126.84	104.98	64.25	120.67
3	163.22	364.25	187.09	113.15	109.27	122.41
4	91.69	128.72	149.98	117.52	93.85	95.82
7	105.51	100.34	86.43	129.71	117.10	68.17



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๑.2 ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้สำหรับน้ำยางผสมสารเคมีสูตรที่ 14-21

ตามระยะเวลาการบ่ม

ระยะเวลาในการบ่ม (วัน)	ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ (ไมโครกรัม/กรัมยาง)							
	สูตร 14	สูตร 15	สูตร 16	สูตร 17	สูตร 18	สูตร 19	สูตร 20	สูตร 21
1	974.07	510.05	559.05	552.17	535.50	621.64	343.83	249.64
2	1108.07	503.42	590.41	573.41	575.60	632.61	349.32	395.22
3	1072.72	505.66	586.91	664.2	650.19	702.90	351.06	406.84
4	1222.21	502.14	668.55	660.35	637.46	703.01	437.29	397.81
7	1612.28	508.19	714.53	750.17	669.04	802.03	474.44	600.89

ตารางที่ ๑.3 ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้สำหรับน้ำยางผสมสารเคมีสูตรที่ 14x-21x

ตามระยะเวลาการบ่ม

ระยะเวลาในการบ่ม (วัน)	ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ (ไมโครกรัม/กรัมยาง)							
	สูตร 14x	สูตร 15x	สูตร 16x	สูตร 17x	สูตร 18x	สูตร 19x	สูตร 20x	สูตร 21x
1	305.03	324.21	284.86	381.34	366.45	236.67	403.66	226.94
2	353.96	379.18	401.84	302.25	307.16	361.12	252.00	172.73
3	310.32	248.38	216.51	299.77	298.31	362.67	146.20	156.98
4	494.11	493.05	277.79	257.81	282.84	330.25	167.59	138.32
7	177.76	261.09	-	314.29	420.08	-	305.73	138.19

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๑.4 ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้สำหรับน้ำยางผสมสารเคมีซึ่งเติม ZDEC ปริมาณต่างๆกัน ตามระยะเวลาการบ่ม

ระยะเวลาในการบ่ม (วัน)	ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ (ไมโครกรัม/กรัมยาง)			
	สูตร 19	สูตร 14	สูตร Z2	สูตร Z3
น้ำยางชั้น	59.21	59.21	59.21	59.21
3	152.93	158.46	153.49	150.78
4	203.91	193.75	192.22	198.39
7	383.11	367.28	357.77	342.99

ตารางที่ ๑.5 ความแตกต่างของปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้เทียบจากน้ำยางชั้น (%) สำหรับน้ำยางผสมสารเคมีซึ่งเติม ZDEC ปริมาณต่างๆกัน ตามระยะเวลาการบ่ม

ระยะเวลาในการบ่ม (วัน)	ความแตกต่างของปริมาณโปรตีนที่ละลาย น้ำได้เทียบจากน้ำยางชั้น (%)			
	สูตร 19	สูตร 14	สูตร Z2	สูตร Z3
3	158	168	159	155
4	244	227	225	235
7	547	520	504	479

ตารางที่ ๑.6 ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้สำหรับน้ำยางผสมสารเคมีซึ่งเติม SDBC ปริมาณต่างๆกัน ตามระยะเวลาการบ่ม

ระยะเวลาในการบ่ม (วัน)	ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ (ไมโครกรัม/กรัมยาง)			
	สูตร 15	สูตร 14	สูตร S2	สูตร S3
น้ำยางชั้น	139.67	139.67	139.67	139.67
1	295.99	397.88	343.69	390.42
2	427.30	514.20	559.37	686.51
3	489.39	547.33	583.05	721.65

ตารางที่ ๑.7 ความแตกต่างของปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้เทียบจากน้ำยางชั้น (%) สำหรับน้ำยางผสมสารเคมีซึ่งเติม SDBC ปริมาณต่างๆกัน ตามระยะเวลาการบ่ม

ระยะเวลาในการบ่ม (วัน)	ความแตกต่างของปริมาณโปรตีนที่ละลาย น้ำได้เทียบจากน้ำยางชั้น (%)			
	สูตร 15	สูตร 14	สูตร S2	สูตร S3
1	112	185	146	180
2	206	268	300	392
3	250	292	317	417

ตารางที่ ๑.8 ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้สำหรับน้ำยางผสมสารเคมีซึ่งเติม Wingstay L ปริมาณ
 ต่างๆกัน ตามระยะเวลาการบ่ม

ระยะเวลาในการบ่ม (วัน)	ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ (ไมโครกรัม/กรัมยาง)			
	สูตร 16	สูตร 14	สูตร W2	สูตร W3
น้ำยางชั้น	91.37	91.37	91.37	91.37
1	271.86	334.11	351.83	290.83
2	315.99	416.42	357.37	367.12
3	432.98	437.16	385.43	447.04

ตารางที่ ๑.9 ความแตกต่างของปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้เทียบจากน้ำยางชั้น (%)
 สำหรับน้ำยางผสมสารเคมีซึ่งเติม Wingstay L ปริมาณต่างๆกัน
 ตามระยะเวลาการบ่ม

ระยะเวลาในการบ่ม (วัน)	ความแตกต่างของปริมาณโปรตีนที่ละลาย น้ำได้เทียบจากน้ำยางชั้น (%)			
	สูตร 16	สูตร 14	สูตร W2	สูตร W3
1	198	266	285	218
2	246	356	291	302
3	374	378	322	389

ตารางที่ ๑.10 ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้สำหรับน้ำยางผสมสารเคมีซึ่งเติม KOH ปริมาณ ต่างๆกัน ตามระยะเวลาการบ่ม

ระยะเวลาในการบ่ม (วัน)	ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ (ไมโครกรัม/กรัมยาง)			
	สูตร 14x	สูตร 14	สูตร K2	สูตร K3
น้ำยางชั้น	139.67	139.67	139.67	139.67
3	424.19	445.83	787.37	1270.53
4	468.78	587.36	1060.54	1368.85
7	547.97	1002.19	1387.70	2037.89

ตารางที่ ๑.11 ความแตกต่างของปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้เทียบจากน้ำยางชั้น (%) สำหรับน้ำยางผสมสารเคมีซึ่งเติม KOH ปริมาณต่างๆกัน ตามระยะเวลาการบ่ม

ระยะเวลาในการบ่ม (วัน)	ความแตกต่างของปริมาณโปรตีนที่ละลาย น้ำได้เทียบจากน้ำยางชั้น (%)			
	สูตร 14x	สูตร 14	สูตร K2	สูตร K3
3	204	219	464	810
4	236	321	659	880
7	292	618	894	1359

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว ชมพูนุท ลิขิตสุวรรณกุล เกิดวันที่ 11 ตุลาคม พ.ศ. 2520 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมีเทคนิค จากคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2541 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2542



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย