

## บทที่ 2

### วารสารปริทัศน์

#### ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับน้ำยางธรรมชาติ

น้ำยางธรรมชาติเป็นของเหลวที่ได้มาจากต้นยางพาราซึ่งมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Hevea Brasiliensis* เป็นต้นไม้ที่เจริญงอกงามได้ดีในประเทศแถบร้อนที่มีดินดี น้ำยางที่กรีดได้จากต้นยางพารา จะมีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวขุ่นข้น มีความถ่วงจำเพาะ 0.98 มีค่าความเป็นกรดค้างหรือ pH ประมาณ 6.8 ส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ ที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

|                |       |   |
|----------------|-------|---|
| ปริมาณเนื้อยาง | 25-45 | % |
| สารจำพวกโปรตีน | 1.5   | % |
| สารพวกเรซิน    | 2.0   | % |
| คาร์โบไฮเดรต   | 1.0   | % |
| สารอินทรีย์    | 0.5   | % |

เมื่อนำน้ำยางธรรมชาติมาปั่นด้วยเครื่อง centrifuge ความเร็วสูงพบว่าน้ำยาง จะแยกออกเป็นส่วนๆ ดังรูปที่ 2.1 แต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1) ส่วนที่เป็นเนื้อยาง เป็นอนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในน้ำยาง เป็นสารประกอบพวกไฮโดรคาร์บอน มีความหนาแน่น 0.92 กรัม/มิลลิลิตร อนุภาคของเนื้อยางมีทั้งรูปทรงกลมและรูปรีคล้ายลูกแพร์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.02-0.03 ไมครอน ไม่ละลายน้ำ ในสภาพน้ำยางสดถูกห่อหุ้มด้วยชั้นของสารจำพวกไขมันและสารจำพวกโปรตีน นอกจากสารดังกล่าวแล้วยังมีโลหะบางชนิด เช่นแมกเนเซียม โปแตสเซียมและทองแดงปนอยู่ในส่วนของยางประมาณ 0.05 %

ปริมาณของเนื้อยางในธรรมชาติ อาจแปรได้ตั้งแต่ 25-45 % และความแตกต่างระหว่างปริมาณเนื้อยางแห้งกับสารที่เป็นของแข็งทั้งหมดในน้ำยางแห้งประมาณ 3 % แต่ถ้าเป็นกรณีที่น้ำยางถูกนำไปปั่นเป็นน้ำยางข้นแล้วความแตกต่างดังกล่าวจะลดลงเป็น 1.5 %

## 2) ส่วนที่ไม่ใช่ยาง

2.1) ส่วนที่เป็นน้ำ หรือที่เรียกว่า serum ของน้ำยาง มีความหนาแน่นประมาณ 1.02 กรัม/มิลลิลิตร ประกอบด้วยสารต่างๆ ดังนี้

(2.1.1) คาร์โบไฮเดรต เป็นสารพวกแป้งและน้ำตาล สารต่างๆ เหล่านี้จะถูกแบคทีเรียหรือจุลินทรีย์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นกรด เช่น กรดฟอร์มิก กรดแอซิติก และกรดโพรพิโอนิก ทำให้น้ำยางเสียเสถียรภาพคงตัวและจับตัวกันเป็นก้อน

(2.1.2) โปรตีน และกรดอะมิโน อยู่ในส่วนที่เรียกว่า C-serum ที่สำคัญ ได้แก่แอลฟาไกลูโคสและฮีวิน แอลฟาไกลูโคสเป็นส่วนที่พบมากในน้ำยางสด มีสมบัติไม่ละลายน้ำ แต่จะละลายในสารละลายของเกลือกรดและของด่าง

## 2.2) ส่วนของจุลหอยค้และสารอื่นๆ

จุลหอยค้หรือที่เรียกว่า วิสกอยค้ เป็นส่วนประกอบในน้ำยางสดที่ถูกรายงานเป็นครั้งแรกโดย Homan และ Van Gils (1948) พบว่าน้ำยางแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนหนึ่งมีสีขาว ประกอบด้วยอนุภาคของยางเป็นส่วนมาก และอีกส่วนหนึ่งเป็นสีเหลืองแยกอยู่ชั้นล่าง ปริมาตรของส่วนที่เป็นสีเหลืองประมาณ 25 % ของปริมาตรทั้งหมด ในส่วนชั้นล่างนี้จากการศึกษาพบว่า เป็นอนุภาคที่ไม่ค่อยเกาะกันแน่น มีความแตกต่างจากอนุภาคของยางและเหตุที่ถูกเรียกว่าจุลหอยค้เพราะเข้าใจว่าเป็นตัวกระทำให้เกิดสีเหลืองในส่วนนี้

ลักษณะของจุลหอยค้เป็นอนุภาคมีเยื่อบางหุ้มห่ออยู่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2-3 ไมครอน ขนาดใหญ่กว่าอนุภาคของยาง ภายในเยื่อบางมีส่วนที่เรียกว่า B-serum ที่มีส่วนของสารละลายกรด เกลือ โปรตีน น้ำตาลและพอลิฟีนอลออกซิเดสซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ยางมีสีคล้ำเมื่อสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ ของเหลวในจุลหอยค้มี pH 5.5 โดยประมาณ

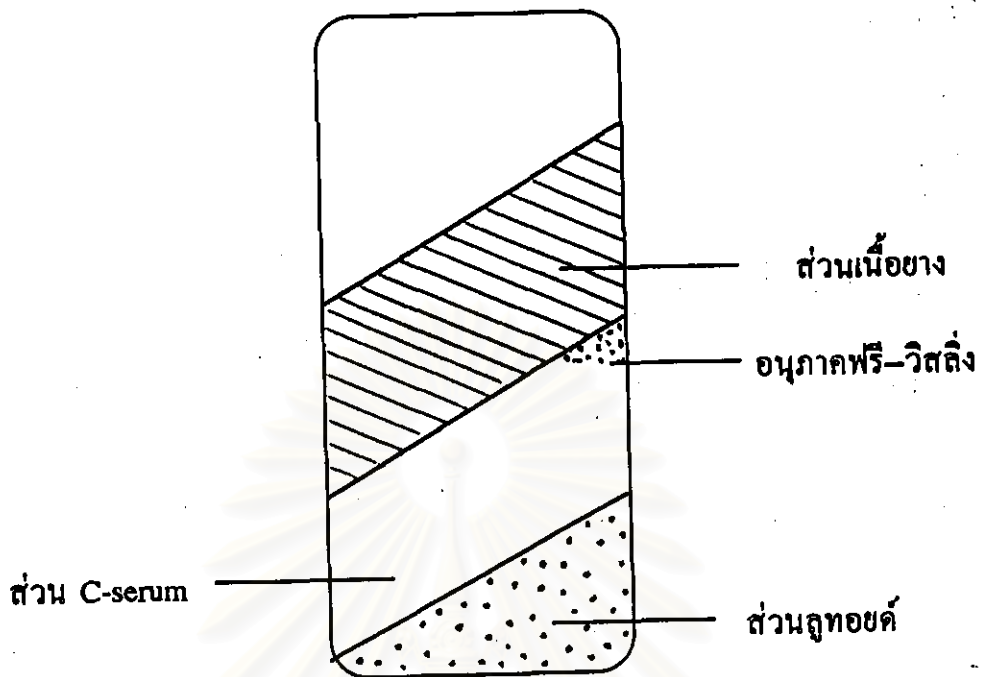
ปริมาณของลูทอยด์ในน้ำยางมีเพียงพอที่จะทำให้เกิดผลกระทบต่อความหนืดและเสถียรภาพของน้ำยางสดลูทอยด์เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในอุณหภูมิสูงการเปลี่ยนแปลงอันดับแรกคือของเหลวในลูทอยด์จะหยุดการเคลื่อนไหว เนื่องจากการขยายตัวของเยื่อบางที่หุ้มอยู่หลังจากนั้นเนื้อเยื่อบางจะแตกออกและของเหลวภายในจะออกมาอยู่ภายในส่วน serum เยื่อบางที่แตกออกเกิดการจับตัวกันเองและติดอยู่ภายในก้อนของอนุภาคสารอื่น

ลูทอยด์มีสมบัติที่เกิดปฏิกิริยาออสโมติก ได้อย่างง่าย ดังนั้นการเติมน้ำลงในน้ำยางมีผลทำให้ลูทอยด์เกิดการบวมและพองตัวแล้วก็แตกออก ซึ่งเป็นผลให้น้ำยางมีความหนืดเพิ่มขึ้นหนึ่งในการแปรรูปร่างเป็นยางแท่ง ยางแผ่นได้รวมเอาชั้นคอนในการเจือจางน้ำยางโดยวิธีการเติมน้ำลงไปด้วยก่อนการให้น้ำยางจับตัว หมายความว่าได้ทำให้ลูทอยด์แตกออกก่อนการเติมกรดเพื่อให้น้ำยางจับตัว และส่วนของลูทอยด์จะต้องติดอยู่ภายในก้อนยางที่มีการจับตัวด้วย และส่วนของลูทอยด์ที่ติดอยู่ในก้อนยางนี้จะมีผลกระทบต่อสมบัติของยางด้วย เนื่องจากมีสารพวกโลหะละลายอยู่ในของเหลว

ในการกรีดยางจะให้น้ำยางในท่อยางเกิดการเจือจางเมื่อน้ำยางไหลได้สักพัก ซึ่งจะยังผลให้ลูทอยด์เกิดการพองตัวและแตกออกในเวลาต่อมา จะมีผลทำให้ยางจับตัวอุทก่อนน้ำยาง ทำให้น้ำยางหยุดไหล และอีกกรณีหนึ่งขณะกรีดยางคัต่อน้ำยาง คมมีดจะเฉือนหรือกระทบกับลูทอยด์ทำให้ลูทอยด์แตกออก ซึ่งมีผลทำให้น้ำยางหยุดไหลได้เช่นกัน

ในส่วน of ชั้นต่างนี้ นอกจากจะมีสารพวกลูทอยด์แล้ว ยังมีสารอีกพวกหนึ่งที่เรียกว่า “อนุภาคฟรี-วิสลิง” (Frey wyssing) ซึ่งมีสีเหลืองเข้ม มีอนุภาคใหญ่กว่ายางและมีความหนาแน่นมากกว่ายางเล็กน้อย มีคาโรตินอยด์ซึ่งเป็นตัวที่ทำให้เกิดสีเหลืองเข้มมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณสารคาโรตินอยด์เหล่านี้ ฟรีวิสลิงมีส่วนประกอบของไขมัน อนุภาคเหล่านี้จะรวมตัวอยู่ในแอมโมเนีย และแยกตัวออกจากยางอยู่ในส่วนของซีรัม เมื่อมีการเติมสารแอมโมเนีย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.1 สภาพของน้ำยางสดเมื่อผ่านการปั่นด้วยเครื่อง centrifuge ความเร็วสูง

### การใช้ประโยชน์จากยางธรรมชาติ<sup>1</sup>

การเริ่มต้นนำน้ำยางธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ได้เกิดขึ้นมานานกว่า 100 ปีแล้ว ซึ่งจากรายงานของ Charles de la Condamine ในปี ค.ศ. 1736 แจ้งว่าชาวพื้นเมืองในแถบทุ่งแม่น้ำ Amazon ได้ผลิตรองเท้ายาง ขวดยาง จากน้ำยางของต้นยางพารา นักเทคโนโลยีในสมัยแรกๆ เช่น Hancock ก็เริ่มงานเทคโนโลยียางด้วยการศึกษาวิจัยกับน้ำยางสดที่ได้มาจากประเทศบราซิล จนกระทั่งได้ทำการจดทะเบียนการทำผลิตภัณฑ์พวกใช้ผ้าเคลือบยาง การทำด้ายยืด อย่างไรก็ตามแม้ว่าได้มีการเริ่มต้นของการใช้ประโยชน์จากน้ำยางธรรมชาติแล้วก็ตาม ปัญหาในขณะนั้นก็คือ แหล่งวัตถุดิบน้ำยางอยู่ห่างไกลจากแหล่งที่จะนำน้ำยางไปใช้งาน ดังนั้นจึงได้เกิดแนวความคิดการศึกษาวิจัยการรักษาสภาพของน้ำยาง ตลอดจนกระบวนการปั่นเพื่อผลิตน้ำยางข้นขึ้น เพื่อให้อยู่ในลักษณะที่เหมาะสมในการที่จะขนส่งเคลื่อนย้ายไปในที่ไกลๆ

การพัฒนากระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติได้เกิดขึ้นตามลำดับ ในปี 1923 Jacques ได้จดสิทธิบัตรเกี่ยวกับกระบวนการขึ้นรูปโดยวิธีจุ่มแบบ(dipping process)

และใช้ sulphur monochloride เป็นสารเคมีสำหรับทำให้ยางคงรูป(valcanisation) การผลิตยางพองน้ำ โดยอาศัยวิธีการปั่นกวนน้ำยางด้วยระบบทางเครื่องกล(mechanical agitation) เป็นผลงานของ F.H. Utiect ในปี ค.ศ. 1930 และต่อมาอีกราว 35 ปีวิธีการนี้ได้ถูกนำไปใช้ในการผลิตพองน้ำรองพรม (tufted carpet) โดยใช้ชื่อกระบวนการผลิตว่า “no-gel process” การพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตยางพองน้ำได้พัฒนามาจนกระทั่งปัจจุบัน กรรมวิธีผลิตยางพองน้ำส่วนใหญ่จะใช้วิธีการของดันลอป(Dunlop sodium silicofluoride gelling) และวิธีการของ Talalay บริษัทดันลอปนอกจากจะพัฒนางานผลิตยางพองน้ำแล้ว ยังได้พัฒนาเกี่ยวกับการผลิตด้วยวิธี extrusion จนสามารถทำการค้าได้ในปี ค.ศ. 1930 และในช่วงนี้ก็ให้เกิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์อื่นๆ จากน้ำยาง ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ใช้น้ำยางเคลือบเส้นใยต่างๆ

ในปัจจุบันการนำผลผลิตจากต้นยางพาราไปใช้ประโยชน์แบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะคือในรูปของยางแห้ง (dry rubber) ได้แก่ ยางแผ่นรมควัน ยางแผ่นผึ่งแห้ง และยางเครพ และน้ำยางข้น(concentrated latex) เป็นผลผลิตที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ เพราะเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเป็นถุงมือยางจึงจะขอกกล่าวในรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

## น้ำยางข้น<sup>2</sup>

### 1) วิธีผลิตน้ำยางข้น

ปกติน้ำยางจากสวน จะมีปริมาณน้ำยางแห้งเพียง 25-45 เปอร์เซ็นต์ นอกนั้นส่วนใหญ่เป็นน้ำและมีสารของแข็งที่ไม่ใช่ยางบ้าง ฉะนั้นหากต้องการนำน้ำยางไปใช้ขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ไกลจากสวนยาง หรือจากแหล่งยางธรรมชาติ จึงเป็นการไม่สะดวก นอกจากนั้น สารต่างๆบางอย่างที่มีอยู่ในน้ำยาง ยังอาจมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ยางมีคุณภาพไม่ดี ด้วยเหตุผลเหล่านี้คือที่มาของการทำน้ำยางสด ให้เป็นน้ำยางที่มีความเข้มข้น มีปริมาณเนื้อยางแห้งเป็น 60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่มีความเหมาะสมกับการนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ

วิธีการผลิตน้ำยางข้นที่ทำกันในเชิงการค้ามี 3 วิธีคือ วิธีระเหยน้ำ วิธีทำให้เกิดครีม วิธีปั่น และอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งไม่สามารถทำการค้าได้เพราะไม่สะดวกและลงทุนสูง คือการใช้กระแสไฟฟ้าแยก สำหรับในประเทศไทย ปัจจุบันทำการผลิตน้ำยางข้นโดยวิธีการปั่นเพียงอย่างเดียว รายละเอียดของแต่ละวิธีมีดังต่อไปนี้

### 1.1) วิธีการระเหยน้ำ

น้ำยางสดจากสวนก่อนการทำให้ข้น โดยวิธีการระเหยน้ำจะต้องเติมสารที่ทำให้น้ำยางคงตัว(stabilizers) เช่น potassium soap เสียก่อน การระเหยน้ำออกจากน้ำยางจะเกิดขึ้นภายในถัง หรือภาชนะที่หมุนได้รอบๆ แกน ตามแนวอนและถึงนี้ถูกให้ความร้อนรอบๆถึง การระเหยน้ำจากน้ำยางจะทำให้ได้น้ำยางข้นซึ่งมีปริมาณเนื้อยาง 60 % น้ำยางข้นที่ได้จากวิธีนี้มีความคงสภาพเป็นน้ำยางดีมาก จึงเหมาะสำหรับการที่จะต้องขนย้ายน้ำยางไปไกลๆ และเหมาะกับการนำไปผลิตวัตถุสำเร็จรูปประเภทที่ต้องใส่พวกสารเติม(filler)จำนวนมาก ตัวอย่าง เช่นการผลิตกาว(latex cement) น้ำยางนี้เหมาะหรือใช้ได้ผลดี กรณีที่ต้องการนำไปทำกาว ประเภทที่ว่าสารอื่นๆ ที่อยู่ในน้ำยางและความคงตัวของน้ำยางเป็นข้อได้เปรียบกับการทำกาวนั้นๆ

### 1.2) วิธีการทำให้เกิดครีม

น้ำยางธรรมชาติไม่ว่าอยู่ในสถานะสด หรือสถานะที่มีการใส่สารเคมีรักษาสภาพน้ำยาง(preserved latex) ประกอบด้วยระบบของสารละลายคอลลอยด์แบบอิมัลชัน(colloidal emulsion) ของอนุภาคยางที่แขวนลอยอยู่ในตัวกลางที่เรียกว่า serum อนุภาคของยางที่แขวนลอยอยู่ในเซรัมแสดงการเคลื่อนไหวแบบ Brownian(คือเคลื่อนไหวในทุกทิศทางอย่างไม่เป็นระเบียบ) และการเคลื่อนไหวของอนุภาคยางในน้ำยางสดจะรวดเร็วกว่าการเคลื่อนไหวของอนุภาคยางในน้ำยางที่ใส่สารเคมีรักษาสภาพ เนื่องจากอนุภาคของยางมีความหนาแน่นน้อยกว่า serum ดังนั้นอนุภาคยางเหล่านี้จึงมีแนวโน้มลอยตัวขึ้นสู่ผิวหน้าของน้ำยางได้และตามกฎของ Stokes อาจคำนวณหาอัตราการเคลื่อนที่ของอนุภาคยางตามสูตรต่อไปนี้

$$v = \frac{2/9g(d-d_1)r^2}{m}$$

|       |       |   |  |
|-------|-------|---|--|
| เมื่อ | $v$   | = | อัตราการเคลื่อนที่ของอนุภาคยาง (มม./วินาที)              |
|       | $g$   | = | ความเร่งที่เนื่องจากแรงดึงดูดของโลก (จม./วินาที /วินาที) |
|       | $d$   | = | ความหนาแน่นของ serum (1.021 กรัม/ซม. <sup>3</sup> )      |
|       | $d_1$ | = | ความหนาแน่นของอนุภาคยาง (0.91 กรัม/ซม. <sup>3</sup> )    |
|       | $r$   | = | รัศมีของอนุภาคยาง (เฉลี่ย 0.5 ไมครอน)                    |
|       | $m$   | = | ความหนืดของเซรัม (ประมาณ 0.02 พอยส์)                     |

จากสูตรดังกล่าวอาจคำนวณได้ว่าอนุภาคยางจะเคลื่อนที่ได้(ตามทฤษฎี)ประมาณเดือนละ 6 ซม. และเนื่องจากว่าความเร็วของการเคลื่อนที่ขึ้นอยู่กับกำลังสองของรัศมีของอนุภาค ดังนั้นการแยกตัวของอนุภาคยางเกิดเป็นลักษณะครีมอยู่ผิวหน้าน้ำยางจะรวดเร็วขึ้นถ้าอนุภาคยางมีขนาดใหญ่ขึ้น และอนุภาคยางจะใหญ่โตขึ้นได้เมื่อเติมสารพวกคอลลอยด์ที่จะไปทำหน้าที่พอกหรือเคลือบผิวของอนุภาคยาง สารนี้จึงเรียกว่าเป็นตัวการทำให้เกิดครีม(creaming agent) ตัวอย่างสารพวกนี้ได้แก่ sodium alginate, locust bean gum, gum karaya, gum tragacanth เป็นต้น อนึ่งการผลิตน้ำยางข้นโดยวิธีทำให้เกิดครีมขุ่นยากและสิ้นเปลืองเวลา แต่เป็นที่น่าสนใจเกี่ยวกับวิธีนี้ คือสามารถทำให้น้ำยางข้นที่ผลิตโดยวิธีนี้บริสุทธิ์และมีโปรตีนน้อยลงเมื่อผ่านกรรมวิธีการทำให้เกิดครีมซ้ำหลายๆ ครั้ง

### 1.3) วิธีการปั่น

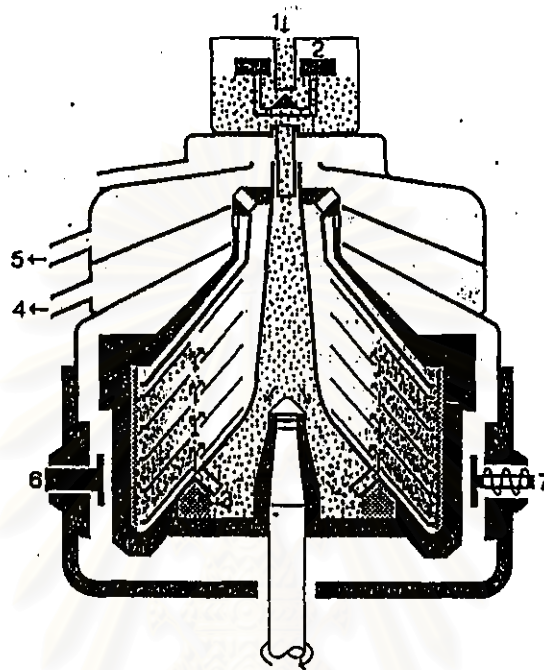
เนื่องจากน้ำยางธรรมชาติเป็นสารละลายที่จัดอยู่ในระบบคอลลอยด์(colloid system) ที่ประกอบด้วยส่วนของอนุภาคยาง(rubber particle) แขนวนลอยกระจัดกระจายอยู่ใน serum อนุภาคยางเหล่านี้มีการเคลื่อนไหวแบบ Brownian และเนื่องจากอนุภาคยางมีความหนาแน่นน้อยกว่า serum ดังนั้นอนุภาคยางจึงมีแนวโน้มที่จะลอยตัวสู่ผิวหน้าน้ำยาง อัตราการเคลื่อนของอนุภาคยางขึ้นอยู่กับแรงดึงดูดของโลก ซึ่งหากสามารถเพิ่มแรงดึงดูดได้เป็น 2000 ถึง 3000 เท่าของแรงดึงดูดของโลก จึงสามารถเร่งการเคลื่อนที่ของอนุภาคยางได้ จากหลักการนี้จึงได้ถูกนำมาพิจารณาสร้างเครื่องปั่นน้ำยางเพื่อการผลิตน้ำยางข้น

เครื่องผลิตน้ำยางข้น ผลิตจำหน่ายโดยหลายบริษัท ได้แก่บริษัท Alfa-Laval ประเทศสวีเดน บริษัท Westfalia Separatro Co., ประเทศเยอรมัน และอีกสองบริษัทในประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน เป็นต้น รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะหน้าตัดภายในของถังปั่นแบบ Alfa-Laval (รุ่น LRH 410)

น้ำยางจะไหลเข้าทาง (1) ซึ่งอยู่ส่วนบนสุดของตัวเครื่อง ระดับของน้ำยางจะปรับให้คงที่โดย (2) น้ำยางไหลโดยแรงโน้มถ่วง(gravity) ไปที่จุดกลางของถังปั่นและแรงปั่นของเครื่องจะปั่นให้น้ำยางไหลไปตามรูของชุดของจานแยก (3) จากนั้นน้ำยางจะถูกแยกออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่มีน้ำหนัก(heavy phase) คือหางน้ำยาง(skim) ไหลออกสู่รอบนอกของถังปั่นและไปตามทางด้านบนของถังผ่านสกรู ปรับสู่ที่เก็บแยกหางน้ำยาง (4) ส่วนชั้นของน้ำยาง(concentrate or cream) ซึ่งเป็นส่วนที่มีเนื้อยางจะไหลเข้าสู่กลางถังปั่นไปยังด้านบนดังเข้าสู่ที่เก็บ (5)

ปกติน้ำยางข้นที่ได้จากเครื่องปั่นจะมีความเข้มข้นประมาณ 60 % เนื้อยางแห้ง เครื่องปั่นน้ำยางขนาดเล็กๆ สามารถแยกน้ำยางสดได้ประมาณ 15 ลิตร/ชั่วโมง และเครื่องขนาดใหญ่แยกน้ำยางสดได้ 400-600 ลิตร/ชั่วโมง และปกติการเดินเครื่องปั่นจะสามารถเดินติดต่อกัน

ได้อย่างมากครั้งละไม่เกิน 3 ชั่วโมง เพราะจำต้องหยุดเครื่องเพื่อทำความสะอาดถังพวกคัม (sludge) ที่ติดอยู่ในเครื่อง



รูปที่ 2.2 ภาพหน้าตัดตามยาวของเครื่องปั่นน้ำยางข้น

#### 1.4) วิธีการแยกด้วยไฟฟ้า

จากการที่ในสถานะของน้ำยาง อนุภาคยางที่แขวนลอยใน serum ต่างถูกห่อหุ้มด้วยคาร์บอกซิเลตไอออน(carboxylate ion,  $\text{RCO}_2^-$ ) ที่มีประจุเป็นลบ ดังนั้นจึงสามารถที่จะอาศัยไฟฟ้าเข้ามาช่วยในการแยกส่วนของเนื้อยางจากส่วนของ serum ได้ โดยวิธีการจุ่มขั้วไฟฟ้าที่เป็นขั้วบวก ลงในน้ำยางที่ได้เติมสารเคมีช่วยทำให้น้ำยางคงตัวไว้ แล้วอนุภาคยางจะค่อยๆ เคลื่อนไปรวมอยู่ทางขั้วบวกและลอยตัวสูงขึ้นสู่ผิวหน้าของน้ำยางในที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากความหนาแน่นของอนุภาคยางต่ำกว่าความหนาแน่นของ serum อย่างไรก็ตามวิธีการทำน้ำยางข้นโดยใช้ไฟฟ้านี้เป็นวิธีที่ยุ่งยากและไม่ประหยัดจึงไม่เป็นที่นิยม



## 2) การรักษาสภาพน้ำยางชั้น

น้ำยางชั้นที่ผลิตได้จะต้องเติม หรือปรับแอมโมเนียรักษาสภาพน้ำยาง ปกติ มีวิธีการรักษาน้ำยางชั้น 2 วิธี คือ

(2.1) รักษาด้วยปริมาณแอมโมเนียมาก ประมาณ 0.7 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักน้ำยาง เรียกว่าน้ำยางชนิดนี้ว่า HA (high ammonia)

(2.2) รักษาด้วยปริมาณแอมโมเนียน้อย ประมาณ 0.2 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักน้ำยาง และมีสารช่วยบางชนิด TMTD/ZnO เรียกว่าน้ำยางชนิดนี้ว่า LA (low ammonia)

## 3) สมบัติน้ำยางชั้น

สมบัติที่ใช้ระบุน้ำยางชั้น คือ

(3.1) ปริมาณสารของแข็งทั้งหมด (total solid content, TSC)

(3.2) ปริมาณเนื้อยางแห้ง (dry rubber content, DRC)

(3.3) สภาพความเป็นด่าง (alkalinity, %NH<sub>3</sub>)

(3.4) เวลาความคงตัวต่อเครื่องมือกล (mechanical stability time, MST)

(3.5) จำนวนกรดไขมันที่ระเหยได้ (volatile fatty acid number, VFA

No.)

(3.6) จำนวนโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (potassium hydroxide number, KOH No.)

(3.7) ปริมาณก้อนยางจับตัว (coagulum content)

(3.8) ปริมาณตม (sludge content)

(3.9) กลิ่นและสี

## กระบวนการผลิตถุงมือยาง<sup>5</sup>

ถุงมือยางเป็นผลิตภัณฑ์จากน้ำยางชั้นที่สำคัญที่สุด และทั้งในงานวิจัยนี้ใช้ถุงมือยางเป็นตัวอย่างในการดำเนินการวิจัย จึงจะขอกล่าวถึงกระบวนการผลิตถุงมือยางพอสังเขปดังนี้ กระบวนการผลิตถุงมือยางประกอบด้วยส่วนสำคัญคือ

### 1) วัตถุดิบ

วัตถุดิบที่นิยมในการผลิตถุงมือยางคือ น้ำยางชั้น 60 % DRC (dry rubber content) ที่ผลิตโดยการปั่น และรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียต่ำ ชนิด LA-TZ (low ammonia-tetramethyl thiuram disulphide/zinc oxide)

## 2) สารเคมีที่เป็นส่วนผสม

สารเคมีที่ใช้ในการผลิตถุงมือยางจำแนกเป็นพวกๆ ได้ดังนี้

### 2.1) สารเพิ่มความคงตัว (stabilizer)

โดยทั่วไปเป็นค่างและสบู่และกรดไขมัน ในกรณีใช้ค่างจะใช้ KOH มากกว่า NaOH เพราะอนุมูลโปแตสเซียมมีผลต่อการลดความคงตัวของน้ำยางน้อยกว่าอนุมูลของโซเดียม ส่วนพวกสบู่และกรดไขมันที่นิยมใช้คือ โปแตสเซียมแคปรีเลต (Potassium caprylate) โปแตสเซียมลอเรต (Potassium laurate)

### 2.2) สารในระบบการคงรูป (Vulcanising System)

ใช้ซัลเฟอร์เป็นสารทำให้ยางคงรูป และ ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) เป็นสารกระตุ้นหน้าที่ของสารในระบบคงรูปคือทำให้โมเลกุลของยางเกิดพันธะ เมื่อนำไปขึ้นรูปเป็นถุงมือยางก็จะคงรูปเป็นถุงมือยางอยู่ได้

### 2.3) สารเร่งปฏิกิริยาให้ยางคงรูป หรือสารเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์

(Accelerator)

สารเร่งปฏิกิริยาของยางคงรูปที่นิยมใช้ได้แก่ ซิงค์ไดเอทิลไดไธโอคาร์บาเมต (zinc diethyl dithiocarbamate, ZEDC) สารตัวนี้มีหน้าที่เพิ่มอัตราเร็วของการคงรูปของถุงมือยาง โดยเฉพาะเมื่อปริมาณการใช้อยู่ระหว่าง 0.3-1.5 ส่วนต่อเนื้อยาง 100 ส่วน และอุณหภูมิสูงกว่า 70 องศาเซลเซียส

### 2.4) สารป้องกันยางเสื่อมสภาพ (Antioxidant)

มีหน้าที่ป้องกันยางเสื่อมสภาพ เนื่องจากออกซิเดชัน ทำให้มีอายุการใช้งานยาวนาน มี 2 กลุ่มคือ

(2.4.1) เอมีนและอนุพันธ์ของเอมีน (amime and amine derivative)

(2.4.2) ฟีนอลและอนุพันธ์ของฟีนอล (phenol and phenol derivative)

## 3) กระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตถุงมือยางจะเริ่มต้นด้วยการนำน้ำยางข้นมาผสมกับสารเคมีต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่การเติมสารเคมีโซ่ว่าจะเติมตัวไหนก่อนก็ได้ ต้องมีลำดับของการเติม และเมื่อเติมสารเคมีตัวแรกจะต้องกวนให้น้ำยางกับสารเคมีรวมกันเป็นอย่างดีเสียก่อนจึงเติมตัวต่อไป

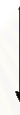
ลำดับการเติมสารเคมีผสมกับน้ำยาง  
เติมน้ำให้ได้ความเข้มข้นของเนื้อยางที่ต้องการ



เติมสารกลุ่มช่วยให้ยางคงตัว (Stabiliser)



เติมสารกลุ่มทำหน้าที่ให้ยางคงรูป (Vulcanising system)



เติมสารป้องกันยางเสื่อม



เติมสารสี (pigment) ถ้าต้องการ

\* ควรเติม ZnO หลังสุดเพื่อกันน้ำยางหนืด (Zinc oxide thickening)

### 3.1) การจุ่ม (dipping)

เมื่อผสมส่วนผสมต่างๆ เรียบร้อยแล้ว ก็เป็นขั้นตอนการจุ่ม (dipping) โดยนำพิมพ์ที่เตรียมไว้มาจุ่มในน้ำยางผสม พิมพ์ที่นิยมใช้จะทำจากกระเบื้อง ควรมีความเรียบเสมอกันเพราะความเรียบหยาบของผิวมีผลต่อสมบัติของถุงมือยาง ในแง่ของการจับพิมพ์ของสารช่วยจับตัวและส่วนผสมของน้ำยาง นอกจากนี้ควรมีการทำความสะอาดพิมพ์ให้ดีเสียก่อน เพราะสิ่งสกปรกจะทำให้เกิดตำหนิต่างๆ บนถุงมือได้

เทคนิคของการจุ่มพิมพ์มีหลายวิธี ได้แก่

- ก) การจุ่มน้ำยางโดยตรง
- ข) การจุ่มโดยใช้สารช่วยจับตัว
- ค) การจุ่มโดยใช้พิมพ์ร้อน
- ง) การจุ่มโดยใช้ขี้ไฟฟ้าช่วย

ในวิธีทั้งหมดวิธีที่ 2 เป็นวิธีที่นิยมและเหมาะสำหรับการผลิตถุงมือยางโดยทั่วไป เทคนิคการจุ่ม โดยการใช้สารช่วยจับตัวมีวิธีการคือจุ่มพิมพ์ลงในสารช่วยทำให้น้ำยางจับตัวแล้วจึงจุ่มพิมพ์ลงใน น้ำยางผสม สารช่วยทำให้น้ำยางจับตัวจะช่วยให้ น้ำยางเกาะพิมพ์

### 3.2) การล้าง (leaching)

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

(3.2.1) เพื่อป้องกันการดูดซึมน้ำโดยสารชนิดที่มีความสามารถดูดซึมน้ำ หรือชอบน้ำ (hydrophilic materials) ที่ตกค้างอยู่ในยาง

(3.2.2) เพื่อป้องกันผิวหนังเหนียวอันเนื่องมาจากสารที่ตกค้างอยู่

(3.2.3) เพื่อไม่ให้สารตกค้างอยู่ในยาง เพราะอาจมีผลต่อการสัมผัสกับ เนื้อเยื่อของคนขณะใช้งาน

(3.2.4) เพื่อลดการระคายเคืองต่อผิวหนังเมื่อใช้ถุงมือ

(3.2.5) เพื่อลดการเปลี่ยนสีของถุงมือเมื่อถูกกับแสง

(3.2.6) เพื่อให้ถุงมือมีความแข็งแรงมากขึ้น

การล้างถุงมือในระหว่างกระบวนการผลิต จะได้ผลดีมาก โดยล้างด้วยน้ำกลั่นที่ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 นาที

### 3.3) การอบแห้งและการทำให้ยางคงรูป (drying and vulcanising)

อบในตู้ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเพื่อให้ยางคงรูป

### 3.4) การม้วนขอบ (beading)

การม้วนของถุงมือยางเพื่อให้มีความแข็งแรง ให้ม้วนขอบขณะที่ยางเกาะ บนพิมพ์แห้งแล้วแต่ยังไม่ทำให้คงรูป ถ้าในขั้นตอนของการอบแห้งแยกกับการอบให้ยางคงรูป อาจทำการม้วนขอบระหว่าง 2 ขั้นตอนของการอบนี้และการม้วนขอบอาจทำได้โดยใช้มือหรือใช้ เครื่อง

### 3.5) การถอดถุงมือจากพิมพ์

การถอดถุงมือจากพิมพ์จะเป็นขั้นสุดท้ายของกระบวนการผลิต โดยทั่วไปมักใช้มือ ถอดและอาศัยแปรง เช่น แปรงทาลัก และเคลย์เพื่อป้องกันยางติด

## โปรตีนในน้ำยางธรรมชาติ <sup>8,9</sup>

### 1) โปรตีนในน้ำยางธรรมชาติ

น้ำยางสดธรรมชาติประกอบด้วยอนุภาคยางที่แขวนลอยกระจายอยู่ในของเหลวที่เรียกกันว่า serum นอกจากอนุภาคยางแล้วยังมีองค์ประกอบอื่นที่ไม่ใช่ยาง ได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และสารอนินทรีย์ อื่นๆ เช่น แมกเนเซียม แคลเซียม เหล็ก สังกะสี ทองแดง และ망กานีส เป็นต้น โดยที่โปรตีนที่เป็นหนึ่งในสารที่ไม่ใช่ยางนี้จะมีอยู่ประมาณ 1.5 % โดยเฉลี่ยหรือคิดเป็น 30-50 มิลลิกรัม/กรัมยางแห้ง โปรตีนในน้ำยางนี้จะกระจายอยู่ในส่วนที่เป็นเนื้อยาง 27 % ในส่วน B- serum 25 % และ C- serum 48% ดังมีรายละเอียดดังนี้

1.1) โปรตีนที่อยู่ในส่วนเนื้อยางจะเกาะอยู่ที่ผิวของอนุภาคยาง ทั้งหมดเป็นโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำ แต่สามารถถูกสกัดได้โดย สารพวก detergents หรือตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น sodium dodecyl sulphate (SDS) และตัวทำละลายผสม chloroform-methanol แต่อย่างไรก็ตาม โปรตีนในส่วนของเนื้อยางบางส่วน (๑มิลลิกรัม/กรัมเนื้อยางแห้ง)สามารถละลายน้ำได้และสามารถสกัดได้ด้วยแอมโมเนีย โปรตีนส่วนนี้เป็นโปรตีนที่มีค่า Isoelectric point (pI) ระหว่าง 3.5-6.0 และน้ำหนักโมเลกุล 14.0 และ 24.0 kD

1.2) โปรตีนที่อยู่ในส่วน serum เป็นโปรตีนที่ละลายน้ำได้ที่อยู่ใน B- และ C-serum ประกอบด้วย cationic และ anionic proteins ที่มีค่า pI (ค่าความเป็นกรดหรือค่า pH ที่ประจุรวมของโมเลกุลโปรตีนมีค่าเป็นศูนย์) ตั้งแต่ 3.5-9.5 และมีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่น้อยกว่า 14 kD เช่น Hevein ( 5.0 kD ) มีค่า pI 4.7 พบได้ใน B-serum ไปจนถึงมากกว่า 100 kD แต่ส่วนใหญ่เป็น anionic proteins ที่มีน้ำหนักโมเลกุล 14.0 และ 66.0 kD

### 1.3) โปรตีนใน HA latex concentrate และ compounded latex

น้ำยางชั้นเป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์จากน้ำยางชนิดต่างๆ ทำจากน้ำยางสดซึ่งมีปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content : DRC) ประมาณ 25-45 % ให้เป็นน้ำยางที่มีปริมาณเนื้อยางแห้งประมาณ 60 % เพื่อให้สะดวกในการนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ การทำน้ำยางชั้นสามารถทำได้ 3 วิธี คือ การใช้เครื่องปั่นแยก การทำให้เป็นครีมและการระเหยน้ำ แต่ น้ำยางชั้นที่ผลิตในเชิงอุตสาหกรรมร้อยละ 95 จะเป็นน้ำยางชั้นที่ได้โดยวิธีการใช้เครื่องปั่นแยก เมื่อน้ำยางสดจากต้นยางผ่านกระบวนการไปเป็นน้ำยางชั้น ทำให้โปรตีนบางส่วนสูญเสียไปกับ serum ที่ถูกแยกออกไป และปริมาณโปรตีนสามารถลดลงจาก 30-50 มิลลิกรัม/กรัมเนื้อยางแห้ง ไปเป็น 16-26 มิลลิกรัม/กรัมเนื้อยางแห้ง ซึ่งกระจายอยู่ระหว่างส่วนของเนื้อยางและส่วนของ serum โปรตีนที่เกาะอยู่ที่อนุภาคยางเป็นโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุล 14.0 และ 24.0 kD เช่นเดียวกับ

กับในน้ำยางสด แต่ในเรื่องของปริมาณอาจจะลดลงเนื่องจากถูกสกัดออกมาจากผิวเมล็ดยางด้วย แอมโมเนียที่ใช้รักษาสภาพของน้ำยาง โปรตีนใน HA latex serum ที่ยังเหลือเป็นส่วนใหญ่จะเป็น โปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่า 14.0 kD ส่วนโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลขนาดใหญ่ที่พบใน เซรัมน้ำยางสดจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดใน HA latex serum หากนำน้ำยางชั้นที่ผลิตใหม่ ๆ ทำ เป็นแผ่นฟิล์ม จะพบโปรตีนที่สกัดออกมาได้เพียงประมาณ 0.5-0.6 มิลลิกรัม/กรัมเนื้อยางแห้ง อย่างไรก็ตาม ในการผลิตผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง จำเป็นต้องเติมสารเคมีต่างๆ ที่จำเป็น เมื่อได้น้ำ ยางผสม(compounded latex) และมีการบ่มน้ำยาง (maturation) ก่อนการผลิตปริมาณโปรตีนที่ สกัดได้(extractable protein) อาจเพิ่มขึ้นได้ถึง 1 มิลลิกรัม/กรัมเนื้อยางแห้ง

1.4) แหล่งของโปรตีนที่ทำให้เกิดอาการแพ้และชนิดของโปรตีนที่ทำให้เกิด อาการแพ้<sup>13</sup>

การศึกษาเพื่อที่จะชี้ให้เห็นแหล่งของโปรตีนที่ทำให้เกิดอาการแพ้ในน้ำยางธรรมชาติ ซึ่งยังคงปรากฏอยู่บนตั้งแต่ น้ำยางสด น้ำยางชั้น ผ่านกระบวนการผลิตถุงมือยาง และสุดท้ายยังเหลืออยู่ในถุงมือยาง โดยการพิสูจน์โปรตีนจากส่วนต่างๆของน้ำยางธรรมชาติ ว่าส่วนใด เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดอาการแพ้ เพื่อที่จะกำจัดโปรตีนจากส่วนนั้นโดยตรง การทดลองทำโดย แยกโปรตีนจากส่วนต่างๆของน้ำยางคือจากส่วนเนื้อยาง จาก B- และ C-serum แล้วนำโปรตีน แต่ละชนิดมาทำปฏิกิริยากับแอนติบอดีที่สร้างจากกระต่ายพบว่าโปรตีนจาก B- serum จากมี ปฏิกิริยาต่อต้านจากแอนติบอดีมากที่สุด และเมื่อนำไปทดสอบในผู้ที่แพ้ยางปรากฏว่าโปรตีนที่มี ผลการทดสอบเป็นบวกคือโปรตีนที่มีขนาดโมเลกุล 14.5 kD และ 30 kD สำหรับสาเหตุที่ทำให้ โปรตีนเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดอาการแพ้เนื่องจากกระบวนการผลิตจะทำให้โปรตีนมีการเปลี่ยนแปลงทำให้มีฤทธิ์กระตุ้นทำให้เกิดอาการแพ้ ในสมัยก่อนเมื่อมีการแพ้ถุงมือยางนอกจากจะเข้าใจ ว่าสารเคมีที่เป็นส่วนผสมในน้ำยางแล้ว ยังมีความเข้าใจว่าแพ้แป้งที่ใส่ในถุงมือยาง ปัจจุบันพบว่า แป้งที่ใส่ในถุงมือยาง มีความสำคัญที่จะเป็นที่ให้โปรตีนจากยางเกาะ ทำให้ฝุ่นกระจายและก่อให้เกิดอาการแพ้จากการหายใจเข้าไปและการสัมผัส

ตารางที่ 2.4 อิทธิพลของโปรตีนต่อสมบัติของยางธรรมชาติ

ที่มา : Maurice , 1988 <sup>11</sup>

| Properties                  | Influence of Proteins   |
|-----------------------------|---|
| Cure                        | Phospholipids and some proteins are natural accelerator ; fatty acids are activators.   |
| Storage hardening           | Proteins and free amino acids react with abnormal groups in rubber.   |
| Creep and stress relaxation | High contents of proteins and ash lead to moisture absorption, which results in high creep and stress relaxation in vulcanizates. |
| Modulus                     | Increased by proteins.  |
| Filler effect               | Proteins act as fillers. One part of proteins is equivalent to 3 parts of HAF black.  |
| Heat build - up             | Heat build - up in the Goodrich flexometer test is decreased by fatty acid and increased by proteins.                             |
| Tear strength               | Increased by proteins.  |
| Dynamic crack growth        | Resistance increased by proteins.   |

โปรตีนกับอาการแพ้ <sup>3</sup>

การแพ้ยาง เป็นที่รู้จักในวงการแพทย์มากกว่า 60 ปีแล้ว โดยที่ลักษณะการแพ้เป็นแบบผิวหนังอักเสบบริเวณที่สัมผัสยาง ซึ่งอาจเป็นถุงมือยาง รองเท้าแตะยาง ถุงยางอนามัย จากการทดสอบภูมิแพ้ทางผิวหนังพบว่าเกิดจากการแพ้สารที่ใช้ในกระบวนการผลิตยาง ได้แก่ สารที่ใช้เป็นตัวเร่ง(accelerator) และสารป้องกันออกซิเดชัน(antioxidation) เช่นสาร thiurams mercaptobenzothiazoles, carbamate การแพ้ลักษณะนี้ไม่เป็นอันตรายอะไร เมื่อหยุดสัมผัสชิ้นก็จะหายไป

ต่อมาเมื่อปี พ.ศ. 2522 มีรายงานการแพ้โปรตีนในยางเป็นรายแรกโดยเป็นการแพ้แบบเฉียบพลัน ลักษณะเป็นผื่นลมพิษ โดยที่ไม่มีอาการแพ้สารที่ใช้ในกระบวนการผลิตยางอย่างที่เคยทราบกัน ตั้งแต่นั้นมาแพชชันานาชาติก็ให้ความสำคัญต่อการแพ้ชนิดนี้ ในช่วง 10 ปี หลังจากนี้การรายงานการแพ้โปรตีนจากยางธรรมชาติเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วโดยมีรายงานมากกว่า 600 ราย ที่เกิดการแพ้ยางแบบเฉียบพลันและรุนแรงโดยที่ในจำนวนนี้มี 16 ราย มีอาการถึงแก่ชีวิตด้วย จนกระทั่ง วันที่ 29 มีนาคม 2534 องค์การอาหารและยาของประเทศสหรัฐอเมริกาได้ประกาศ “Medical Alert” เตือนแพทย์ทั่วไปดังต่อไปนี้

“ALLERGIC REACTIONS TO RUBBER LATEX-CONTAINING MEDICAL DEVICES:

Because of reports of severe allergic reactions to medical devices containing latex ( natural rubber ),the Food and Drug Administration is advising health-care professional to identify their latex-sensitive patients and be prepared to treat allergic reactions promptly. Patients reaction to latex have ranged from urticaria to systemic anaphylaxis.Latex is a component of many medical devices,including surgical and examination gloves catheters, intubation tubes,anesthesia mask,and rubber dental dams.

“เนื่องจากการรายงานการแพ้เครื่องมือแพทย์ที่ทำจากยางธรรมชาติ องค์การอาหารและยา ขอแนะนำให้แพทย์และบุคลากรทางการแพทย์ช่วยกันเฝ้าระวังการแพ้ยางในผู้ป่วยที่จะได้รับการตรวจหรือรักษาด้วยเครื่องมือและอุปกรณ์การแพทย์ที่มียางเป็นส่วนประกอบ และมีการเตรียมพร้อมที่จะรักษาผู้ป่วยที่มีอาการแพ้อย่างเฉียบพลัน โดยผู้ป่วยอาจมีอาการตั้งแต่ผื่นลมพิษทางผิวหนัง จนถึงมีอาการทางระบบภายในถึงแก่ชีวิต ยางเป็นส่วนประกอบของเครื่องมือแพทย์ ตั้งแต่ถุงมือยาง ถุงมือตรวจโรค ท่อช่วยหายใจ สายยางสวน หน้ากากดมยา เครื่องมือทำฟัน เป็นต้น”

ปัจจุบันในต่างประเทศมีการศึกษา ตำรวจ อัตราการแพ้โปรตีนจากยางกันอย่างกว้างขวาง แต่ยังไม่แน่ชัดว่าอัตราการเกิดเป็นเท่าไร เพราะขึ้นอยู่กับการศึกษาว่าศึกษาในกลุ่มคนชนิดไหน อาชีพอะไร และการวินิจฉัยว่าใช้เกณฑ์การวินิจฉัยอย่างไร เช่นใช้ประวัติเฉยๆ หรือมีการทดสอบผิวหนังด้วย ทำให้อัตราการเกิดแตกต่างกันมาก โดยสรุปพบว่าในกลุ่มประชากรทั่วไปพบว่าแพ้ 1-2 % , บุคลากรทางการแพทย์ 4-11 % 40%ในผู้ป่วยที่มีความผิดปกติทางไขสันหลังตั้งแต่กำเนิดที่ต้องใส่สายสวนปัสสาวะบ่อยๆ (Spina bifida) และ 10%ในผู้ที่ทำงานในโรงงานผลิตถุงมือยาง



ในประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาเรื่องนี้อย่างจริงจัง และยังไม่มียาทางการแพทย์มืออย่างรุนแรง ถ้าจากประวัติการแพ้ดูมมืออย่างโดยไม่อาศัยการทดสอบทางผิวหนังพบว่ามีผู้ป่วยประเภทนี้เป็นจำนวนไม่น้อย แต่เมื่อนำมาทดสอบทางผิวหนังไม่พบว่าแพ้ อาจเป็นเพราะเทคนิคการสกัดสารจากดูมมืออย่างยังไม่ดีพอและยังไม่มีการเจาะเลือดหาสารในยางที่ทำให้เกิดการแพ้ แต่การแพ้แบบผิวหนังอักเสบจากดูมมืออย่าง รองเท้ายาง พบได้บ่อยโดยการทดสอบโดยวิธีแพ็ทท์ทดสอบพบว่าแพ็ทสาร thiuram และ mercaptobenzothiazole ซึ่งเป็นสารที่ใช้ในกระบวนการผลิตยาง

จากการสำรวจในประชากรทั่วไป ในประเทศสหรัฐอเมริกาและฟินด์แลนด์พบว่า 1-2 % ของประชากรมีการแพ้ยาง โดยผู้ที่มีโอกาสแพ้ยางได้สูงได้แก่

1. บุคลากรทางการแพทย์ มีการศึกษาสถิติพบว่าบุคลากรทางการแพทย์มีการแพ้ได้ 4-11 % ขึ้นอยู่กับความบ่อยของการใช้ดูมมืออย่าง โดยเฉพาะศัลยแพทย์และพยาบาลห้องผ่าตัด ยังในปัจจุบันการใช้ดูมมือเพื่อป้องกันการติดเชื้อเอชไอวี อัตราการแพ้จึงสูงขึ้น

2. ผู้ที่มีอาชีพสัมผัสกับยางทุกวันเช่น ผู้ที่ทำงานในโรงงานทำดูมมืออย่าง , ทำเครื่องมือแพทย์จากยาง

3. ผู้ป่วยที่มีความผิดปกติ ทางระบบประสาทแต่กำเนิดที่มีการใส่สายสวนทางเดินปัสสาวะบ่อยๆ ทำให้โอกาสสัมผัสกับยาง การสัมผัสทางเนื้อเยื่อ เช่นเยื่อทางเดินอาหาร ทวารหนัก จะเพิ่มอัตราการแพ้มากขึ้น

4. ผู้ป่วยที่ได้รับการสวน สายเอ็กซเรย์ทางเดินอาหาร (Barium enema) ด้วยสายยางที่มีปลายเป็นยาง

สำหรับอาการของผู้ที่แพ้อาการมีตั้งแต่เล็กน้อยไปจนถึงมากได้ คือตั้งแต่อาการแสบๆคันๆ เวลาใส่ดูมมืออย่างใหม่ๆ อาจมีผื่นหรือไม่ก็ได้ ผื่นอาจเป็นแค่ผื่นแดง,บวมแบบลมพิษ มีอาการน้ำมูก น้ำตาไหล หรือ ในรายที่เป็นมานานๆ จะเกิดผื่นแบบผิวหนังอักเสบ ได้บางครั้ง ทำให้แยกจากอาการระคายเคืองสำคัญที่ประวัติค้น แสบ หลังจากที่ใช้ดูมมือในเวลาเป็นชั่วโมง หรือน้อยกว่า ในรายที่แพ้มากจะมีอาการทางระบบภายในร่วมด้วย คือ อาการแน่นหน้าอก หายใจไม่ออก ปวดท้อง ท้องเสีย หอบ หืด หรือ ถึงแก่ความตายได้ อาการอาจค่อยเป็นค่อยไป หรือ รุนแรงในครั้งแรกก็ได้

การพิสูจน์การแพ้แบบผิวหนังอักเสบ ทำได้โดยการทดสอบปิดแผ่นหลัง โดยวิธีแพ็ทท์เทส ( patch test ) ส่วนการแพ้แบบเฉียบพลันทำได้โดยการสกัดผิวหนัง (prick test) แต่เนื่องจากมีการรายงานว่าทดสอบด้วยวิธีนี้อาจทำให้เกิดการแพ้ถึงแก่ชีวิต ได้เหมือนกับการทดสอบด้วยยาเพนนิซิลิน จึงแนะนำให้ทดสอบขั้นต้นให้ทำการทดสอบโดยการใช้ (use test) ก่อน

โดยการใช้ถุงมือตัดออกเฉพาะนิ้วซุนน้ำแล้วสวมไว้เฉพาะนิ้ว 15 นาที ถอดออกแล้วอ่านผล ถ้าไม่เกิดอาการให้ใส่ทั้งมือ 15 นาที ถ้าไม่เกิดอาการจึงทำการทดสอบโดยวิธีสก็ด โดยใช้ถุงมือของผู้ป่วยและสารมาตรฐาน

การป้องกันการแพ้ยาง โดยการศึกษาการสัมผัสกับยางเป็นสิ่งที่เป็นไปได้ยาก โดยเฉพาะบุคลากรทางการแพทย์ ถ้ารู้ว่าแพ้ถุงมือยางให้ใช้ถุงมือที่ทำจากยางสังเคราะห์เช่น Neoprene glove หรือ vinyl glove หรือใส่ถุงมือผ้าไว้ก่อนใส่ถุงมือยาง ในรายผู้ที่ไม่ใช่บุคลากรทางการแพทย์แล้วมีอาการแพ้ถุงมือยางในต่างประเทศ แนะนำให้ซื้อถุงมือชนิดที่ไม่ใช่ยางติดตัวให้แพทย์หรือทันตแพทย์ใช้เวลาก่อนไปรับบริการตรวจและมีสวี่ขอบอกว่าเป็น "NATURAL LATEX ALLERGY"

ในต่างประเทศ ก่อนที่ผู้ป่วยจะได้รับการผ่าตัด แพทย์ดมยาจะต้องถามประวัติการแพ้ยางเสมอ โดยอาจจะถามถึงประวัติการเป่าลูกโป่งตอนเด็กๆ หรือถ้าเป็นผู้ชายถามประวัติการใช้ถุงยางอนามัยเป็นต้น

ในปัจจุบันนี้ปัญหานี้ยังไม่มียารักษาในประเทศไทย แต่เป็นสิ่งที่ไม่ควรประมาท เพราะเกิดอันตรายถึงชีวิตได้

#### เทคนิคการลดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติ

น้ำยางผสมสารเคมีจะมีปริมาณโปรตีนที่สกัดได้อยู่ประมาณ 1 มิลลิกรัม/กรัมเนื้อยางแห้ง ซึ่งเป็นผลมาจากการมี KOH และ Surfactants ซึ่งสามารถละลายโปรตีนได้มากขึ้น อย่างไรก็ตาม การให้ความร้อนกับน้ำยางผสมสารเคมี หรือแผ่นฟิล์มที่ได้จากน้ำยางผสมสารเคมี นั้น จะทำให้สามารถวัดปริมาณโปรตีนที่สกัดได้เพิ่มขึ้นถึง 2 มิลลิกรัม/กรัมเนื้อยางแห้ง หรือมากกว่า และแม้จะทำการล้างสารเคมี (leaching) เพื่อลดปริมาณสารตกค้างได้บ้าง (การล้างสารเคมีที่ตกค้าง เป็นวิธีมาตรฐานในกระบวนการผลิตถุงมือยาง โดยมีจุดประสงค์ในการล้างสารที่ละลายน้ำได้ออกไป เพื่อลดการเกิดสีขุ่น, การเปลี่ยนสีหรือการครุ่นน้ำของผลิตภัณฑ์ การล้างนี้สามารถทำได้ 2 แบบคือ แบบ dry film leaching หมายถึงเมื่อผ่านการทำให้คงรูปแล้ว จึงผ่านไปในถังล้างทำให้แห้งแล้วถอดออกจากพิมพ์ และแบบ wet gel leaching ซึ่งหมายถึงเมื่อจุ่มแบบพิมพ์ลงในถังน้ำยาง ทำให้หมาด แล้วผ่านไปในถังล้าง ก่อนทำให้แห้งและทำให้คงรูปตามลำดับ โดยที่การล้างเป็นกระบวนการที่ควบคุมโดยการแพร่ของสารเคมีในตัวกลาง 2 แบบ (diffusion-controlled process) การทำ wet gel leaching จะมีประสิทธิภาพมากกว่า dry film leaching ในการกำจัดสารที่ละลายน้ำได้ แต่ในขั้นตอนการทำให้แห้ง ก็ทำให้แผ่นฟิล์มได้รับความร้อนอีก และจะ

วัดปริมาณโปรตีนที่สกัดได้เพิ่มมากขึ้น ด้วยเหตุผลนี้ จึงทำให้การทำ dry film leaching จำเป็นในกระบวนการผลิตถุงมือยางและถุงยางอนามัย ซึ่งต้องเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณโปรตีนที่สกัดได้น้อย อย่างไรก็ตาม wet gel leaching ก็สามารถกำจัดโปรตีนได้ในระดับหนึ่ง แต่การที่ถุงมือในพิมพ์ต้องผ่านขั้นตอนการทำให้ยางคงรูป ซึ่งใช้อุณหภูมิประมาณ 120 องศาเซลเซียส นั้น จะทำให้โปรตีนเคลื่อนย้ายมาอยู่ที่ผิวของถุงมือยาง ซึ่งจะทำให้เมื่อมีการตรวจปริมาณโปรตีน ก็จะได้ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้มากเช่นเดิม ส่วน dry film leaching นั้น หลังการล้างควรทำให้แห้งที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อป้องกันการเคลื่อนย้ายของโปรตีนมาที่ผิวของถุงมือยาง

นอกจากการปรับปรุงกระบวนการผลิตในการทำ leaching แล้ว การที่จะลดปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ ให้มีปริมาณอยู่ในระดับ 0.1 มิลลิกรัม/กรัม หรือ 100 ไมโครกรัม/กรัมยางแห้ง สามารถทำได้ 5 วิธี คือ

1. การใช้น้ำยางพรีวัลคาไนซ์ในการผลิต ในขั้นตอนการล้างให้ทำ wet gel leaching ที่ 50 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที แล้วทำ dry film leaching ตั้ๆ โดยการจุ่มหรือพ่นน้ำ

2. การใช้น้ำยางพรีวัลคาไนซ์ ที่ปั่นซ้ำ (recentrifuged prevulcanised latex) ในขั้นตอนการล้าง ให้ทำ wet gel leaching ที่ 50 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที แล้วทำ dry film leaching ตั้ๆ

3. ใช้น้ำยางโปรตีนต่ำ ในขั้นตอนการล้าง ให้ทำ wet gel leaching ที่ 70 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที แล้วทำ dry film leaching ตั้ๆ

4. การทำคลอรีนชั้นที่ผิว โดยการจุ่มในสารละลายคลอรีน

5. การพอลิเมอร์สังเคราะห์เคลือบผิว โดยการจุ่มลงในน้ำยางสังเคราะห์ เช่น โคลิเมอร์ของ 2-hydroxyethyl methacrylate กับ monomer ต่างๆ หลายชนิด

จากวิธีต่างๆ ดังกล่าวการทำคลอรีนชั้นให้ผลดีที่สุด จากการทดลองพบว่า ถุงยางคลอรีน ไม่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาในคนไข้ที่เคาะแสดงการแพ้ สำหรับกลไกของการคลอรีนชั้น คาดว่าจะเกิดใน 2 แบบคือ แบบที่ 1 คลอรีนทำปฏิกิริยากับโปรตีนและทำให้โปรตีนนั้นกลายเป็นโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำ และ แบบที่ 2 คลอรีนทำตัวเป็นสิ่งขวางกั้น(barrier) ที่ผิวหน้าของถุงมือ ทำให้โปรตีนไม่สามารถเคลื่อนย้ายมาที่ผิวของถุงมือยางได้ แต่วิธีที่ง่ายที่สุดคือการชะล้างโปรตีนออกจากถุงมือยางด้วยน้ำ<sup>15</sup>

งานวิจัยที่เกี่ยวกับการชะล้างโปรตีน 7, 12, 14, 16

S.J. Dalrymple และ B.G. Audley (1992) ได้ศึกษาแพกเคอร์ที่มีผลต่อปริมาณ extractable protein ที่อยู่บนผิวของผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติที่ผลิตด้วยวิธีจุ่มแบบ(dipping process) โดยแพกเคอร์ที่สำคัญที่ S.J. Dalrymple และ B.G. Audley ทำการศึกษาคือ wet-gel leaching, dry-film washing, water hardness, steam treatment (autoclaving), treatment with acid and ammonia, chlorination, surface swabbing, distribution of proteins และ vulcanization system กระบวนการในการทดลองและผลการทดลองมีดังต่อไปนี้

1) Wet-gel leaching ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองคือแผ่นฟิล์มยางที่เตรียมจากน้ำยางชั้นชนิด precalcanized โดยใช้แผ่นแก้วเป็นแบบจุ่ม ชั้นแรกจุ่มแผ่นแก้วลงในสารละลายช่วยในการจับตัวซึ่งในที่นี้ใช้ 10% w/w calcium nitrate ใน industrial methylated spirited ทิ้งให้แห้งหมาดๆ แล้วนำไปจุ่มในน้ำยางชั้น นำไปอบที่ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 7 นาที จากนั้นนำมาทำ Wet-gel leaching ในขณะที่แผ่นฟิล์มยังอยู่บนแผ่นกระจก ซึ่งอัตราส่วนของน้ำที่ใช้ในการชะล้างต่อยางเท่ากับ 400 : 1 โดยน้ำหนัก นำแผ่นฟิล์มไปอบที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำแผ่นฟิล์มมาวิเคราะห์หาปริมาณ Extractable protein ภาวะในการทำ Wet-gel leaching และผลการทดลองแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลของ Wet-gel leaching ของแผ่นฟิล์มยางชนิดจุ่ม(dipped films)

| เวลาชะล้าง (นาที) | อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส) | ปริมาณ Extractable protein ที่วิเคราะห์ได้จากแผ่นฟิล์มหลังการทดลอง (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) |
|-------------------|------------------------|---|
| 2                 | 80                     | 250   |
| 2                 | 90                     | 200   |
| 2                 | 100                    | 125   |
| 10                | 60                     | 100   |

\*ปริมาณ Extractable protein ของแผ่นฟิล์มที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการทดลองหรือแผ่นฟิล์มควบคุม = 500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

2) Dry-film washing ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองคือถุงมือยางที่เตรียมขึ้นในห้องปฏิบัติการที่ยังสวมอยู่บนแบบและแผ่นฟิล์มยางการเตรียมแผ่นฟิล์มยางตัวอย่างมีวิธี เตรียมเช่นเดียวกับการทำ Wet-gel leaching แต่การอบฟิล์มครั้งแรกทำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำมาทำ Dry-film washing อัตราส่วนของน้ำที่ใช้ในการชะล้างต่อยางเท่า

กับ 400 : 1 โดยน้ำหนัก หลังจากทำ Dry-film washing แล้วอบแห้งใหม่ที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45-60 นาที แล้วนำแผ่นฟิล์มมาวิเคราะห์หาปริมาณ Extractable protein ภาวะในการทำ Dry-film washing และผลการทดลองแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดลอง Dry-film washing ของถุงมือยางและแผ่นฟิล์มยางชนิดจุ่ม(dipped films)

| ตัวอย่าง    | เวลาชะล้าง (นาที) | ภาวะการล้าง | อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | ปริมาณ Extractable protein ที่วิเคราะห์ได้จากแผ่นฟิล์มหลังการทดลอง (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) |
|-------------|-------------------|-------------|-------------------------|---|
| แผ่นฟิล์ม 1 | 30                | ไม่มีการกวน | 60                      | น้อยมาก   |
|             | 60                | ไม่มีการกวน | 60                      | น้อยมาก   |
|             | 90                | ไม่มีการกวน | 60                      | น้อยมาก   |
| แผ่นฟิล์ม 2 | 30                | ไม่มีการกวน | 90                      | 40  |
|             | 60                | ไม่มีการกวน | 90                      | น้อยมาก   |
|             | 120               | ไม่มีการกวน | 90                      | น้อยมาก   |
| ถุงมือยาง   | 5                 | มีการกวน    | 23                      | 69  |
|             | 5                 | มีการกวน    | 60                      | น้อยมาก   |
|             | 5                 | มีการกวน    | 80                      | น้อยมาก   |
|             | 5                 | มีการกวน    | 100                     | น้อยมาก   |

\*ปริมาณ Extractable protein ของแผ่นฟิล์มที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการทดลองหรือแผ่นฟิล์มควบคุมเป็นดังนี้ แผ่นฟิล์ม 1 = 580 มิลลิกรัม/กิโลกรัม  
แผ่นฟิล์ม 2 = 580 มิลลิกรัม/กิโลกรัม  
ถุงมือยาง = 690 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

จากผลการทดลองพบว่าการทำ dry-film washing ในน้ำที่อุณหภูมิสูงโดยไม่มีการกวนจะลดปริมาณ extractable protein ได้มากขึ้น การทำ dry-film washing โดยมีการกวนในถุงมือยางจะให้ผลที่ไม่ต่างกัน แม้อุณหภูมิที่ทำ dry-film washing จะสูงขึ้น แม้ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส ซึ่งถือว่าเป็นอุณหภูมิห้องก็สามารถลดปริมาณ extractable protein ได้ถึง 90 %

ในกรณีของ wet-gel leaching เมื่อดูผลจากตารางที่ 1 จะเห็นว่าปริมาณ Extractable protein ที่วิเคราะห์ได้จากแผ่นฟิล์มหลังการทดลองมีปริมาณสูงถึงแม้จะมีแนวโน้มที่ลดลงตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น แม้แต่การทำ wet-gel leaching ที่ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาทีก็ยังสามารถวิเคราะห์ extractable protein ได้ 20 %

3) ผลของความกระด้างของน้ำ(water hardness) ตัวอย่างที่ใช้ศึกษาคือแผ่นฟิล์มยางโดยมีกระบวนการเตรียมแผ่นฟิล์มและการอบแห้ง เช่นเดียวกับการทดลอง Wet-gel leaching แต่ในขั้นตอนการล้างจะทำที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และมีการกวนน้ำด้วยภาวะของน้ำกระด้างและผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลของความกระด้างของน้ำล้างต่อการทำ Wet-gel leaching ของแผ่นฟิล์มยางชนิดจุ่ม(dipped films)

| ระดับความกระด้างของน้ำล้าง<br>(ppm CaCO <sub>3</sub> ) | ค่าความเป็นกรดค่า | ปริมาณ Extractable protein ที่วิเคราะห์ได้จากแผ่นฟิล์มหลังการทดลอง (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) |
|--|-------------------|---|
| 340  | 7.56              | 131.10  |
| 290  | 7.37              | 79.35   |
| 100  | 8.06              | 169.05  |
| 20   | 7.67              | 58.65   |
| 20   | 8.01              | 44.85   |
| น้ำกลั่น   | 5.22              | 34.50   |

\*ปริมาณ Extractable protein ของแผ่นฟิล์มที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการทดลองหรือแผ่นฟิล์มควบคุม = 345 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

4) ความแตกต่างของปริมาณ Extractable protein ที่สกัดได้จากผิวภายนอกและผิวภายในของถุงมือยาง เพื่อจะดูว่าextractable protein มีการกระจายตัวที่สม่ำเสมอกันทั่วทั้งเนื้อยางหรือไม่ ซึ่งก่อนอื่นจะอธิบายถึงความหมายของผิวด้านนอกและด้านในของถุงมือยางดังนี้ ถุงมือยางที่ผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมจะผลิตโดยวิธีจุ่มแบบคือแม่พิมพ์จะถูกจุ่มลงในน้ำยางชั้นที่เรียกว่าน้ำยาง compounds แล้วนำไปอบให้น้ำยางแข็งตัว จากนั้นถุงมือยางจะถูกถอดออกจากพิมพ์โดยที่จะกลับเอาด้านที่สัมผัสกับพิมพ์ออกเป็นด้านนอกของถุงมือยาง ส่วนด้านที่สัมผัสกับอากาศจะเป็นผิวด้านในของถุงมือยาง ในการทดลองนี้ใช้ถุงมือยางเป็นตัวอย่างทดลอง ความหมายของผิว

ด้านในและด้านนอกจึงหมายถึงผิวของถุงมือยางเมื่อถอดออกจากพิมพ์แล้ว กระบวนการในการทดลองจะใช้ถุงมือยาง 2 คู่ โดยที่ถุงมือยาง 1 ข้างของแต่ละคู่จะถูกกลับเอาผิวด้านในออกมากลายเป็นด้านนอก จากนั้นเติมสารละลาย 0.85 % w/w ของ sodium chloride ในน้ำกลั่น ลงในถุงมือยางแต่ละข้างคิดเป็นน้ำหนัก 8 เท่าของถุงมือยาง จากนั้นผูกที่ข้อมือของถุงมือยางให้แน่นด้วยด้าย จากนั้นนำถุงมือยางคู่ที่ 1 ไป incubated ในตู้อบที่มีพัดลมสำหรับกระจายลมที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชม. ในระหว่างนี้ให้เขย่าถุงมือยางถุงมือยางเป็นครั้งคราว(การทดลอง ก) ส่วนถุงมือยางอีกคู่หนึ่งนำไป incubated บน water bath เป็นเวลา 3 ชม. และเขย่าบ้างเป็นครั้งคราวเช่นกัน (การทดลอง ข) ทำการทดลองอีกชุดหนึ่งโดยใช้นิ้วมือของถุงมือยางที่เตรียมขึ้นในห้องปฏิบัติการจำนวน 4 นิ้ว มาทำการทดลองเหมือนถุงมือยางคู่ที่ 2 ภาวะและผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความแตกต่างของปริมาณ Extractable protein บนผิวของถุงมือยางด้านในและด้านนอก

| ตัวอย่างที่ใช้ทดลอง                       | วิธีการทดลอง | พื้นผิวที่ชะล้างโปรตีน | ปริมาณ Extractable protein ที่ชะล้างได้ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) |
|---|--------------|------------------------|--|
| ถุงมือยาง                                 | ก            | ด้านใน                 | 345  |
| ถุงมือยาง                                 | ก            | ด้านนอก                | 595  |
| ถุงมือยาง                                 | ข            | ด้านใน                 | 395  |
| ถุงมือยาง                                 | ข            | ด้านนอก                | 565  |
| นิ้วของถุงมือยางที่เตรียมในห้องปฏิบัติการ | ข            | ด้านใน                 | 275  |
|   |              | ด้านนอก                | 25   |
|   |              | ด้านใน                 | 320  |
|   |              | ด้านนอก                | 30   |

จากผลการทดลองเป็นการยืนยันว่าปริมาณ Extractable protein จากผิวถุงมือยางด้านในและด้านนอกมีความแตกต่างกัน แต่มีความขัดแย้งกันบางประการเกี่ยวกับความแตกต่างกล่าวคือ ตัวอย่างถุงมือยางที่ไม่ได้เตรียมในห้องปฏิบัติการจะมีปริมาณ Extractable protein ของผิวด้านนอกสูงกว่าผิวด้านใน แต่ถุงมือยางที่เตรียมในห้องปฏิบัติการมีปริมาณ Extractable protein ของผิวด้านในสูงกว่าผิวด้านนอก

5) ผลของใช้วัสดุซับ(swabbing)ที่ผิวของถุงมือยาง เนื่องจาก extractable protein จะอยู่ที่ผิวของถุงมือยาง extractable protein เหล่านี้จึงน่าจะถูกละเลือนย้ายจากผิวได้ถ้าใช้วัสดุไปซับที่ผิวของถุงมือยาง ในการทดลองนี้ใช้ cotton wool ซึ่งเปียกหมาดๆ เป็นวัสดุซับที่ผิวถุงมือยาง โดยมีกระบวนการดังนี้ ตัดชิ้นส่วนบริเวณฝ่ามือของถุงมือยางเป็นรูปสี่เหลี่ยมจะได้แผ่นยาง 2 ชิ้นมีขนาดเท่ากัน นำแผ่นยางชิ้นหนึ่งมาซับที่ผิวด้วย cotton wool เป็นเวลา 30 วินาที ส่วนอีกแผ่นหนึ่งจะใช้เปรียบเทียบกับไม่มีการซับบนแผ่นยางแผ่นนี้ จากนั้นนำแผ่นยางทั้ง 2 แผ่นไปวิเคราะห์หา extractable protein ภาวะและผลการทดลองแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลของการใช้ cotton wool ซับที่ผิวของถุงมือยาง

| ตัวอย่างถุงมือยาง | ผิวของถุงมือยางที่ถูกซับ   | ปริมาณ Extractable protein ที่วิเคราะห์ได้จากแผ่นที่สัมผัสถึงการทดลอง* (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) |
|-------------------|----------------------------|---|
| 1                 | ไม่ถูกซับ                  | 760   |
|                   | ซับผิวด้านใน               | 625   |
|                   | ไม่ถูกซับ                  | 720   |
|                   | ซับทั้งผิวด้านนอกและด้านใน | 235   |
| 2                 | ไม่ถูกซับ                  | 610   |
|                   | ซับผิวด้านใน               | 555   |
|                   | ไม่ถูกซับ                  | 610   |
|                   | ซับผิวด้านนอก              | 340   |
| 3                 | ไม่ถูกซับ                  | 680   |
|                   | ซับผิวด้านใน               | 555   |
|                   | ไม่ถูกซับ                  | 660   |
|                   | ซับผิวด้านนอก              | 370   |

\*เป็นปริมาณโปรตีนจากผิวทั้ง 2 ด้านของชิ้นยาง

จากผลการทดลองในตารางจะพบว่า การซับผิวด้านนอกจะสามารถลดปริมาณ Extractable protein ได้มากกว่าการซับผิวด้านในของทุกการทดลอง กล่าวคือผิวด้านนอกจะลดได้ 45 % และผิวด้านใน 10-20 % แต่ถ้าเป็นการซับทั้ง 2 ด้านก็จะยิ่งลดได้มากขึ้น



6) ผลของ vulcanization system สิ่งที่จะทำการทดลองเกี่ยวกับ vulcanization system คือการอบไอน้ำและการพ่นด้วยอากาศร้อน ตัวอย่างที่ใช้คือแผ่นฟิล์มแบบจุ่ม สำหรับน้ำยางชั้นที่ใช้ในการเตรียมฟิล์มมีสูตรองค์ประกอบดังต่อไปนี้

ตารางที่ 6 องค์ประกอบของน้ำยางชั้นที่ใช้เตรียมตัวอย่างเพื่อศึกษาผลของ vulcanization system

| องค์ประกอบ                   | Prevulcanized<br>(ส่วนโดยน้ำหนัก) |       | Post-vulcanized<br>(ส่วนโดยน้ำหนัก) |       |
|------------------------------|-----------------------------------|-------|-------------------------------------|-------|
|                              | 1                                 | 2     | 3                                   | 4     |
| HA concentrate               | 167.0                             | 167.0 | 167.0                               | 167.0 |
| 20 % KOH soln.               | 2.0                               | 3.0   | 2.0                                 | 2.0   |
| 20 % Potassium laurate soln. | 1.0                               | 1.0   | 1.0                                 | 1.0   |
| 50 % Sulphur dispersion      | 1.0                               | 3.0   | 1.0                                 | 3.0   |
| 50 % ZnO dispersion          | 0.2                               | 1.0   | 0.2                                 | 0.4   |
| 50 % ZDEC dispersion         | 0.6                               | 1.2   | 0.6                                 | -     |
| 50 % ZDBC dispersion         | -                                 | -     | -                                   | 1.5   |
| Water                        | 27.5                              | 23.1  | 27.5                                | 26.4  |

กระบวนการในการทดลองเริ่มต้นโดย การทำ wet-gel leaching แผ่นฟิล์มแบบจุ่มเป็นเวลา 2 นาที ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปเป่าด้วยอากาศร้อนหรืออบไอน้ำในเครื่อง autoclave ที่เวลาและอุณหภูมิต่างๆ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 7

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7 ผลของไอน้ำและอากาศร้อนต่อปริมาณ Extractable protein ของแผ่นฟิล์มยางแบบจุ่ม

| การทดลอง                                  | อุณหภูมิ(°ซ) | เวลา(นาที) | ปริมาณ Extractable protein ที่วิเคราะห์ได้จากแผ่นฟิล์มหลังการทดลอง (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) |         |
|---|--------------|------------|---|---------|
|   |              |            | Bradford  | Lowry   |
| วิธีวิเคราะห์หาปริมาณ Extractable protein |              |            | Bradford  | Lowry   |
| Post-vulcanized films                     |              |            |   |         |
| Air                                       | 120          | 60         | 69  | 51      |
| Steam                                     | 120          | 60         | 20  | 10      |
| Prevulcanized films                       |              |            |   |         |
| Air                                       | 120          | 60         | 61  | 60      |
| Steam                                     | 120          | 60         | น้อยมาก   | น้อยมาก |
| Steam                                     | 110          | 120        | น้อยมาก   | -       |
| Steam                                     | 110          | 60         | น้อยมาก   | -       |
| Steam                                     | 105          | 60         | น้อยมาก   | -       |
| Steam                                     | 105          | 30         | น้อยมาก   | -       |

\*ปริมาณ Extractable protein ของแผ่นฟิล์มที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการทดลองหรือแผ่นฟิล์มควบคุม ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส = 580 มิลลิกรัม/กิโลกรัม สำหรับที่อุณหภูมิอื่นๆ = 520 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

- หมายถึงไม่ได้ทำการวัด

จากตารางจะเห็นว่า การอบไอน้ำในเครื่อง autoclave จะมีผลในการลดปริมาณ extractable protein ได้มากกว่าการใช้อากาศร้อน และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการอบไอน้ำในเครื่อง autoclave ของแผ่นฟิล์มยาง Post-vulcanized และ Prevulcanized จะเห็นว่า การอบไอน้ำมีผลต่อการลดปริมาณ extractable protein ใน Prevulcanized มากกว่า

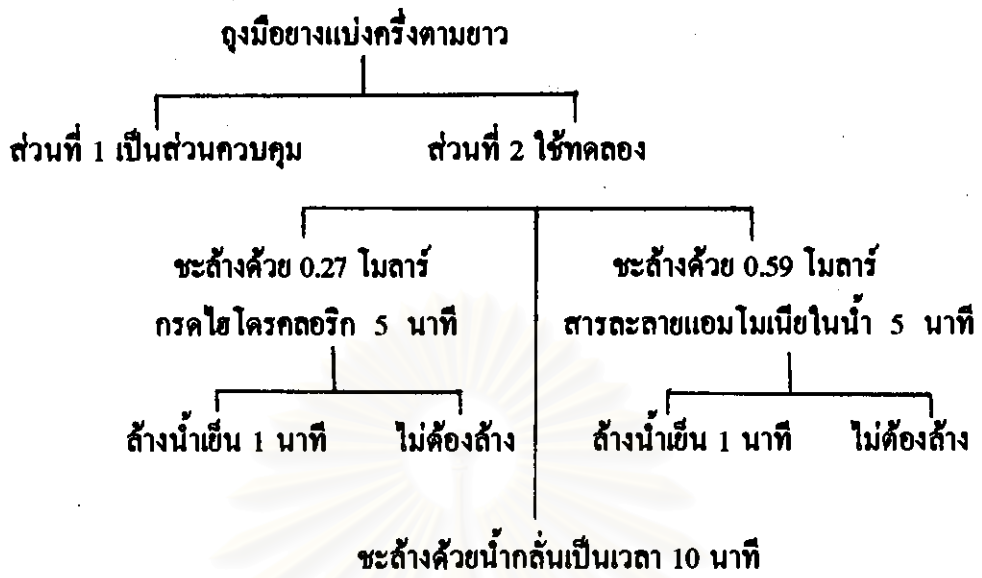
กระบวนการทดลองอีกอย่างหนึ่งที่จะศึกษา คือ ในกรณีที่เก็บแผ่นฟิล์มยางไว้เป็นระยะเวลาช่วงหนึ่งก่อนที่จะนำมาทำ wet-gel leaching ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 นาทีแล้ววิเคราะห์หาปริมาณ extractable protein จะมีผลต่อปริมาณ extractable protein ที่สกัดได้หรือไม่ ภาวะการทดลองและผลแสดงอยู่ในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลของช่วงระยะเวลาเก็บแผ่นฟิล์มตัวอย่างก่อนการทดลองต่อการชะล้างโปรตีนออกจากแผ่นฟิล์มแบบจุ่มที่เตรียมจาก vulcanization system ที่ต่างกัน

| vulcanization system | สูตรน้ำยาง | ระยะเวลาที่เก็บไว้(วัน) | ปริมาณ Extractable protein ที่วิเคราะห์ได้จากแผ่นฟิล์มหลังการทดลอง (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) |
|----------------------|------------|-------------------------|---|
| Prevulcanized        | 1          | 1                       | 190   |
|                      | 1          | 11                      | 320   |
|                      | 2          | 3                       | 380   |
|                      | 2          | 5                       | 380   |
| Post-vulcanized      | 3          | 3                       | 150   |
|                      | 4          | 1                       | 175   |
|                      | 4          | 7                       | 185   |
| Radiation vulcanized | -          | -                       | 700   |

จากผลการทดลองในตาราง จะเห็นว่าระยะเวลาในการเก็บจะมีผลต่อการลดปริมาณ Extractable protein ของแผ่นฟิล์มยางที่เตรียมจากน้ำยางในระบบ Post-vulcanized มากกว่า Prevulcanized สำหรับ Radiation vulcanized จะลดปริมาณ Extractable protein ได้มากจนเห็นได้ชัดเจนมากที่สุด

2.7) ผลของการชะล้างด้วยสารละลายกรดและแอมโมเนีย ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองคือถุงมือยางตรวจโรคที่มีขายทั่วไป โดยนำถุงมือยางมาผ่าตามยาวเป็น 2 ส่วนส่วนหนึ่งเป็นส่วนควบคุม(ไม่ต้องผ่านกระบวนการทดลอง) อีกส่วนหนึ่งใช้ในการทดลอง โดยมีกระบวนการทดลองดังนี้



ทุกการทดลองทำที่อุณหภูมิห้อง ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการใช้กรดไฮโดรคลอริก แอมโมเนีย และน้ำกลั่นชะล้าง extractable protein ออกจากดูงมื่อขง

| ภาวะการชะล้าง   | ค่าความเป็นกรดต่าง | กระบวนการภายหลังการชะล้าง | ปริมาณ Extractable protein ที่วิเคราะห์ได้จากแผ่นฟิล์มหลังการทดลอง (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) |
|-----------------|--------------------|---------------------------|---|
| แอมโมเนีย       | 11.4               | ไม่ล้างน้ำ                | 12  |
| แอมโมเนีย       | 11.4               | ล้างน้ำ                   | 9   |
| กรด ไฮโดรคลอริก | 0.7                | ไม่ล้างน้ำ                | 7   |
| กรด ไฮโดรคลอริก | 0.7                | ล้างน้ำ                   | 6   |
| น้ำกลั่น        | 5.5                | -                         | 10  |
| น้ำกลั่น        | 5.5                | -                         | 10  |

\*ปริมาณ Extractable protein ของแผ่นฟิล์มที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการทดลองหรือแผ่นฟิล์มควบคุม = 690 มิลลิกรัม/กิโลกรัมดูงมื่อขง

จะเห็นว่าการชะล้างโปรตีนด้วยกรดและแอมโมเนีย จะให้ผลในการลดปริมาณ extractable protein ได้มากกว่าการชะล้างด้วยน้ำ

8) ผลของการใช้สารละลายชนิดต่างๆ ชะล้าง extractable protein ออกจากถุงมือยาง ในการทดลองนี้จะใช้ น้ำกลั่น สารละลายกรดไตรคลอโรอะซิติก ความเข้มข้น 0.28 โมลาร์ สารละลาย methylated spirits และสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ความเข้มข้น 0.3 โมลาร์ ทำการชะล้าง extractable protein ในแผ่นฟิล์มยางชนิดจุ่ม ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลของการใช้สารละลายชนิดต่างๆ ชะล้าง Extractable protein ออกจากแผ่นฟิล์มยางชนิดจุ่ม(dipped films) ที่อุณหภูมิห้อง

| สารละลาย           | ภาวะการล้าง   | ปริมาณ Extractable protein ที่วิเคราะห์ได้จากแผ่นฟิล์มหลังการทดลอง (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) |
|--------------------|---|---|
| น้ำกลั่น           | -   | 56.10   |
| กรดไตรคลอโรอะซิติก | ล้างโดยไม่มีการกวน 3 นาที ล้างน้ำจ้ำ 1 นาที โดยมีการกวนด้วย | 14.85   |
| methylated spirits | เหมือนกรดไตรคลอโรอะซิติก                                    | 138.6   |
| ฟอร์มัลดีไฮด์      | ล้างโดยมีการกวน 3 นาที ไม่ล้างน้ำจ้ำ                        | 33.00   |

\*ปริมาณ Extractable protein ของแผ่นฟิล์มที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการทดลองหรือแผ่นฟิล์มควบคุม = 330 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

จากผลการทดลองจะเห็นว่ากรดไตรคลอโรอะซิติกมีผลต่อการชะล้างปริมาณ extractable protein มากที่สุด สำหรับ methylated spirits ซึ่งใช้ในกระบวนการผลิตถุงมือยางชนิดไม่มีแป้งก็ให้ผลที่น้อยกว่ากรดไตรคลอโรอะซิติก ในกรณีของฟอร์มัลดีไฮด์ เป็นสารเคมีที่เป็นที่รู้กันว่าจะเกิดปฏิกิริยากับโปรตีนโดยมีกลไกที่ซับซ้อนได้สารที่มีพิษจึงไม่ควรนำมาใช้เป็นสารที่ใช้ลดปริมาณ extractable protein ในผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติ

2.9) ศึกษาปริมาณ extractable protein ในแผ่นฟิล์มหล่อ(cast film) โดยมีตัวแปรคือชนิดของน้ำยางชั้นที่ใช้ในการเตรียมแผ่นฟิล์มยาง ความหนาของแผ่นฟิล์มยาง และภาวะในการอบแห้งแผ่นฟิล์มยาง แสดงผลการทดลองในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ผลการทดลองหาปริมาณ Extractable protein ในฟิล์มหล่อ

| น้ำยางชั้น     | ความหนาของแผ่นฟิล์ม(มม.) | ภาวะการอบแห้ง   | ปริมาณ Extractable protein ที่วิเคราะห์ได้จากแผ่นฟิล์มหลังการทดลอง* (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) |
|----------------|--------------------------|---|--|
| น้ำยางชั้น     | 0.30                     | ไม่ทราบ   | 270  |
| น้ำยางชั้น     | 0.35                     | ไม่ทราบ   | 70   |
| HA concentrate | 0.20                     | 18 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง  | 160  |
| HA concentrate | 0.20                     | 1.5 ชั่วโมงที่ 70 องศาเซลเซียส  | 140  |
| MR Revultex    | 0.23                     | ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนเนื้อฟิล์มมีความใส อบอุ่นที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที | 280  |
| MR Revultex    | 0.52                     | ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนเนื้อฟิล์มมีความใส อบอุ่นที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที | 175  |
| MR Revultex    | 0.23                     | ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนเนื้อฟิล์มมีความใส แล้วเก็บไว้เหนือแคลเซียมคลอไรด์ใน desiccator 3 วัน | 550  |
| MR Revultex    | 0.52                     | ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนเนื้อฟิล์มมีความใส แล้วเก็บไว้เหนือแคลเซียมคลอไรด์ใน desiccator 3 วัน | 465  |

จากผลการทดลองฟิล์มยางที่ทำจากน้ำยางชั้นชนิด MR Revultex จะให้ปริมาณ extractable protein ที่สูง แต่ก็ขึ้นกับภาวะในการอบแห้งแผ่นฟิล์มยางด้วย แผ่นฟิล์มที่มีความหนามากกว่าจะให้ปริมาณ extractable protein น้อยกว่าแผ่นฟิล์มที่มีความหนาน้อยกว่าเมื่อน้ำยางชั้นเป็นน้ำยางชั้นชนิดเดียวกันและภาวะในการอบแห้งแผ่นฟิล์มเป็นภาวะเดียวกัน แต่ไม่มีความสัมพันธ์ที่เป็นระบบระหว่างความหนาและปริมาณ Extractable protein

ผลการทดลองที่แตกต่างจากตัวอย่างอื่นมากที่สุดคือแผ่นฟิล์มที่เก็บใน desiccator ซึ่งมีปริมาณ Extractable protein มากที่สุดอย่างเห็นได้ชัด

10) ผลของการทำ chlorination วัตถุประสงค์ของการทำ chlorination ที่ผิวของถุงมือยางเพื่อให้ผิวของถุงมือยางมีความลื่น ทำให้การสวมใส่และถอดออกได้สะดวก ในปัจจุบันจะใช้แป้งข้าวโพดเป็นสารหล่อลื่นที่ผิวของถุงมือยางโดยจะพ่นที่ผิวก่อนที่จะถอดถุงมือออกจากพิมพ์ แต่แป้งข้าวโพดมีข้อเสียคือสามารถถูกเช็ดและล้างด้วยน้ำได้ง่าย ผิดกับถุงมือที่ผ่านการ chlorinated ที่จะมีผิวลื่นอย่างถาวรอีกทั้งการ chlorinated จะลดปริมาณ Extractable protein ที่ชะล้างได้จากผิวของถุงมือยางด้วย ส่วนสาเหตุที่ทำให้การ chlorinated สามารถลดปริมาณ Extractable protein ได้อาจมีเหตุผลในความเป็นไปได้ 2 ประการคือ

- 1) คลอรีนเกิดปฏิกิริยากับโปรตีนทำให้โปรตีนเปลี่ยนเป็นโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำ
- 2) คลอรีนแสดงตัวเหมือนกับเป็นสิ่งขวางกั้น(barrier) ไม่ให้ extractable protein ถูกชะล้างออกจากถุงมือยางได้

ในการทดลองนี้จะเปรียบเทียบกระบวนการทำ chlorination ว่ามีผลต่อปริมาณ Extractable protein ในแผ่นฟิล์มยางแบบจุ่มอย่างไร กระบวนการทำ chlorination วิธีต่างๆ มีดังต่อไปนี้

วิธี ก. แช่แผ่นฟิล์มยางลงในสารละลาย sodium hypochlorite (ซึ่งปรับสภาพให้เป็นกรดโดยใช้กรดไฮโดรคลอริก) เป็นเวลา 3 นาที โดยมีการกวนที่อุณหภูมิต่ำ

วิธี ข. กระบวนการเหมือนวิธี ก. แต่หลังจากแช่สารละลาย sodium hypochlorite แล้วล้างแผ่นฟิล์มยางด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้งๆละ 1 นาที โดยมีการกวนด้วย หลังจากนั้นนำแผ่นฟิล์มไปแช่ในน้ำกลั่น 1 ลิตร โดยไม่มีการกวน ขึ้นต่อไปล้างด้วยสารละลายแอมโมเนีย 0.59 โมลาร์(ค่าความเป็นกรดต่าง 11.4) แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นอีกครั้งหนึ่ง

วิธี ค. กระบวนการเหมือนวิธี ข. แต่เปลี่ยนจากสารละลาย sodium hypochlorite เป็นสารละลาย 0.07 โมลาร์ โซเดียมคลอไรด์ ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก

วิธี ง. กระบวนการเหมือนวิธี ข. แต่ใช้น้ำกลั่นทุกขั้นตอน ยกเว้นขั้นที่ล้างด้วยสารละลายแอมโมเนีย

วิธี จ. ทำเช่นเดียวกับวิธี ข. แต่ใช้น้ำกลั่นทุกขั้นตอน

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ผลของ chlorination ต่อปริมาณ extractable protein ในแผ่นฟิล์มยาง

| วิธี chlorination | ปริมาณ extractable protein ที่วิเคราะห์ได้จากแผ่นฟิล์มหลังจากทำการทดลองแล้ว(ไมโครกรัม/กิโลกรัม) |            |
|-------------------|---|------------|
|                   | วิธี Bradford   | วิธี Lowry |
| ก                 | 39  | -          |
| ข                 | -   | 15.6       |
| ค                 | 10.4  | 36.4       |
| ง                 | 20.8  | 10.4       |
| จ                 | 156.0   | 140.4      |

\*ปริมาณ Extractable protein ของแผ่นฟิล์มที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการทดลองหรือแผ่นฟิล์มควบคุม = 520 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

จากผลการทดลองในตารางจะพบว่าการทำ chlorination มีผลในการลดปริมาณ extractable protein ได้เป็นจำนวนมาก โดยเมื่อเทียบแต่ละวิธีจะเห็นว่ามีความแตกต่างกันบ้างตามกระบวนการและวิธีวิเคราะห์หาปริมาณ extractable protein

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



H.Y. YEANG และ FARIDAH YUSOF (1993) ศึกษาความแตกต่างระหว่าง ปริมาณ extractable protein ที่ชะล้างได้จากผิวด้านในและด้านนอกของถุงมือตรวจโรคที่ผลิตจาก ยางธรรมชาติ โดยใช้ถุงมือยาง 12 ยี่ห้อในจำนวนนี้ 9 ยี่ห้อซื้อจากร้านค้าปลีก ส่วนอีก 3 ยี่ห้อ ได้จากโรงงานผลิตโดยตรง ตัวแทนของถุงมือยางที่ใช้เป็นตัวอย่างของแต่ละยี่ห้อจะถูกสุ่มออกมา จากกล่อง และจะถือว่าถุงมือยางทุกคู่ไม่ได้ผ่านการคลอรีเนต(chlorinated)

กระบวนการในการทดลองเป็นดังนี้

1) ทดลองหาปริมาณ extractable protein ที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยางแต่ละยี่ห้อ โดยตัดชิ้นยางบริเวณฝ่ามือของถุงมือยางเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาด 7x7 เซนติเมตร จะได้ชิ้นยาง จำนวน 2 ชิ้น นำไปใส่ในภาชนะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ซึ่งมีน้ำกลั่นอยู่ 30 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อครบ 1.5 ชั่วโมงให้กลับชิ้นยางภายในภาชนะแล้วตั้งทิ้งไว้ อีก 1.5 ชั่วโมงรวมเป็น 3 ชั่วโมง และในระหว่างเวลานี้ให้เขย่าภาชนะนี้เบาๆทุก 30 นาที จากนั้นนำ สารละลายโปรตีนที่สกัดได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณ extractable protein ที่สกัดได้ด้วยวิธีของ Lowry

2) ทดลองหาปริมาณ extractable protein ที่ละลายน้ำได้จากผิวด้านในหรือด้าน นอกของถุงมือยาง โดยตัดชิ้นยางบริเวณฝ่ามือของถุงมือยางเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาด 7 คูณ 7 เซนติเมตร จำนวน 1 ชิ้นจากนั้นนำชิ้นยางมาปิดที่ปาก petri dish ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ซึ่งมีน้ำกลั่นอยู่ 15 มิลลิลิตร โดยให้ผิวด้านในหรือด้านนอกของถุงมือยางหันเข้าหา dish ส่วนอีกด้านหันออกหาอากาศ แล้วแต่ว่าจะทดลองสกัด extractable protein จากผิวด้านในหรือ ด้านนอก ยึดชิ้นยางให้ติดที่ปาก dish ด้วยแถบเทปขาวแล้ววางคว่ำ dish ลงทำให้น้ำที่อยู่ภายใน dish สัมผัสกับผิวของชิ้นยาง ทิ้งไว้ 3 ชั่วโมง ในระหว่างนี้ให้เขย่า dish เบาๆทุก 30 นาที เมื่อ ครบ 3 ชั่วโมง นำสารละลายโปรตีนที่สกัดได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณ extractable protein ที่สกัด ได้ด้วยวิธีของ Lowry

3) ทดลองหาปริมาณ extractable protein ที่ละลายน้ำได้จากผิวด้านในหรือด้าน นอกของถุงมือยาง โดยใช้ส่วนนิ้วของถุงมือยาง เทน้ำกลั่นลงไปในส่วนนิ้วของถุงมือยางแล้วมัดส่วน ปลายที่ถูกตัดออกจากถุงมือยางด้วยด้ายน้ำกลั่นจะถูกขังอยู่ นำไปวางบน orbital shaker เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลาย extractable protein ที่สกัดได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณ extractable protein ด้วยวิธีของ Lowry

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 13 และ 14

ตารางที่ 13 ปริมาณextractable protein ที่ถูกชะล้างออกจากผิวด้านในและด้านนอกของถุงมือยาง

| ถุงมือยาง           | ปริมาณextractable proteinที่ถูกชะล้างจากผิวด้านในของถุงมือยาง (ไมโครกรัม/ซม <sup>2</sup> ) | ปริมาณextractable proteinที่ถูกชะล้างจากผิวด้านนอกของถุงมือยาง (ไมโครกรัม/ซม <sup>2</sup> ) | อัตราส่วนระหว่าง extractable protein จากผิวด้านในและผิวด้านนอก | ปริมาณextractable proteinจากผิวด้านนอก เทียบกับ ปริมาณโปรตีนทั้งหมด(%) |
|---------------------|--|---|--|--|
| 1                   | 15.14  | 0.76  | 19.9   | 4.78   |
| 2                   | 12.93  | 0.40  | 32.3   | 3.00   |
| 3                   | 12.49  | 0.35  | 35.7   | 2.73   |
| 4                   | 9.49   | 0.23  | 41.3   | 2.37   |
| 5                   | 9.14   | 0.17  | 53.8   | 1.83   |
| 6                   | 8.57   | 0.52  | 16.5   | 5.72   |
| 7                   | 6.48   | 0.29  | 22.3   | 4.28   |
| 8                   | 6.15   | 0.21  | 29.3   | 3.30   |
| 9                   | 5.61   | 0.37  | 15.2   | 6.19   |
| 10                  | 4.51   | 0.11  | 41.0   | 2.38   |
| 11                  | 1.97   | 0.26  | 7.6  | 11.66  |
| 12                  | 1.52   | 0.29  | 5.2  | 16.02  |
| ค่าเฉลี่ย           | 7.83   | 0.33  | 26.7   | 5.36   |
| ค่ามัธยฐาน          | 7.53   | 0.29  | 25.8   | 3.79   |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน | 4.27   | 0.17  | 14.8   | 4.29   |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 14 อัตราส่วนระหว่าง extractable protein จากผิวด้านในและด้านนอกของนิ้วมือของงูมียาง

| งูมียาง | อัตราส่วนระหว่าง extractable protein จากผิวด้านในและด้านนอก | ปริมาณ extractable protein จากผิวด้านนอกเทียบกับปริมาณโปรตีนทั้งหมด(%) |
|---------|---|--|
| 1       | 28.6  | 3.38   |
| 2       | 18.3  | 5.17   |
| 3       | 22.8  | 4.21   |
| 4       | 46.5  | 2.10   |

จากตารางที่ 13 ปริมาณ extractable protein ที่ถูกชะล้างจากงูมียางจากผิวด้านในมีมากกว่าด้านนอก คิดเป็นอัตราส่วนโดยเฉลี่ย 26.7 เท่า(หากดูเป็นรายยี่ห้อจะพบว่ามีความแตกต่างกันตั้งแต่ 5.2 เท่าจนถึง 53.8 เท่า) และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณ extractable protein ที่ถูกชะล้างออกจากผิวด้านนอกกับปริมาณ extractable protein ทั้งหมด(ตารางไม่ได้แสดงค่า แต่เป็น extractable protein ที่ถูกชะล้างออกจากผิวดงมียางในกระบวนการที่ 1) คิดเป็น % จะพบว่าปริมาณ extractable protein ที่ถูกชะล้างจากผิวดงมียางด้านนอกจะมีเพียง 5.36 % โดยเฉลี่ย เช่นเดียวกับตารางที่ 15 ปริมาณ extractable protein ที่ถูกชะล้างออกจากผิวด้านในของนิ้วงูมียางจะมากกว่าด้านนอก แต่มีอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

A.R. SHAMSUL BAHLI, SAMSIDAR HAMZAH และ H.Y. YEANG (1993) ได้พิสูจน์ว่าแป้งข้าวโพดและสารช่วยในการจับตัวไม่ใช่สาเหตุที่ทำให้ปริมาณ extractable protein ผิวด้านในงูมียางมีมากกว่าผิวด้านนอก เนื่องจากมีข้อสันนิษฐาน 2 ประการดังนี้

1) ในกระบวนการผลิตนั้นแป้งข้าวโพดจะถูกนำมาใช้เป็นสารหล่อลื่นเพื่อให้สวมใส่งูมียางได้สะดวก ดังนั้นก่อนถอดงูมียางออกจากพิมพ์แป้งข้าวโพดจะถูกพ่นลงบนผิวของงูมียาง ดังนั้นแป้งข้าวโพดจะเคลือบอยู่ที่ผิวด้านในงูมียางเมื่อถอดงูมียางออกจากพิมพ์แล้วมีการสันนิษฐานว่าแป้งข้าวโพดอาจจะเป็นสาเหตุที่ทำให้ปริมาณ extractable protein ที่ผิวด้านในสูงกว่าด้านนอก โดยเม็ดแป้งจะให้ extractable protein มาเกาะที่ผิวของเม็ดแป้ง

2) แบบพิมพ์ของงูมียางก่อนที่จะจุ่มลงในน้ำยาง จะถูกเคลือบที่ผิวของพิมพ์ด้วยสารช่วยในการจับตัว สันนิษฐานว่าสารช่วยในการจับตัวจะขวางกั้นไม่ให้ extractable protein ถูกชะล้างออกจากผิวได้

ตัวอย่างที่ใช้คือถุงมือยางและฟิล์มยางทั้งแบบหล่อและแบบจุ่ม ที่เตรียมจากน้ำยางชั้นชนิด Pre-vulcanised สารช่วยในการจับตัวของฟิล์มยางแบบจุ่มคือสารละลายผสม 10% calcium nitrate และ 7% calcium carbonate ในน้ำกลั่นกระบวนการในการทดลองมีดังต่อไปนี้

การพิสูจน์ผลของแป้งข้าวโพดและสารช่วยในการจับตัว ใช้เปรียบกวาดเอาแป้งที่เกาะที่ผิวของถุงมือยางจำนวนรวม 1 กรัมใส่ลงในน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร เพื่อสกัดเอาโปรตีนที่ผิวของเม็ดแป้ง ทำการทดลองอีกส่วนหนึ่งใช้แป้งข้าวโพดที่ยังไม่ได้ใช้เคลือบผิวถุงมือยางจำนวน 1 กรัมมาใส่ในน้ำกลั่น 30 มล.เช่นกัน หาปริมาณโปรตีนในน้ำที่ใช้สกัด extractable protein พบว่า extractable protein ที่สกัดได้จากแป้งที่ยังไม่ได้ใช้มีน้อยมาก แต่ปริมาณ extractable protein จากแป้งที่ได้จากผิวถุงมือยางมี 0.21 มิลลิกรัม/กรัมแป้ง แสดงว่ามี extractable protein มาเกาะที่ผิวของเม็ดแป้งจริง ทำการทดลองต่อไปโดยเตรียมแผ่นฟิล์มขึ้นมา 2 ชุด ชุดที่ 1 เป็นแผ่นฟิล์มแบบจุ่ม ชุดที่ 2 เป็นแผ่นฟิล์มแบบหล่อ ในแต่ละชุดยังแบ่งออกเป็นแผ่นที่เคลือบแป้งข้าวโพดกับแผ่นที่ไม่เคลือบ ทำการวิเคราะห์หาปริมาณ extractable protein ที่สกัดได้ ผลการทดลองแสดงใน ตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ผลการทดลองพิสูจน์ว่าแป้งข้าวโพดและสารช่วยในการจับตัวมีผลต่อความแตกต่างของปริมาณ extractable protein จากผิวด้านในและผิวด้านนอกของถุงมือยางโดยใช้ตัวอย่างที่เป็นแผ่นฟิล์มยาง

| องค์ประกอบของแผ่นฟิล์มยาง   | วิธีเตรียมแผ่นฟิล์มยาง | ความหนาของแผ่นฟิล์มยาง | ปริมาณโปรตีนจากผิวด้านใน (ไมโครกรัม/ตร.ซม.) | ปริมาณโปรตีนจากผิวด้านนอก (ไมโครกรัม/ตร.ซม.) | อัตราส่วนระหว่างปริมาณโปรตีนจากผิวด้านในและผิวด้านนอก |
|---|------------------------|------------------------|---|--|---|
| 1) น้ำยาง<br>+calcium nitrate<br>+calcium carbonate<br>+แป้งข้าวโพด | แบบจุ่ม                | 0.20                   | 19.58                                       | 0.36   | 54  |
| 2) น้ำยาง<br>+calcium nitrate<br>+calcium carbonate                 | แบบจุ่ม                | 0.18                   | 13.76                                       | 0.27   | 51  |
| 3) น้ำยาง<br>+แป้งข้าวโพด   | แบบหล่อ                | 0.34                   | 50.20                                       | 0.45   | 112   |
| 4) น้ำยาง   | แบบหล่อ                | 0.31                   | 91.17                                       | 0.56   | 163   |

จากผลการทดลอง จะพบว่าแป้งข้าวโพดและสารช่วยในการจับตัวไม่มีผลต่อความแตกต่างของปริมาณ extractable protein ที่สกัดได้จากผิวด้านในและผิวด้านนอกของถุงมือยาง โดยเมื่อพิจารณาแต่ละกรณีคือในกรณีของผลของแป้งข้าวโพดจะพบว่า กรณีฟิล์มแบบจุ่มทั้งที่มีแป้งและไม่มีแป้งปริมาณ extractable protein จากผิวด้านในจะมีปริมาณมากกว่าและฟิล์มแบบหล่อทั้งที่มีแป้งและไม่มีแป้งปริมาณ extractable protein จากผิวด้านในจะมีปริมาณมากกว่าในอัตราส่วนถึง 50 กว่าเท่า และเป็นกว่า 100 เท่าในกรณีฟิล์มแบบหล่อ โดยเฉพาะที่โดดเด่นที่สุดคือกรณีของส่วนประกอบแบบที่ 4 ที่ไม่มีแป้งแบบฟิล์มหล่อเพราะปรากฏว่าผิวด้านในมีปริมาณ extractable protein ที่มากกว่าผิวด้านในของฟิล์มหล่อที่มีแป้งเสียอีก

พิจารณาถึงผลของสารช่วยในการจับตัว จากองค์ประกอบแบบที่ 2 และ 4 ซึ่งไม่มีแป้งทั้งคู่ เป็นการเปรียบเทียบผลของสารช่วยในการจับตัวโดยเฉพาะ พบว่าทั้งกรณีฟิล์มแบบจุ่มและฟิล์มหล่อจะให้ผลความแตกต่างเหมือนกรณีศึกษาผลของแป้งข้าวโพด จึงสรุปว่าทั้งแป้งข้าวโพดและสารช่วยในการจับตัวไม่มีผลต่อความแตกต่างของปริมาณ extractable protein ที่ผิวด้านในและด้านนอกของถุงมือยาง

สำหรับประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษานี้คือวิธีการง่ายๆ ในการหลีกเลี่ยงผลกระทบจากการแพ้โปรตีนในถุงมือยาง โดยการกลับเอาผิวด้านในของถุงมือยางออกมาอยู่ด้านนอกก่อนการสวมใส่ เมื่อสวมถุงมือยางผิวของผู้สวมใส่จะสัมผัสกับผิวด้านนอกของถุงมือยางเดิมซึ่งมีปริมาณของโปรตีนน้อยกว่ามาก ทำให้ลดโอกาสที่จะเกิดอาการแพ้โปรตีนลงไปได้

H.Y. YEANG, E. SUNDERASAN และ HAFSA HMOHD. GHAZALY ได้ศึกษาอิทธิพลของความหนาของแผ่นฟิล์มยาง ปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางชั้นที่ใช้เตรียมแผ่นฟิล์มยางและพฤติกรรมการเคลื่อนย้าย extractable protein มาที่ผิวของแผ่นฟิล์มยาง ที่มีต่อการชะล้างโปรตีน

การทดลองนี้จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1) การเตรียมตัวอย่าง ตัวอย่างในการทดลองจะใช้น้ำยางชั้นชนิด prevulcanised มีความเข้มข้น 60 % และ 40 % (ได้จากการเจือจางน้ำยางชั้น 60 % ด้วยสารละลาย 0.5 % แอมโมเนียในน้ำกลั่น) ที่เตรียมเป็นแผ่นฟิล์มแผ่นฟิล์มยาง การเตรียมจะเตรียมจะเป็น 2 แบบคือแบบจุ่ม (dipped film) และแบบหล่อ (cast film) โดยมีกระบวนการในการเตรียมดังนี้

(1.1) แผ่นฟิล์มแบบจุ่ม ใช้แผ่นแก้วเป็นแบบจุ่มยกเว้นการศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนย้ายโปรตีนที่ใช้แผ่นผ้าไหมเป็นแบบ ขั้นแรกให้อบแผ่นแก้วจนร้อนในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จากนั้นจุ่มแผ่นแก้วลงในสารละลายช่วยในการจับตัว ในการทดลองนี้ใช้สารละลาย 7%-10% แคลเซียมไนเตรดในน้ำกลั่น หลังจากจุ่มแล้วนำแผ่นแก้วไปอบแห้งอีกครั้ง แล้วนำแผ่นแก้วไปจุ่มน้ำยางชั้นเป็นเวลา 5-40 วินาที ขึ้นอยู่กับความหนาของแผ่นฟิล์มที่ต้องการ หลังการจุ่มจะนำแผ่นแก้วไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20-30 นาทีจนยางที่เกาะบนแผ่นแก้วแห้งสนิทเป็นแผ่นฟิล์ม

(1.2) แผ่นฟิล์มแบบหล่อ เตรียมโดยเทน้ำยางชั้น 12 มล. ลงในภาชนะก้นแบนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 175 มม. นำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

2) การสกัดโปรตีนออกจากแผ่นฟิล์มหลังการทดลองเพื่อหาปริมาณโปรตีนว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร โดยกระบวนการสกัดจะสกัด extractable protein จากพื้นผิวของแผ่นฟิล์มที่สัมผัสกับอากาศหรือด้านที่อยู่ตรงข้ามกับแบบทั้งในกรณีฟิล์มแบบจุ่มและฟิล์มหล่อ โดยที่ฟิล์มยังติดอยู่บนแบบ เนื่องจาก extractable protein ส่วนใหญ่จะอยู่บนผิวด้านนั้น และการวิเคราะห์ปริมาณ extractable protein จะใช้วิธีของ Lowry

3) การตรวจสอบว่ามี extractable protein อยู่พื้นผิวของแผ่นฟิล์มยาง จะใช้วิธีการย้อมสี (stained) พื้นผิวของแผ่นฟิล์มด้วย 0.1% Naphthalene Black ในตัวทำละลายผสม 50% Ethanol และ 7% Acetic acid ในน้ำกลั่นเป็นเวลา 5 นาทีตามด้วยการทำ destaining ด้วยตัวทำละลายผสม 10% Ethanol และ 7% Acetic acid ในน้ำกลั่น

กระบวนการและผลการศึกษาทดลอง มีดังต่อไปนี้

ก) การเคลื่อนย้าย extractable protein อันเนื่องมาจากการระเหยของความชื้นออกจากแผ่นฟิล์มยางในระหว่างการอบแห้ง

ในการทดลองนี้จะใช้โครงแผ่นผ้าไหม (silk fabric) เป็นแบบจุ่มสำหรับทำแผ่นฟิล์มยางจำนวน 2 แผ่น หลังจากจุ่มน้ำยางขึ้นแล้ว นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส โดยที่แผ่นที่ 1 ถูกแขวนอย่างอิสระในอากาศ ส่วนแผ่นที่ 2 วางอยู่บนแผ่นแก้ว เมื่อแผ่นฟิล์มแห้งสนิทแล้ว แผ่นฟิล์มทั้ง 2 ถูกนำมาย้อมสีด้วย Naphthalene Black ซึ่ง Naphthalene Black จะย้อมสีโปรตีน โดยปรากฏเป็นสีดำบนแผ่นฟิล์ม เพื่อเป็นการพิสูจน์ว่ามีการเคลื่อนย้ายของ extractable protein มาที่ผิวของแผ่นฟิล์ม

จากผลการทดลองพบว่าแผ่นฟิล์มที่แขวนอย่างอิสระกลางอากาศ มีสีที่เข้มเกือบเท่ากัน ส่วนแผ่นฟิล์มที่วางไว้บนแผ่นแก้ว ด้านที่สัมผัสกับอากาศจะมีสีเข้มกว่าด้านที่สัมผัสกับแผ่นแก้วมาก อธิบายได้ว่าแผ่นฟิล์มที่แขวนอยู่กลางอากาศ ความชื้นสามารถระเหยออกจากผิวทั้ง 2 ด้าน ทำให้มีอิทธิพลต่อการเคลื่อนย้ายของ extractable protein มาที่ผิวของแผ่นฟิล์มได้น้อยหรือไม่มีการเคลื่อนที่ของ extractable protein มาที่ผิวของแผ่นฟิล์ม แต่กรณีของแผ่นยางที่วางไว้บนแผ่นแก้ว ความชื้นสามารถระเหยออกมาได้ทิศทางเดียวการเคลื่อนที่ของโปรตีนจึงได้รับอิทธิพลมากกว่า สิ่งที่เป็นเครื่องพิสูจน์อีกอย่างหนึ่งก็คือเมื่อนำแผ่นฟิล์มไปวิเคราะห์หาปริมาณ extractable protein ที่ละลายน้ำได้จะเห็นถึงปริมาณ extractable protein ที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 เปรียบเทียบปริมาณextractable protein ที่ชะล้างออกจากผิวของแผ่นฟิล์มยางโดย  
ภาวะของผิวของแผ่นฟิล์มยางต่างกัน

| ภาวะของแผ่นฟิล์มในตู้อบ   | ภาวะของผิวแผ่นฟิล์ม | ปริมาณ extractable protein ที่ชะล้างได้จากแผ่นฟิล์ม (ไมโครกรัม/ตร.ซม.) | อัตราส่วนระหว่างปริมาณ extractable protein ที่ชะล้างจากผิวทั้ง 2 ด้าน | ผลรวมของปริมาณ extractable protein ที่ชะล้างได้จากผิวทั้ง 2 ด้าน(ไมโครกรัม/ตร.ซม.) |
|---------------------------|---------------------|--|---|--|
| แผ่นฟิล์มที่วางบนแผ่นแก้ว | -สัมผัสกับแผ่นแก้ว  | 0.38   | 99.2  | 38.06  |
|                           | -สัมผัสกับอากาศ     | 37.68  |   |  |
| แผ่นฟิล์มที่แขวนในอากาศ   | -สัมผัสกับอากาศ     | 0.57   | 1.4   | 0.99   |
|                           | -สัมผัสกับอากาศ     | 0.42   |   |  |

จากตารางจะเห็นว่าแผ่นฟิล์มที่วางบนแผ่นแก้วจะมีปริมาณ extractable protein ที่สกัดได้แตกต่างกันมากระหว่างผิวของแผ่นฟิล์มทั้ง 2 ด้าน คือมีอัตราส่วนถึง 99.2 : 1 ในส่วนแผ่นฟิล์มที่แขวนกลางอากาศจะพบว่าปริมาณ extractable protein ใกล้เคียงกันมาก มีอัตราส่วน 1.4: 1 มีข้อที่น่าสังเกตว่าผลรวมของปริมาณ extractable protein ที่สกัดได้จากผิวทั้ง 2 ด้านของแผ่นฟิล์มทั้ง 2 แผ่นมีค่าแตกต่างกันมาก จากข้อสังเกตนี้ทำให้ดูเหมือนว่าเมื่อความชื้นสามารถระเหยออกจากผิวได้ทั้ง 2 ด้าน จะไม่ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายของ extractable protein มาที่ผิว(เปรียบเทียบตัวเลขในคอลัมน์ที่ 5)

ข) ผลของความหนาของแผ่นฟิล์มต่อการทำ wet-gel leaching ของ extractable protein wet-gel leaching เป็นขั้นตอนหนึ่งของกระบวนการในการผลิตสินค้าจากยางธรรมชาติ วัตถุประสงค์ของการทำ wet-gel leaching เพื่อกำจัดส่วนประกอบที่ละลายน้ำได้และไม่เป็นที่ต้องการที่ตกค้างอยู่บนผิวของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ สารละลายช่วยในการจับตัวที่มากเกินไป ส่วนประกอบของน้ำยาง compounds ที่ค้างอยู่บนผิวยาง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง extractable protein บางส่วนด้วย กระบวนการและผลการทดลองมีดังต่อไปนี้



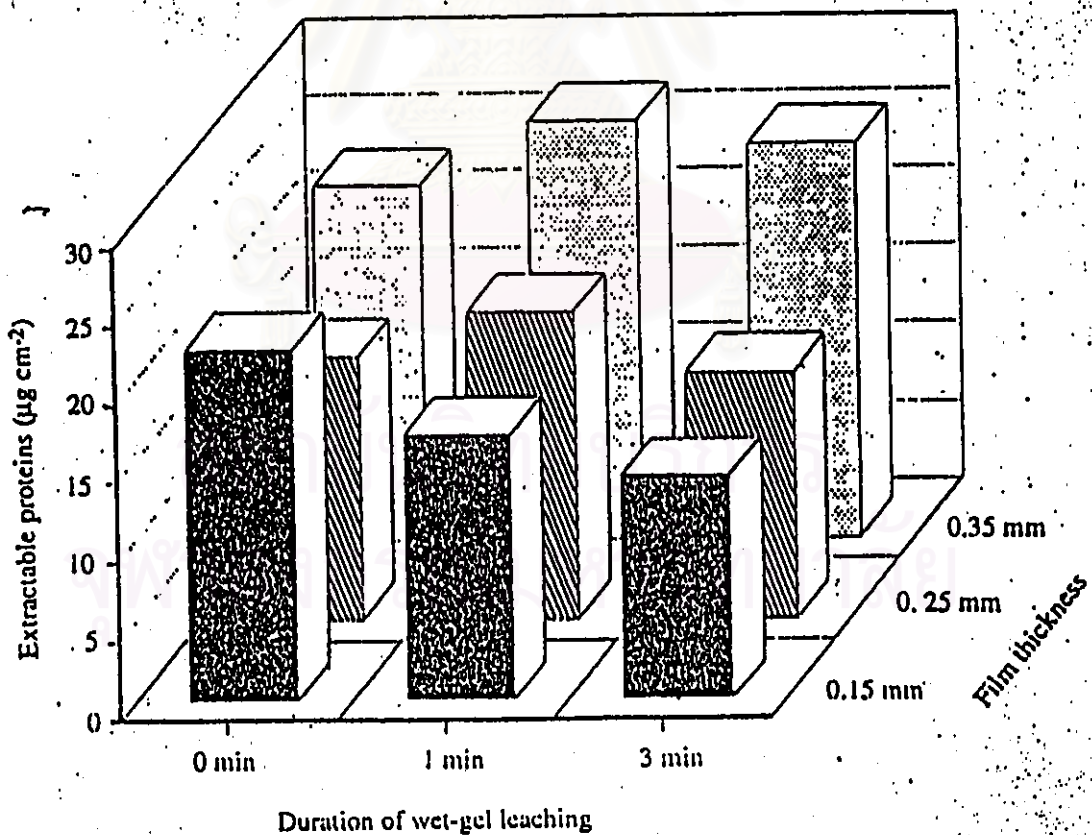
เตรียมแผ่นฟิล์มยางตัวอย่างชนิดจุ่มโดยใช้แผ่นแก้วเป็นแบบจุ่มจำนวน 3 ชุดที่มีความหนา 3 ขนาด คือ

1) แผ่นฟิล์มบางเตรียมโดยจุ่มแบบลงในน้ำยางชั้น 40 % นาน 10-30 วินาที หลังจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 วินาที

2) แผ่นฟิล์มหนานขนาดกลาง เตรียมโดยจุ่มแบบลงในน้ำยางชั้น 60 % เป็นเวลา 5. วินาที หลังจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วินาที

3) แผ่นฟิล์มหนา เตรียมโดยจุ่มแบบลงในน้ำยางชั้น 60 % เป็นเวลา 40 วินาที หลังจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วินาที

แผ่นฟิล์มทั้ง 3 แผ่นของชุดที่ 1 และ 2 ซึ่งอยู่ในภาวะ wet-gel มาทำ wet-gel leaching ด้วยน้ำกลั่นเป็นเวลา 1 และ 3 นาทีที่อุณหภูมิห้อง ส่วนแผ่นฟิล์มชุดที่ 3 จะใช้เป็นชุดควบคุม โดยไม่ผ่านการทำ wet-gel leaching นำแผ่นฟิล์มทั้ง 3 ชุดไปอบจนแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แผ่นฟิล์มที่ได้มีความหนา 0.15 0.25 และ 0.35 มิลลิเมตร ตามลำดับ นำแผ่นฟิล์มทั้ง 3 ชุดไปหาปริมาณ extractable protein แสดงผลการทดลองดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ผลของระยะเวลาในการทำ wet-gel leaching และความหนาของแผ่นฟิล์มต่อปริมาณ extractable protein

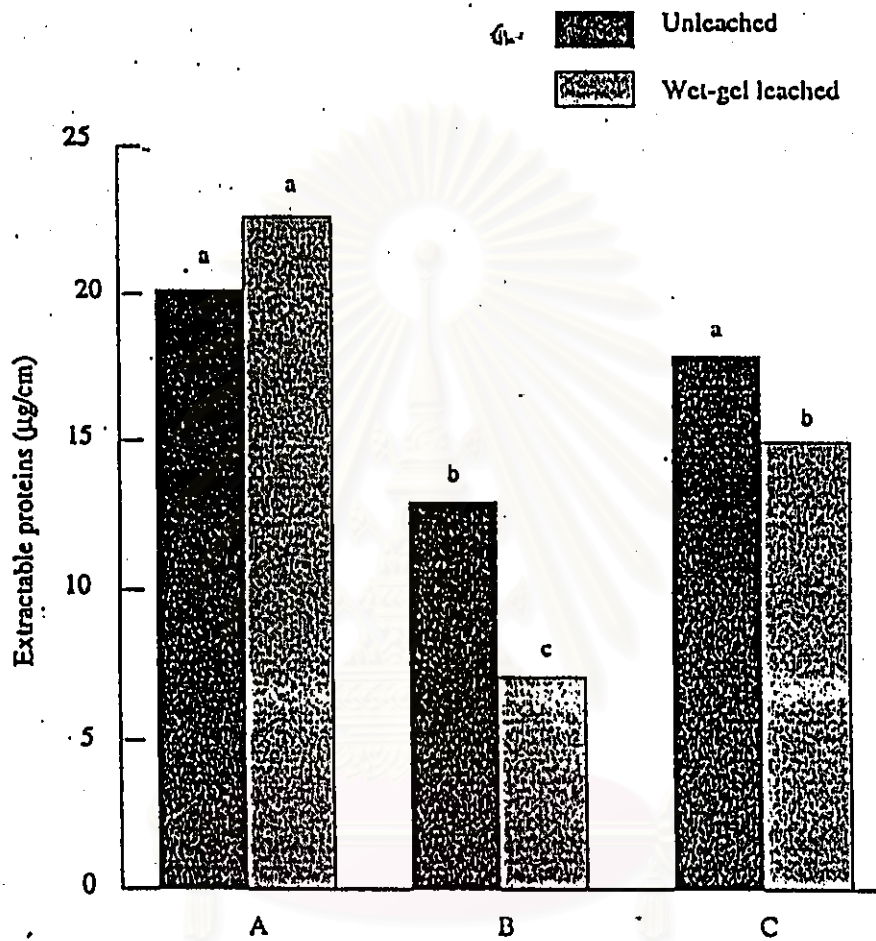
จากรูปจะพบว่า สำหรับแผ่นฟิล์มที่มีความหนา 0.15 มม. ถ้าทำ wet-gel leaching เป็นเวลา 1 นาที ปริมาณ extractable protein จะลดลง 24 % เมื่อเทียบกับแผ่นฟิล์มควบคุมที่ไม่ได้ผ่านการทำ wet-gel leaching แต่ถ้าผ่านการทำ wet-gel leaching เป็นเวลา 3 นาที ปริมาณ extractable protein จะลดลง 37 % แต่ในส่วนของแผ่นฟิล์มที่มีความหนา 0.25 และ 0.35 มม. ผลจะเป็นในทางตรงข้าม กล่าวคือ ปริมาณ extractable protein จะเพิ่มขึ้น 18 % หลังการทำ wet-gel leaching 1 นาที เมื่อเทียบกับแผ่นฟิล์มควบคุมที่ไม่ผ่านการทำ wet-gel leaching ซึ่งสรุปว่า ความหนาของแผ่นฟิล์มมีอิทธิพลต่อความแตกต่างของปริมาณ extractable protein ที่ชะล้างได้ เมื่อภาวะในการทำ wet-gel leaching เหมือนกัน

ก) ผลของปริมาณเนื้อเยื่อแห้งในน้ำยางชั้นที่มีต่อการทำ wet-gel leaching ของโปรตีน จากการทดลองก่อนหน้านี้พบว่าความหนาของแผ่นฟิล์มมีผลต่อปริมาณ extractable protein ที่ชะล้างได้ แต่เนื่องจากแผ่นฟิล์มยางที่เตรียมขึ้นให้มีความหนาต่างกันใช้น้ำยางชั้นที่มีปริมาณเนื้อเยื่อแห้งที่ต่างกันและใช้สารช่วยในการจับตัว ปริมาณที่ต่างกันโดยแผ่นฟิล์มยางที่มีความหนากว่าจะใช้สารช่วยในการจับตัวที่มีความเข้มข้นมากกว่า จึงต้องมีการพิสูจน์ว่าปริมาณเนื้อเยื่อแห้งรวมทั้งสารช่วยในการจับตัวจะมีผลต่อปริมาณ extractable protein ที่ชะล้างได้หรือไม่

การพิสูจน์ว่าปริมาณเนื้อเยื่อแห้งมีผลต่อปริมาณ extractable protein หรือไม่ มีกระบวนการคือเตรียมแผ่นฟิล์มยางตัวอย่างดังตารางข้างล่าง

| น้ำยางชั้น                           | 60 % | 40 % |
|--------------------------------------|------|------|
| ความหนาแผ่นฟิล์ม (มม.)               | 0.31 | 0.15 |
| ความเข้มข้นของสารช่วยในการจับตัว (%) | 3.5  | 7    |

แสดงผลการทดลองตามรูปที่ 2

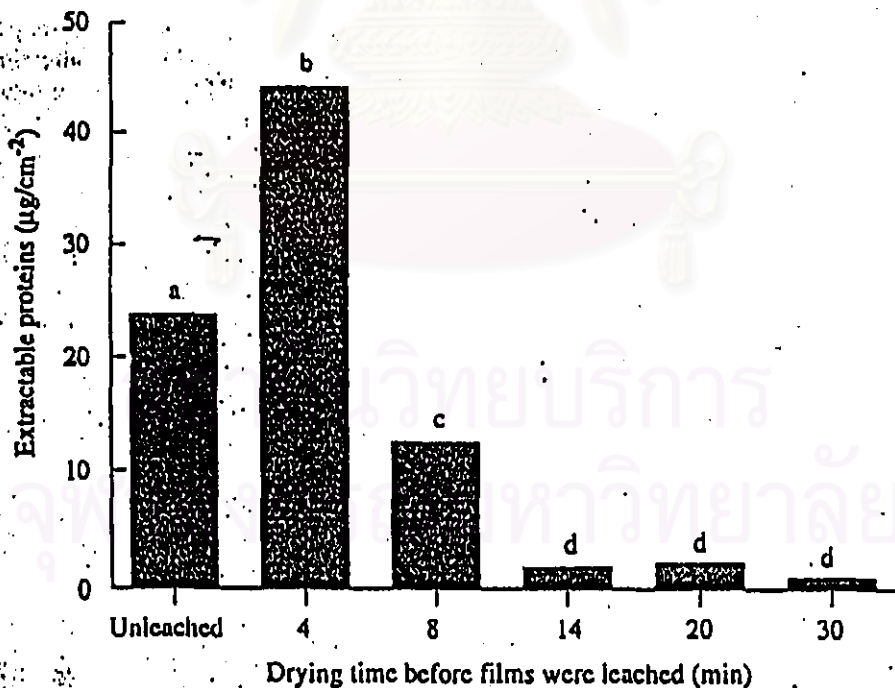


รูปที่ 2 ผลของความหนาของแผ่นฟิล์มยางแบบจุ่มและความเข้มข้นน้ำยางที่ใช้เตรียมแผ่นฟิล์มต่อปริมาณ extractable protein

จากรูป A และ B คือน้ำยางชั้น 60 % ที่เตรียมเป็นแผ่นฟิล์มยางที่มีความหนา 0.31 และ 0.15 มิลลิเมตร ตามลำดับ จะพบว่าเฉพาะ A เท่านั้นที่มีปริมาณ extractable protein ที่สกัดได้เพิ่มขึ้นหลังการทำ wet-gel leaching แล้ว เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง B และ C ซึ่งมีความหนาเท่ากัน แต่แผ่นหนึ่งเตรียมจากน้ำยางชั้น 60 % อีกแผ่นหนึ่งเตรียมจาก น้ำยางชั้น 40 % พบว่าปริมาณ

extractable protein มีการเปลี่ยนแปลงไปในทางเดียวกันคือลดลง จากผลการทดลองนี้เป็นเครื่องพิสูจน์ว่าปริมาณเนื้อเยื่อแห้งไม่มีผลต่อปริมาณ extractable protein ที่ถูกชะล้างได้จากแผ่นฟิล์มยาง มีข้อที่น่าสังเกตอีกประการหนึ่ง นั่นคือ แผ่นฟิล์มยางที่มีความหนาเท่ากันแต่เตรียมจากน้ำยางชั้นที่มีความเข้มข้นต่างกัน น้ำยางชั้นที่มีความเข้มข้นน้อยกว่าจะให้ปริมาณ extractable protein มากกว่า

พิสูจน์ว่าปริมาณของสารช่วยในการจับตัวมีอิทธิพลหรือไม่และถ้ามีจะมีอิทธิพลอย่างไรอย่างไรต่อปริมาณ extractable protein ที่ถูกชะล้างออกจากแผ่นฟิล์มยาง ตัวอย่างที่ใช้จะเป็นชุดแผ่นฟิล์มแบบหล่อ (cast film) ซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้สารช่วยในการจับตัว แต่จะใช้การอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส โดยที่แผ่นฟิล์มแต่ละแผ่นจะมีช่วงระยะเวลาการอบแห้งต่างกัน แล้วนำแผ่นฟิล์มไปทำ wet-gel leaching 1 นาที ด้วยน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้อง อบให้แห้งสนิทอีกครั้งที่ 100 องศาเซลเซียส จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์หาปริมาณ extractable protein ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 เปรียบเทียบระยะเวลาในการอบแห้งฟิล์มแบบหล่อกับปริมาณ extractable protein

จากรูปที่ 3 ปริมาณ extractable protein จะน้อยลงตามช่วงเวลาการอบแห้งที่เพิ่มมากขึ้น หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือตามภาวะการเป็น wet-gel ที่ลดลง ดังนั้นปริมาณของสารช่วยในการจับตัวจึงไม่มีผลต่อปริมาณ extractable protein ที่ชะล้างได้ แต่ขึ้นกับภาวะการเป็น wet-gel ของแผ่นฟิล์มยางหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าปริมาณ extractable protein ที่ชะล้างได้จากแผ่นฟิล์มยางขึ้นกับปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ภายในแผ่นฟิล์มยาง

#### สมมติฐานของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาการชะล้าง โปรตีนที่ละลายน้ำได้ (extractable protein) ออกจากถุงมือยาง โดยมีสมมติฐานดังต่อไปนี้

- (1) มีโปรตีนที่ละลายน้ำได้อยู่ที่ผิวถุงมือยางที่จะถูกชะล้างเป็นปริมาณจำกัดค่าหนึ่ง ถ้าให้ภาวะการชะล้างที่เหมาะสมและให้ เวลาในการชะล้างมากพอ โปรตีนจำนวนนี้จะถูกชะล้างออกได้หมด
- (2) โปรตีนที่เกาะอยู่ที่ผิวถุงมือยางมีน้ำหนักโมเลกุลหรือขนาดของโมเลกุลแตกต่างกันและมีปริมาณที่ไม่เท่ากัน โดยโปรตีนที่มีขนาดโมเลกุลเล็กจะมีปริมาณมากกว่าและถูกชะล้างได้ง่าย จะถูกชะล้างออกมาก่อน ต่อจากนั้นโปรตีนที่มีขนาดใหญ่ก็จะถูกชะล้างเป็นลำดับถัดไปตามขนาดโมเลกุลที่ใหญ่ขึ้นและปริมาณที่น้อยลง ซึ่งอาจจะต้องชะล้างที่สภาวะที่แตกต่างจากการชะล้างธรรมดาจึงจะสามารถชะล้างออกมาได้ โดยเฉพาะโปรตีนที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่มากๆ เช่นการชะล้างโดยใช้สารละลายด่าง
- (3) การขยายผิวถุงมือยางเพื่อให้มีการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสกับน้ำชะล้างโปรตีน น่าจะทำให้การชะล้างโปรตีนเกิดขึ้นได้ดีกว่าการชะล้างโดยไม่มี การขยายผิว

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย