

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับน้ำยางธรรมชาติ

น้ำยางธรรมชาติเป็นของเหลวที่ได้มาจากต้นยางพาราซึ่งมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Hevea Brasiliensis* เป็นต้นไม้ที่เจริญงอกงามได้ดีในประเทศแถบร้อนที่มีดินดี น้ำยางที่กรีดยได้จากต้นยางพารา จะมีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวขุ่นข้น มีความต้วงจำเพาะ 0.98 มีค่าความเป็นกรดเบส (pH) ประมาณ 6.8 ส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

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

เมื่อนำน้ำยางธรรมชาติมาปั่นด้วยเครื่อง centrifuge ความเร็วสูง น้ำยางจะแยกออกเป็น ส่วน ๆ ดังรูปที่ 2.1 แต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้ ; (Sunderasan and Yeang, 1993)

1 ส่วนที่เป็นเนื้อยาง เป็นอนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในน้ำยาง เป็นสารประกอบพวก ไฮโดรคาร์บอน มีความหนาแน่น 0.92 กรัม/มิลลิลิตร อนุภาคของเนื้อยางมีทั้งรูปทรงกลมและรูปรี คล้ายลูกแพร์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.02-0.03 ไมครอน ไม่ละลายน้ำ ในสภาพน้ำยางสดถูก ห่อหุ้มด้วยชั้นของสารจำพวกไขมันและสารจำพวกโปรตีน นอกจากสารดังกล่าวแล้วยังมีโลหะบาง ชนิด เช่น แมกเนเซียมและทองแดงปนอยู่ในส่วนของน้ำยางประมาณร้อยละ 0.05

2 ส่วนที่ไม่ใช่ยาง

2.1 ส่วนที่เป็นน้ำ หรือที่เรียกว่า serum ของน้ำยาง มีความหนาแน่นประมาณ 1.02 กรัม/มิลลิลิตร ประกอบด้วยสารต่าง ๆ ดังนี้

2.1.1 คาร์โบไฮเดรต เป็นสารพวกแป้งและน้ำตาล สารต่าง ๆ เหล่านี้จะ ถูกแบคทีเรียหรือจุลินทรีย์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นกรด เช่น กรดฟอร์มิก กรดแอซิติก และ กรดพรอพิโอนิก ทำให้น้ำยางเสียเสถียรภาพคงตัวและจับตัวกันเป็นก้อน

2.1.2 โปรตีน และกรดอะมิโน อยู่ในส่วนที่เรียกว่า C-serum ที่สำคัญ ได้แก่ แอลฟาไกลูโบลินและอีวีน แอลฟาไกลูโบลินเป็นส่วนที่พบมากในน้ำยางสด มีสมบัติไม่ละลายน้ำ แต่จะละลายในสารละลายเกลือของกรดและของเบส

2.2 ส่วนของลูทอยด์และสารอื่นๆ

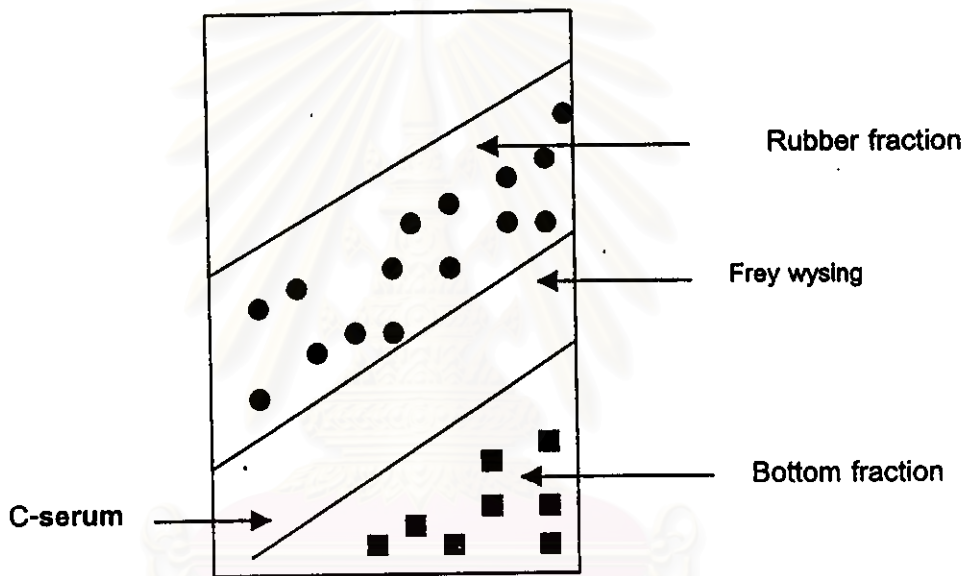
ลูทอยด์หรือที่เรียกว่า วิสคอยด์ เป็นส่วนประกอบในน้ำยางสดที่ถูกรายงานเป็นครั้งแรกโดย Homan และ Van Gills (1948) พบว่าน้ำยางแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นสีขาว ประกอบด้วยอนุภาคของยางเป็นส่วนมาก และอีกส่วนหนึ่งเป็นสีเหลืองแยกอยู่ชั้นล่างปริมาตรของส่วนที่เป็นสีเหลืองประมาณร้อยละ 25 ของปริมาตรทั้งหมด ในส่วนชั้นล่างนี้จากการศึกษาพบว่า เป็นอนุภาคที่ไม่ค่อยเกาะกันแน่น มีความแตกต่างจากอนุภาคของยางและเหตุที่ถูกรู้จักว่า ลูทอยด์ เพราะเข้าใจว่าเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดสีเหลืองในส่วนนี้

ลักษณะของลูทอยด์เป็นอนุภาคมีเยื่อบางหุ้มห่ออยู่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2-3 ไมครอน ขนาดใหญ่กว่าอนุภาคของยาง ภายในเยื่อบางมีส่วนที่เรียกว่า B-serum ที่มีส่วนของสารละลายกรด เกลือ โปรตีน น้ำตาลและพอลิฟีนอลออกซิเดสซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ยางมีสีคล้ำเมื่อสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ ของเหลวในลูทอยด์ มี pH 5.5 โดยประมาณ ปริมาณของลูทอยด์ในน้ำยางมีเพียงพอที่จะทำให้เกิดผลกระทบต่อความหนืดและเสถียรภาพของน้ำยางสด ลูทอยด์เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในอุณหภูมิสูงการเปลี่ยนแปลงอันดับแรกคือของเหลวในลูทอยด์จะหยุดการเคลื่อนไหว เนื่องจากการขยายตัวของเยื่อบางที่หุ้มอยู่หลังจากนั้นเนื้อเยื่อบางจะแตกออกและของเหลวภายในจะออกมาอยู่ภายในส่วน serum เยื่อบางที่แตกออกเกิดการจับตัวกันเองและติดอยู่ภายในก้อนของอนุภาคสารอื่น

ลูทอยด์มีสมบัติที่เกิดปฏิกิริยาออสโมติกได้อย่างง่าย ดังนั้นการเติมน้ำลงในน้ำยางมีผลทำให้ลูทอยด์เกิดการบวมและพองตัวแล้วก็แตกออก ซึ่งเป็นผลให้น้ำยางมีความหนืดเพิ่มขึ้น หนึ่งในการแปรรูปน้ำยางเป็นยางแท่ง และยางแผ่น ได้รวมเอาชั้นตอนในการเจือจางน้ำยางโดยวิธีการเติมน้ำลงไปด้วยก่อนการทำให้น้ำยางจับตัว หมายความว่าได้ทำให้ลูทอยด์แตกออกก่อนการเติมกรดเพื่อให้น้ำยางจับตัว และส่วนของลูทอยด์จะต้องติดอยู่ภายในก้อนยางที่มีการจับตัวด้วย ส่วนของลูทอยด์ที่ติดอยู่ในก้อนยางนี้มีผลกระทบต่อสมบัติของยาง เนื่องจากมีสารพวกโลหะละลายอยู่ในของเหลว

การกรีดยางจะทำให้น้ำยางในท่อยางเกิดการเจือจางเมื่อน้ำยางไหลได้สักพัก ซึ่งจะยังผลให้ลูทอยด์เกิดการพองตัวและแตกออกในเวลาต่อมา จะมีผลทำให้ยางจับตัวอุดท่อน้ำยาง ทำให้น้ำยางหยุดไหล และอีกกรณีหนึ่งขณะกรีดตัดท่อน้ำยาง คมมีดจะเฉือนหรือกระทบกับลูทอยด์ทำให้ลูทอยด์แตกออก ซึ่งมีผลทำให้น้ำยางหยุดไหลได้เช่นกัน

ในส่วนของชั้นล่างนี้ นอกจากจะมีสารพวกกลูทอยด์แล้ว ยังมีสารอีกพวกหนึ่งที่เรียกว่า "อนุภาคฟรี-วิสลิง" (Frey wysing) ซึ่งมีสีเหลืองเข้มมีอนุภาคใหญ่กว่ายางและมีความหนาแน่นมากกว่ายางเล็กน้อย มีคาโรตีนอยด์ซึ่งเป็นตัวที่ทำให้เกิดสีเหลืองเข้มมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณสารคาโรตีนอยด์เหล่านี้ ฟรี-วิสลิงมีส่วนประกอบของไขมัน เมื่อมีการเติมสารแอมโมเนีย อนุภาคเหล่านี้จะรวมตัวอยู่ในแอมโมเนีย และแยกตัวออกจากยางในส่วนของserum



รูปที่ 2.1 สภาพของน้ำยางสดเมื่อผ่านการปั่นด้วยเครื่อง centrifuge ความเร็วสูง

ที่มา : Sunderasan and Yeang, 1993

การจับตัวของน้ำยาง; (บุญธรรม นิธิอุทัย, 2530)

น้ำยางสดสามารถจับตัวเองได้ตามธรรมชาติโดยไม่ต้องเติมสารเคมี แต่การจับตัวอย่างสมบูรณ์ของน้ำยางธรรมชาตินั้นต้องใช้เวลา (มากกว่า 36 ชั่วโมง) จึงจะได้ก้อนยางที่พอจับถือ เคลื่อนย้ายไปสู่ขั้นตอนการผลิตต่อไป ดังนั้นถ้าต้องการน้ำยางสดไปผลิตเป็นยางดิบแห้งชนิดต่างๆ จึงทำให้น้ำยางจับตัวในระยะเวลาที่กำหนดเพื่อเป็นการประหยัดเวลาและเนื้อที่ที่ใช้ในการเก็บรักษา และเพื่อให้ได้ก้อนยางจับตัวที่มีลักษณะตรงกับความต้องการ ทั้งนี้โดยการใช้สารเคมีทำ

น้ำยางจับตัว(coagulant) สารเคมีที่ทำให้น้ำยางจับตัวที่สำคัญ ได้แก่ กรดฟอร์มิก กรดแอซิดิก เมื่อกรดแตกตัวจะให้อนุมูลไฮโดรเจน(H⁺)และอนุมูลนี้จะทำปฏิกิริยากับอนุมูลลบของคาบออกซิเลต (R.COO⁻) ที่อยู่รอบๆอนุภาคยาง

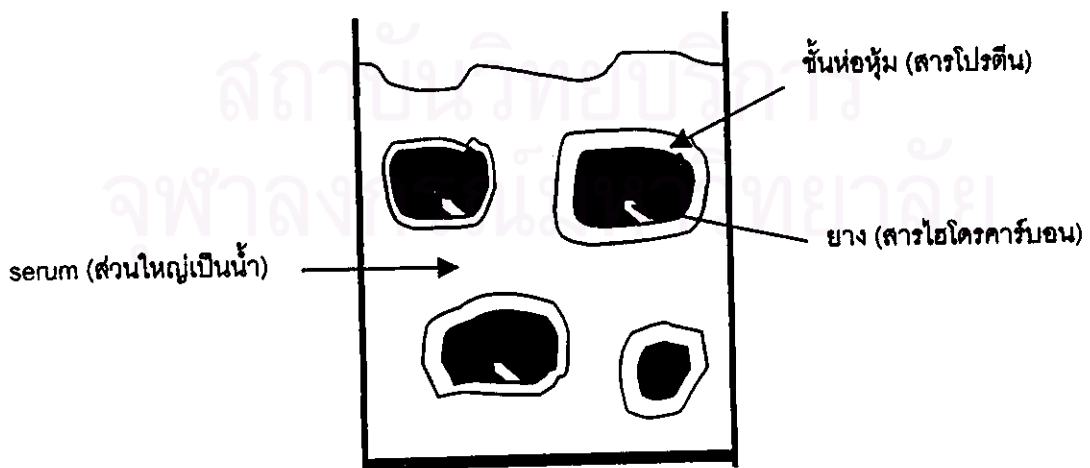


เกิดกรดไขมัน(fatty acid)ขึ้นรอบๆอนุภาคยาง กรดนี้ไม่ละลายน้ำ ไม่แตกตัวเป็นน้ำ เมื่อเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวพลังงานรอบๆอนุภาคยางจะลดลงเป็นศูนย์ ชั้นห่อหุ้มอนุภาคยางแพลง ส่วนของโมเลกุลที่เป็นน้ำ(hydration sheath)ที่เคยห่อหุ้มอนุภาคยางอยู่แต่เดิมจะกระจายไป น้ำยางขณะนี้จึงอยู่ในสภาพจับตัวเป็นก้อนโคแอกกูลัมอย่างรวดเร็ว

สารเคมีที่ทำให้น้ำยางจับตัวนิยมใช้กรดกำมะถัน เพราะมีราคาถูกแต่ไม่แนะนำในการใช้กรดกำมะถันในการทำยางแท่งและยางแผ่นเพราะจะทำให้ได้ยางสีไม่สวย และยังทำให้ยางมีปริมาณผงเถ้าสูงอีกด้วย(บุญธรรม นิธิอุทัย,2530)

การรักษาสภาพของน้ำยาง; (วราภรณ์ ขจรไชยกูล, 2534)

น้ำยางสด เป็นสารแขวนลอยที่มีส่วนของอนุภาคยาง(rubber particle) แขนงลอยกระจายอยู่ในตัวกลางที่เรียกว่า serum ในน้ำยางมีส่วนของสารโปรตีน ส่วนหนึ่งของสารโปรตีนนี้จะดูดซับอยู่รอบผิวของอนุภาคยาง (hydrated protein envelope) (รูปที่ 2.2) ชั้นห่อหุ้มนี้มีความสำคัญต่อสถานะความคงตัวของเหลวของน้ำยาง เพราะชั้นโปรตีนนี้ป้องกันไม่ให้อนุภาคยางรวมตัวกัน

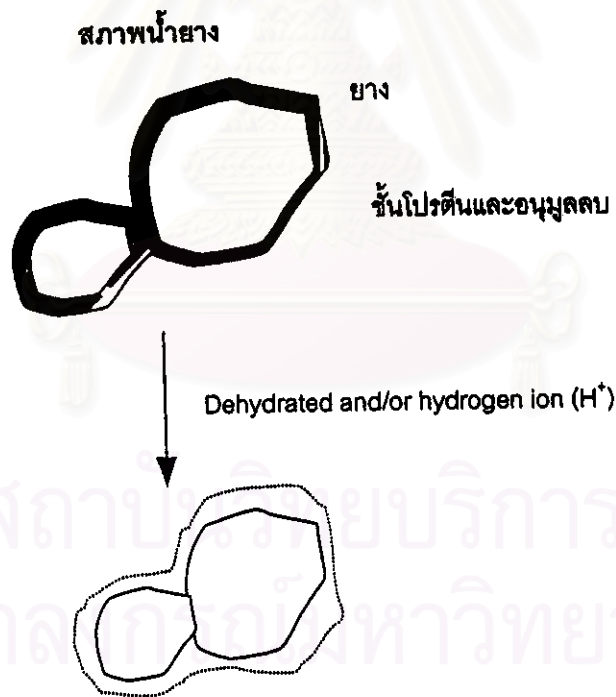


รูปที่ 2.2 แสดงสถานะการเป็นสารแขวนลอยของน้ำยางสด

ที่มา : วราภรณ์ ขจรไชยกูล,2534

นอกจากชั้นโปรตีนจะห่อหุ้ม ทำหน้าที่รักษาสถานะการเป็นของเหลวให้น้ำยางแล้ว ในชั้นโปรตีนนี้ ยังมีอนุมูลของคาร์บอกซีเลต(carboxylate R.COO) ซึ่งก่อให้เกิดการผลัดกันระหว่างอนุภาคยาง นั่นคือน้ำยางคงสภาพเป็นของเหลวอยู่ได้ด้วยปัจจัยสำคัญ 2 ประการ คือชั้นโปรตีนที่ห่อหุ้มอนุภาคยาง และอนุมูลของคาร์บอกซีเลต

การเสีสภาพจากการเป็นของเหลวของน้ำยาง จะเกิดขึ้นเมื่อมีการทำลายปัจจัยสำคัญทั้งสองดังกล่าวข้างต้น เช่นการสูญเสียน้ำ(dehydrated)ในชั้นของโปรตีน การทำลายอนุมูลของคาร์บอกซีเลต เมื่อสภาพของน้ำยางถูกกระทบกระเทือนดังกล่าวนี้ จะทำให้อนุภาคยางจับตัวกันเป็นก้อน เรียกว่า โคแอกกูลัม(coagulum) แยกจากส่วนของ serum (รูปที่ 2.3)



รูปที่ 2.3 แสดงน้ำยางเสีสภาพจับตัวเป็นก้อน

ที่มา: วราภรณ์ ขจรไชยกุล, 2534

สารเคมีรักษาสภาพน้ำยาง; (วารสารณ์ ขจรไชยกุล, 2534)

เนื่องจากในน้ำยางสด มีส่วนประกอบหลายชนิด ที่เป็นอาหารของจุลินทรีย์ได้แก่ พวคน้ำตาลกลูโคส ฟรุคโตส จุลินทรีย์ในอากาศจะลงปะปนในน้ำยาง มีปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงที่ก่อให้เกิดกรด ทำลายชั้นห่อหุ้มอนุภาคยางทำให้ยางจับตัวเป็นก้อน ดังนั้นเพื่อป้องกันน้ำยางจับตัวเป็นก้อนก่อนเวลาที่กำหนด หรือให้น้ำยางอยู่ในสภาพของเหลวตามต้องการ จึงจำเป็นต้องเติมสารเคมีรักษาสภาพน้ำยาง

สมบัติของสารเคมีรักษาสภาพน้ำยางควรมีสมบัติดังนี้

- มีประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์
- ควรมีสภาพเป็นเบสเพื่อส่งเสริมสถานะแขวนลอยในน้ำยาง
- ทำให้อนุภาคโลหะหนักไม่รบกวนปฏิกิริยา เพราะอนุมูลเหล่านี้จะส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์
- สามารถระงับการทำงานของเอนไซม์ ที่ช่วยการเจริญของจุลินทรีย์
- ไม่เป็นพิษต่อคนและคุณภาพของยาง และขจัดได้สะดวก

สารเคมีชนิดแรก ที่พบว่ามีประสิทธิภาพในการรักษาสภาพน้ำยางได้ คือ แอมโมเนีย และจนปัจจุบันแอมโมเนียก็ยังคงเป็นสารเคมีที่รักษาสภาพน้ำยาง นอกจากแอมโมเนีย สารอื่นๆที่ใช้รักษาสภาพน้ำยาง ได้แก่ ฟอรัมาลดีไฮด์ โซเดียมซัลไฟด์ เป็นต้น เนื่องจากปัจจุบันมีการค้นคว้าวิจัยชนิดของสารเคมี ที่ใช้รักษาสภาพน้ำยางและพบว่ามียาหลายชนิด ในการเลือกใช้สารเหล่านี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการรักษา เช่นจะรักษาน้ำยางสด เพื่อนำไปแปรรูปเป็นยางดิบชนิดใดๆ ก็ต้องเลือกชนิดสารเคมีรักษาสภาพให้เหมาะสม หรือจะเก็บรักษาน้ำยางชั้นไว้ใช้นานๆ ก็จะต้องเลือกสารเคมีให้ถูกต้อง เป็นต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

น้ำยางข้น (concentrated latex)

น้ำยางข้นเป็นน้ำยางที่ผลิตโดยการเอาน้ำออกจากน้ำยางสดก่อน จนมีเนื้อยางเข้มข้น ร้อยละ 60 มีลักษณะเหมือนกับน้ำนม องค์ประกอบของน้ำยางข้นแสดงได้ดังนี้

องค์ประกอบ	ร้อยละ	
	HA latex	LA latex
ปริมาณเนื้อยางแห้ง	59.67	59.61
โปรตีน	1.06	1.03
สบู.เบส	0.23	0.23
เกลือ	0.40	0.38
แอมโมเนีย	0.68	0.21
น้ำ	37.96	38.54

การผลิตน้ำยางข้น ในขั้นแรกจะเป็นการรวบรวมน้ำยางก่อนโดยเริ่มตั้งแต่ การกรีดยาง รวบรวมน้ำยางจากถ้วยรองรับน้ำยางสู่ถ้วยรองรับน้ำยาง หลังจากนั้นจึงถ่ายลงสู่ รถบรรทุก และ ลื่นสุดที่ถ้วยรองรับน้ำยางในโรงงาน หลังจากนั้นจึงนำน้ำยางไปผ่านตะแกรงกรองขนาด 40 หรือ 60 เมช นำไปผลิตเป็นน้ำยางข้นต่อไป ในการรวบรวมน้ำยางจะมีความเหมือนกันทุกโรงงานแต่ ในระหว่างขั้นตอนเหล่านี้พบว่าน้ำยางมีโอกาสสูญเสียได้ เนื่องจากเกิดกรดไขมันซึ่งเป็นการกระทำของพวกแบคทีเรียและยีสต์ ฉะนั้นสิ่งที่สำคัญอันดับแรก คือ หลังจากที่ยกรีดยางเอาน้ำยาง ออกจากต้นภายใน 2-3 ชั่วโมงจะต้องรีบเติมสารที่ใช้เป็นตัวรักษาสภาพน้ำยางให้สดและเป็นของ เหลวอยู่เสมอ สารเคมีที่ใช้รักษาสภาพน้ำยางโดยทั่วไปนิยมใช้แอมโมเนีย เนื่องจากสามารถเติม ลงในน้ำยางได้ง่ายและสามารถไล่แอมโมเนียออกจากน้ำยาง ได้ง่ายอีกด้วย หรืออาจใช้ แอมโมเนียกับสารเคมีอื่นๆเป็นต้น

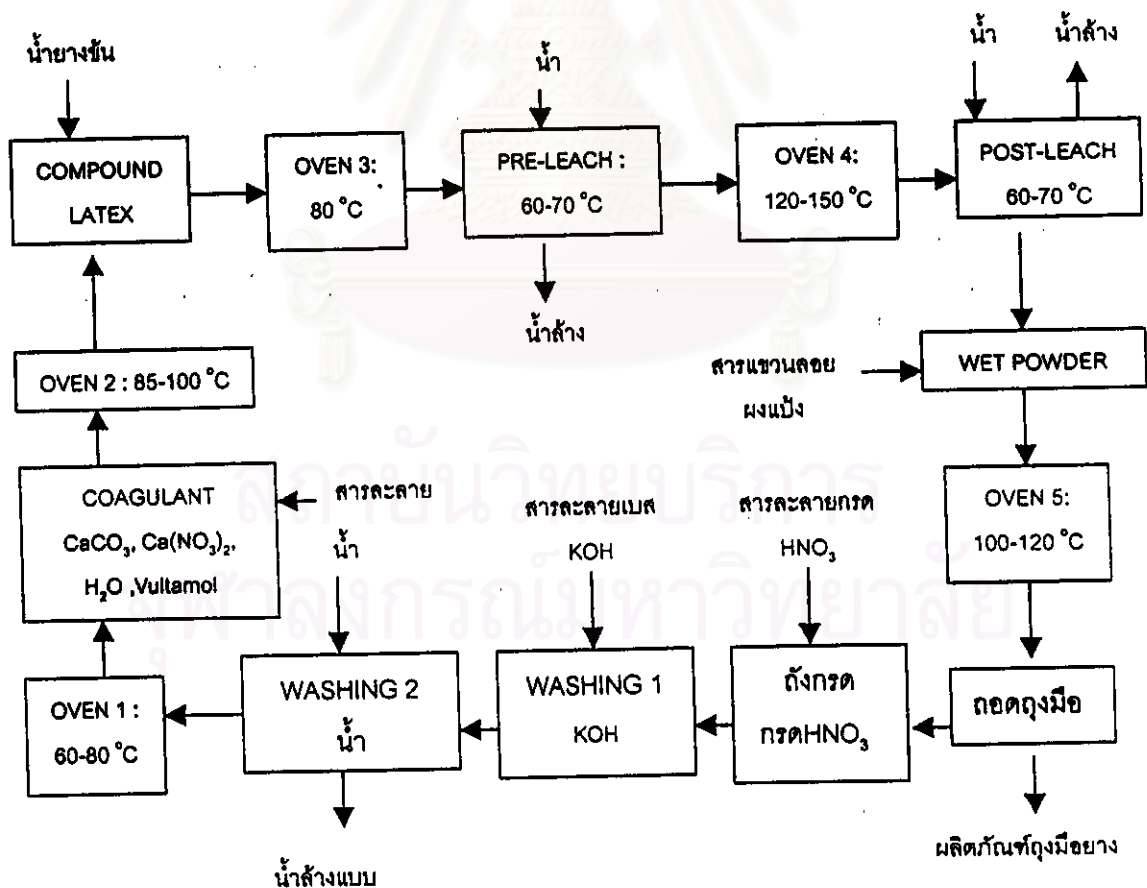
น้ำยางข้นสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท

1. HA latex (High Ammonia latex) ใช้แอมโมเนียสูงถึง 0.7 เปอร์เซ็นต์เพื่อรักษาสภาพน้ำยาง
2. LA latex (Low Ammonia latex) ใช้แอมโมเนีย 0.2 เปอร์เซ็นต์ในน้ำยางและ สารอื่นๆ เช่น boric acid 0.2 เปอร์เซ็นต์ santrobrite 0.2 เปอร์เซ็นต์อยู่ด้วยเป็นต้น

อุตสาหกรรมผลิตถุงมือยาง

อุตสาหกรรมถุงมือยางของไทยเริ่มมีการพัฒนาและขยายตัวอย่างรวดเร็วในช่วง พ.ศ. 2530-2535 เนื่องจากตลาดโลกมีความต้องการใช้ถุงมือยางสูงโดยเฉพาะประเภท examination glove เพื่อป้องกันการติดเชื้อเอดส์ ไทยมีแหล่งผลิตน้ำยางชั้น มีค่าจ้างแรงงานต่ำ ประกอบกับการผลิตถุงมือยางใช้เทคโนโลยีไม่ซับซ้อน สามารถซื้อสูตรผสมน้ำยางชั้น และเครื่องจักรได้ จึงทำให้นักลงทุนและดำเนินการลงทุนทั้งจากต่างชาติ และในประเทศเข้ามาลงทุนผลิตผลิตภัณฑ์ถุงมือยางส่งออกตลาดต่างประเทศ ตลาดใหญ่คือ อเมริกา และประเทศทางแถบยุโรป ความต้องการใช้ถุงมือยางประเภท examination glove ในประเทศที่พัฒนาแล้วมีแนวโน้มขยายตัวเรื่อย ๆ ประกอบกับเป็นสินค้าที่ใช้เพียงครั้งเดียวแล้วทิ้งทำให้ตลาดโลกเฉพาะอเมริกาขยายตัวปีละประมาณร้อยละ 10 ดังนั้นอนาคตในระยะสั้นของอุตสาหกรรมถุงมือยางของไทยประเภท examination glove จึงยังมีแนวโน้มที่ดี

กระบวนการผลิตถุงมือยาง



รูปที่ 2.4 กระบวนการผลิตถุงมือยางของบริษัท สุรเสนา ลาเท็กซ์

ขั้นตอนการผลิตถุงมือสามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้คือ

1. cleaning ได้แก่ช่วงกระบวนการตั้งแต่ถึงกรดจนถึง washing 2
2. การขึ้นรูป ได้แก่ช่วงกระบวนการตั้งแต่ oven1 จนถึง compound latex
3. ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ช่วงกระบวนการตั้งแต่ oven3 จนกระทั่งพนักงานดึงถุงมือออกจากแบบพิมพ์ รายละเอียดในแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

1 cleaning เป็นขั้นตอนการทำความสะอาดแบบพิมพ์ก่อนที่จะทำการขึ้นรูป เนื่องจากแบบพิมพ์เมื่อผ่านกระบวนการผลิตจะมีอนุภาคต่างๆ ของสารเคมีตกค้างอยู่ดังนั้นจึงต้องมีการทำความสะอาดก่อน มิฉะนั้นถุงมือจะเสียหายได้ ขั้นตอนการทำความสะอาดมีดังต่อไปนี้

1.1 ถึงกรด เป็นขั้นตอนการทำความสะอาดแบบพิมพ์ที่สำคัญมาก ภายในถังจะมีสารละลายกรดในไตรกลีเซอไรด์ความเข้มข้น 0.2-0.7% บรรจุอยู่ การทำความสะอาดในขั้นตอนนี้ เป็นการทำความสะอาดเพื่อชะละลายอนุภาคสารเคมีที่ตกค้างอยู่ให้หลุดออกไป กรดภายในถังจะได้รับความร้อนจากการถ่ายโอนจากแบบพิมพ์ เนื่องจากแบบจะผ่านขั้นตอนการอบก่อนที่จะดึงถุงมือออก ดังนั้นแบบพิมพ์จึงยังคงมีความร้อนเหลืออยู่อย่างเพียงพอ การให้ความร้อนแก่กรดภายในถังเพื่อเร่งให้อนุภาคสารเคมีหลุดเร็วขึ้น สำหรับความเข้มข้นของกรดภายในถังอาจจะมากกว่าหรือน้อยกว่านี้ก็ได้ ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น สภาพเครื่องจักร มาตรฐานของถุงมือ คุณภาพที่ต้องการ เป็นต้น และยังคงคำนึงถึงข้อดีข้อเสียที่เกิดขึ้นด้วย คือ ถ้ากรดที่ใช้ความเข้มข้นสูงมาก จะทำให้อายุการใช้งานของแบบพิมพ์สั้นลงและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย นอกจากนี้ถ้าล้างกรดไม่หมดจะทำให้ถุงมือที่ผลิตได้เหนียวและไม่ลื่น แต่ประสิทธิภาพในการชะละลายจะดี ถ้ากรดที่ใช้ความเข้มข้นต่ำ ประสิทธิภาพในการชะละลายจะไม่ดีแต่อายุการใช้งานของแบบพิมพ์จะนานกว่าและค่าใช้จ่ายต่ำ

1.2 washing1 เมื่อแบบพิมพ์ออกจากถังกรดจะลงสู่ถัง washing1 เป็นการล้างกรดออกจากแบบพิมพ์ ภายในถังมีสารละลาย potassium hydroxide ความเข้มข้น 0.02-0.08% บรรจุอยู่ และแบบภายในถังจะได้รับความร้อนจากการถ่ายโอนความร้อนจากแบบพิมพ์เช่นเดียวกับสารละลายในถังกรด เพื่อเป็นการเร่งปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบสให้เร็วขึ้น สำหรับความเข้มข้นของสารละลายในถัง washing1 นี้จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลายกรดในถังกรด เพื่อให้กรดกับเบสทำปฏิกิริยาพอดีกัน

1.3 washing2 เมื่อแบบพิมพ์ออกจากถัง washing1 จะลงสู่ถัง washing2 ซึ่งภายในถังจะมีน้ำบรรจุอยู่ เป็นการทำความสะอาดแบบพิมพ์ครั้งสุดท้ายเพื่อให้แน่ใจว่าแบบพิมพ์ไม่มีสารตกค้างอยู่แล้ว สำหรับ washing 2 นี้มีการให้ความร้อนเช่นกัน แต่จะให้ความร้อนโดยระบบ thermal oil เนื่องจากความร้อนที่ถ่ายจากแบบพิมพ์ไม่เพียงพอ เพราะแบบพิมพ์ผ่านการถ่ายโอนความร้อนจากถังกรดและถัง washing1 มาก่อนแล้ว นอกจากนี้ถัง washing2 จะต้องให้น้ำไหล

ออกตลอดเวลาเพื่อให้ร่างกายในถังสะอาด และสามารถวัดความสกปรกของน้ำภายในถังจากค่า conductivity ได้

2 การขึ้นรูป หลังจากทำความสะอาดแบบพิมพ์แล้ว จะผ่านเข้าสู่ขั้นตอนการขึ้นรูปซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 oven 1 เมื่อแบบพิมพ์ผ่านจากถัง washing1 แล้วจะเข้าสู่oven1เพื่ออบให้แบบพิมพ์แห้งก่อนที่จะลงสู่ถัง coagulant อุณหภูมิภายในเตาอบ ควรสูงพอที่จะทำให้แบบพิมพ์แห้งพอดี ไม่แห้งจนเกินไป เนื่องจากถ้าแบบพิมพ์แห้งจนเกินไป แบบพิมพ์จะมีอุณหภูมิสูงเมื่อจุ่มลงในถัง coagulant จะทำให้ coagulant เกาะกับแบบพิมพ์ได้ไม่ดี ทำให้ถุงมือยางที่ได้บาง และยิ่งอาจทำให้ความเข้มข้นของ coagulant เปลี่ยนแปลงได้ถ้าแบบพิมพ์ไม่แห้งเป็นระยะเวลานาน สำหรับอุณหภูมิภายใน oven1 นี้จะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของน้ำในถัง washing2 ในลักษณะที่แปรผกผันกันคือ ถ้าอุณหภูมิของน้ำในถัง washing2 สูง โอกาสที่น้ำระเหยไปได้เองมีมาก ดังนั้นอุณหภูมิภายในเตาอบ จะไม่สูง สำหรับอุณหภูมิของ oven 1 ที่ใช้อยู่ประมาณ 60-80 °C

2.2 ถัง coagulant เมื่อแบบพิมพ์ออกจาก oven 1 แล้ว จะลงสู่ถัง coagulant ซึ่งภายในถังจะมีส่วประกอบต่างๆดังต่อไปนี้

2.2.1 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ เป็นสารที่ช่วยประสานน้ำยางให้เกาะกับแบบพิมพ์ เนื่องจาก $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ เมื่อละลายน้ำจะแตกตัวให้ Ca^{2+} ซึ่งตัว Ca^{2+} นี้เองที่จะเป็นตัวช่วยดึงน้ำยางให้มาเกาะกับแบบพิมพ์เนื่องจากน้ำยางมีประจุลบ ดังนั้นในการผลิตถุงมือ ถ้าความเข้มข้นของ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ มากเกินไปถุงมือที่ได้จะหนา แต่ถ้าน้อยเกินไปถุงมือที่ได้จะบาง สำหรับ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ สามารถใช้ CaCl_2 แทนได้เพราะ CaCl_2 สามารถแตกตัวให้ Ca^{2+} ได้เช่นเดียวกัน แต่มีประสิทธิภาพที่ต่ำกว่า เพราะเป็นสารที่มีความบริสุทธิ์น้อยกว่า แต่จะมีราคาถูกกว่า

2.2.2 CaCO_3 เป็นสารที่ช่วยหล่อลื่นถุงมือไม่ให้ติดกับแบบพิมพ์จึงง่ายต่อการดึงออก ถ้าใน coagulant มี CaCO_3 น้อยเกินไปจะทำให้ถุงมือที่ได้มีเหนียว สารตัวนี้เป็นสารที่ไม่ละลายน้ำดังนั้นจะต้องเติมสารช่วยไม่ให้ตกตะกอน ซึ่งได้แก่ vultamol และภายในถังต้องมีใบกวนกวนอยู่ตลอดเวลาด้วย

2.2.3 vultamol เป็นสารป้องกันการตกตะกอนของ CaCO_3 ทำให้ตกตะกอนช้าลง

2.2.4 surfactant เป็นสารที่ช่วยลดแรงตึงผิวทำให้น้ำยางเกาะกับแบบพิมพ์ได้ง่ายขึ้น surfactant ที่ใช้คือ NP_{10}

2.2.5 water เมื่อเติมสารทั้งหมดแล้ว เติมน้ำให้ครบ 100%

2.3 oven2 เมื่อแบบพิมพ์ผ่านจากถัง coagulant จะเข้าสู่ oven2 เพื่ออบให้สาร coagulant แห้งติดกับแบบพิมพ์ เพราะถ้า coagulant ไม่แห้งเมื่อลงสู่ถัง latex จะส่งผลให้

coagulant ละลายในน้ำอย่างทำให้น้ำยางเกาะกับแบบพิมพ์ได้ไม่ตี แต่ถ้าแบบพิมพ์แห้งจนเกินไป อุณหภูมิของแบบพิมพ์จะสูงเมื่อลงสู่ถัง latex จะทำให้น้ำยางมีอุณหภูมิสูงด้วย ทำให้น้ำยางเสียสภาพได้เร็วขึ้น คือจะมีลักษณะเป็นฝ้าบริเวณผิวหน้าและเกิดการตกตะกอนบริเวณก้นถัง เนื่องจากรุ่นน้ำยางจะต้องอยู่ในภาวะที่อุณหภูมิประมาณ 22-24°C และในน้ำยางจะมีสารแอมโมเนียอยู่ เพราะน้ำยางต้องอยู่ในภาวะที่เป็นเบส เมื่ออุณหภูมิสูงจะทำให้แอมโมเนียระเหยออกไป น้ำยางจึงเสียสภาพได้เร็วที่อุณหภูมิสูง ดังนั้นอุณหภูมิภายในของ oven 2 จึงควรใช้พอดี อุณหภูมิที่ใช้อยู่ประมาณ 85 – 100 °C

2.4 latex เมื่อแบบพิมพ์ผ่านจากถัง oven2 แล้วจะลงสู่ถัง latex หรือถังน้ำยาง ซึ่งน้ำยางภายในถังนี้เป็นน้ำยางที่ผ่านขั้นตอนการผสมสารเคมีแล้ว เรียกว่าน้ำยาง compound อุณหภูมิของน้ำยางภายในถังควรอยู่ประมาณ 22 – 24 °C เพื่อรักษาสภาพของน้ำยาง โดยอุณหภูมิของน้ำยางจะควบคุมด้วยระบบ chiller ส่งน้ำเย็นเข้ามาอยู่รอบๆ ถังน้ำยาง นอกจากนี้ภายในถังน้ำยางจะมีใบกวนทำงานอยู่ตลอดเวลา เพื่อไม่ให้น้ำยางแยกชั้นและกระจายอนุภาคสารเคมีให้ทั่วกัน เมื่อแบบพิมพ์ลงสู่ถังน้ำยางจะเกาะบนพิมพ์ ซึ่งมีสาร coagulant เคลือบอยู่ เป็นการเสริมขั้นตอนการขึ้นรูปถุงมือ

3. ผลิตภัณฑ์ เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนการขึ้นรูปถุงมือ จะเข้าสู่การเป็นผลิตภัณฑ์ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 oven3 เมื่อแบบพิมพ์ผ่านถังน้ำยางเข้าสู่ oven3 เพื่อให้ น้ำยางแห้งหมาดๆ เพราะถ้าน้ำยางแห้งเกินไป โดยที่อุณหภูมิภายในเตาอบสูงมาก น้ำยางจะสุกอย่างรวดเร็ว ทำให้น้ำที่อยู่ภายในระเหยออกมาไม่ทันก่อนที่ผิวหน้าของถุงมือจะสุก ส่งผลให้เกิดฟองอากาศขึ้นบนถุงมือ สำหรับอุณหภูมิของ oven 3 ที่ใช้อยู่ประมาณ 80 °C

3.2 pre – curing leaching เมื่อผ่านจาก oven3 แบบพิมพ์จะลงสู่ถัง leaching ซึ่งภายในถังจะมีน้ำบรรจุอยู่ เป็นขั้นตอนการชะละลายสิ่งตกปรก เช่นคราบโปรตีน และสารเคมีต่างๆ ที่ตกค้างบนถุงมือออก เนื่องจากคราบโปรตีนจะเป็นเหตุให้เกิดแบคทีเรียบนถุงมือได้ จึงต้องมีการชะละลายออก ถัง leaching นี้จะได้รับความร้อนจากการถ่ายโอนความร้อน จากแบบพิมพ์ เช่นเดียวกัน อุณหภูมิของน้ำภายในถังจะอยู่ประมาณ 60-70 °C

3.3 oven 4 เมื่อแบบพิมพ์ผ่านถัง pre – curing leaching จะเข้าสู่ oven4 เพื่อให้ยางสุก สำหรับอุณหภูมิของ oven 4 ที่ใช้อยู่ประมาณ 120-150 °C

3.4 post – curing leaching เมื่อผ่านจาก oven4 แบบพิมพ์จะลงสู่ถัง post – curing leaching ซึ่งภายในจะมีน้ำบรรจุอยู่ ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนหนึ่งที่สามารถชะละลายโปรตีนออกจากผิวของถุงมืออย่างธรรมชาติได้

3.5 wet powder เมื่อผ่านจากถึง post – curing leaching แบบพิมพ์จะลงสู่ถึง wet powder สำหรับหน้าที่ของแป้ง ได้แก่ ช่วยหล่อลื่นถุงมือด้านในเมื่อดึงออกจากแบบพิมพ์ไม่ให้ติดกัน สำหรับถึง wet powder จะได้รับการถ่ายโอนความร้อนจากแบบพิมพ์เช่นเดียวกับถึงกรด และ washing1 นอกจากนี้ภายในถึง wet powder จะต้องมีใบกวนทำงานอยู่ตลอดเวลาเพื่อช่วยกระจายอนุภาคของแป้งไม่ให้ตกตะกอน

3.6 oven5 เมื่อผ่านจากถึง wet powder แบบพิมพ์จะเข้าสู่ oven5 เป็นการอบเพื่อให้แป้งที่อยู่บนถุงมือสุกและให้น้ำแห้งระเหยออกไป นอกจากนี้ยังเป็นการอบเพื่อให้แน่ใจว่าถุงมือสุกแน่นอนแล้ว อุณหภูมิภายใน oven 5 ที่ใช้อยู่ประมาณ 100-120 °C

3.7 ถอดถุงมือ เมื่อผ่านขั้นตอนการอบครั้งสุดท้าย แบบพิมพ์จะเลื่อนไปจนถึงตำแหน่งที่จะมีพนักงาน ทำการดึงถุงมือออกจากแบบพิมพ์ เป็นการเสร็จสิ้นกระบวนการผลิตถุงมือ หลังจากนั้นแบบพิมพ์จะเข้าสู่ขั้นตอนการทำความสะอาดต่อไป

โปรตีนในน้ำยางธรรมชาติ; (Hasma Hashim,1993)

1 โปรตีนในน้ำยางธรรมชาติ

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

1.1 โปรตีนที่อยู่ในส่วนเนื้อยางจะเกาะอยู่ที่ผิวของอนุภาคยาง ส่วนใหญ่เป็นโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำ แต่สามารถถูกสกัดได้โดยสารลดแรงตึงผิว เช่น sodium dodecyl sulphate (SDS) หรือตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น ตัวทำละลายผสม chloroform-methanol แต่อย่างไรก็ตามโปรตีนในส่วนของเนื้อยางบางส่วน (1 มิลลิกรัม/กรัมเนื้อยางแห้ง) สามารถละลายน้ำได้และสามารถสกัดได้ด้วยแอมโมเนีย โปรตีนส่วนนี้เป็นโปรตีนที่มีค่า Isoelectric point (pi) ระหว่าง 3.5-6.0 และน้ำหนักโมเลกุล 14.0 และ 66.0 kD

1.2 โปรตีนที่อยู่ในส่วน serum เป็นโปรตีนที่ละลายน้ำได้ที่อยู่ใน B- และ C-serum ประกอบด้วย cationic และ anionic proteins ที่มีค่า pi (ค่า pH ที่ประจุรวมของโมเลกุลโปรตีนมีค่าเป็นศูนย์) ตั้งแต่ 3.5-9.5 และมีน้ำหนักโมเลกุล ตั้งแต่น้อยกว่า 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 ทำจากน้ำยางสดซึ่งมีปริมาณของเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content:DRC) ประมาณ 25-45% ให้มีปริมาณเนื้อยางแห้งประมาณ 60% เพื่อให้สะดวกในการนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ การทำน้ำยางชั้นสามารถทำได้ 3 วิธี คือ การใช้เครื่องปั่นแยก การทำให้เป็นครีมและการระเหยน้ำ แต่ น้ำยางชั้นที่ผลิตในเชิงอุตสาหกรรมในประเทศ จะเป็นน้ำยางชั้นที่ได้โดยวิธีการใช้เครื่องปั่นแยกเมื่อน้ำยางสดจากต้นยางผ่านกระบวนการไปเป็นน้ำยางชั้น ทำให้โปรตีนบางส่วนสูญเสียไปกับ serum ที่ถูกแยกออกไป และปริมาณโปรตีนสามารถลดลงจาก 30-50 มิลลิกรัม/กรัมเนื้อยางแห้งไปเป็น 16-26 มิลลิกรัม/กรัมเนื้อยางแห้ง ซึ่งกระจายอยู่ระหว่างส่วนของเนื้อยางและส่วนของ serum โปรตีนที่เกาะอยู่ที่อนุภาคยางเป็นโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุล 14.0 และ 24.0 kD เช่นเดียวกับในน้ำยางสด แต่ในเรื่องของปริมาณอาจลดลงเนื่องจากถูกสกัดออกมาจากผิวเมล็ดยางด้วยแอมโมเนียที่ใช้รักษาสภาพของน้ำยาง โปรตีนใน HA latex serum ที่ยังเหลือเป็นส่วนใหญ่จะเป็นโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่า 14.0 kD ส่วนโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลขนาดใหญ่ที่พบใน serum น้ำยางสดจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดใน HA latex serum หากนำน้ำยางชั้นที่ผลิตใหม่ ๆ ทำเป็นแผ่นฟิล์ม จะพบโปรตีนที่สกัดออกมาได้ประมาณ 0.5-0.6 มิลลิกรัม/กรัมเนื้อยางแห้ง อย่างไรก็ตามในการผลิตผลิตภัณฑ์จากน้ำยางจำเป็นต้องเติมสารเคมีต่างๆ ที่จำเป็น เมื่อได้น้ำยางผสม (compounded latex) และมีการบ่มน้ำยาง (maturation) ก่อนการผลิต ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ (extractable protein) อาจเพิ่มขึ้นได้ถึง 1 มิลลิกรัม/กรัมเนื้อยางแห้ง

โปรตีนกับอาการแพ้; (พญ.สุวิรากร โอภาสวงศ์, 2539)

การแพ้ยาง เป็นที่รู้จักในวงการแพทย์มากกว่า 60 ปี แล้ว โดยที่ลักษณะการแพ้เป็นแบบผิวหนังอักเสบบริเวณที่สัมผัสยาง ซึ่งอาจเป็นถุงมือยาง รองเท้าแตะยาง ถุงยางอนามัย จากการทดสอบภูมิแพ้ทางผิวหนังพบว่าเกิดจากอาการแพ้สารที่ใช้ในกระบวนการผลิตยาง ได้แก่ สารที่ใช้เป็นตัวเร่ง (accelerator) และสารป้องกันออกซิเดชัน (antioxidation) การแพ้ลักษณะนี้ไม่เป็นอันตรายอะไร เมื่อหยุดสัมผัสผืนก็จะหายไป

ต่อมาเมื่อปี พ.ศ. 2522 มีรายงานการแพ้โปรตีนในยางเป็นรายแรกโดยเป็นการแพ้แบบเฉียบพลัน ลักษณะเป็นผื่นลมพิษโดยที่ไม่มีการแพ้สารที่ใช้ในกระบวนการผลิตยางอย่างที่เคยทราบกัน ตั้งแต่นั้นมาแพ้นานาชาติก็ให้ความสำคัญต่อการแพ้ชนิดนี้ ช่วง 10 ปี หลังจากนี้การ

รายงานการแพ้โปรตีนจากยางธรรมชาติเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยรายงานมากกว่า 600 ราย ที่เกิดการแพ้แบบเฉียบพลันและรุนแรง โดยที่ในจำนวนนี้มี 16 ราย มีอาการถึงแก่ชีวิตด้วยจนกระทั่งวันที่ 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.

จากการสำรวจในประชากรทั่วไปในประเทศสหรัฐอเมริกาและฟินแลนด์พบว่า 1-2 % ของประชากรมีการแพ้ยาง ผู้ที่มีโอกาสแพ้ยางสูงได้แก่

- 1 บุคลากรทางการแพทย์ มีการศึกษาสถิติพบว่าบุคลากรทางการแพทย์มีการแพ้ได้ 4-11 % ขึ้นอยู่กับความบ่อยของการใช้ถุงมือยาง โดยเฉพาะศัลยแพทย์และพยาบาลห้องผ่าตัด ยิ่งในปัจจุบันการใช้ถุงมือยางเพื่อป้องกันการติดเชื้อเฮดส์ จึงทำให้มีอัตราการแพ้สูง
- 2 ผู้ที่มีอาชีพสัมผัสกับยางทุกวัน เช่น ผู้ที่ทำงานในโรงงานทำถุงมือยางทำเครื่องมือแพทย์จากยาง
- 3 ผู้ป่วยที่มีความผิดปกติทางระบบประสาทแต่กำเนิดที่มีการใส่สายสวนทางเดินปัสสาวะบ่อยๆทำให้มีโอกาสสัมผัสกับยางโดยการสัมผัสทางเนื้อเยื่อ เช่น เยื่อบุทางเดินอาหาร ทวารหนัก ซึ่งทำให้อัตราการแพ้เพิ่มมากขึ้น
- 4 ผู้ป่วยที่ได้รับการสวนสายเอกซเรย์ทางเดินอาหาร (barium enema) ด้วยสายยางที่มีปลายเป็นยาง

สำหรับอาการของผู้ที่แพ้มีตั้งแต่เล็กน้อยไปจนถึงมากได้ คือ ตั้งแต่อาการแสบๆคันๆ เวลาใส่ถุงมือยางใหม่อาจมีผื่นหรือไม่ก็ได้ ผื่นอาจเป็นแค่ผื่นแดง, บวมแบบลมพิษมีอาการน้ำมูก น้ำตาไหล หรือในรายที่เป็นมานาน ๆ จะเกิดผื่นแบบผิวหนังอักเสบได้ ในบางครั้งทำให้เกิดอาการระคายเคือง คัน แสบ ภายหลังจากใส่ถุงมือยางนานเป็นชั่วโมงหรือน้อยกว่า ในรายที่แพ้มากอาจจะมีอาการทางระบบภายในร่วมด้วย คือ อาการแน่นหน้าอกหายใจไม่ออก ปวดท้อง ท้องเสีย หอบ นิด หรือถึงแก่ความตายได้ อาการอาจค่อยเป็นค่อยไปหรือรุนแรงในครั้งแรกก็ได้

การพิสูจน์การแพ้แบบผิวหนังอักเสบ ทำได้โดยการทดสอบปิดแผ่นหลัง โดยวิธีแพทช์เทส (patch test) ส่วนการแพ้แบบเฉียบพลันทำได้โดยการสะกิดผิวหนัง (prick test) เนื่องจากมีรายงานว่าการทดสอบด้วยวิธีนี้อาจทำให้เกิดการแพ้ถึงแก่ชีวิตได้เหมือนกับกรทดสอบด้วยยาเพนนิซิลิน จึงแนะนำให้ทดสอบขั้นต้นด้วยการทดสอบโดยการใช้ (use test) ก่อน โดยใช้ถุงมือตัดออกเฉพาะนิ้วขุ่นน้ำแล้วสวมไว้เฉพาะนิ้วนาน 15 นาที ถอดออกแล้วอ่านผล ถ้าไม่เกิดอาการให้ใส่ทิ้งไว้ทั้งมือ 15 นาที หากไม่เกิดอาการจึงทำการทดสอบด้วยวิธีสะกิด โดยใช้ถุงมือของผู้ป่วยและสารมาตรฐาน

การป้องกันการแพ้ยางโดยการหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับยางเป็นสิ่งที่เป็นไปได้ยาก โดยเฉพาะบุคลากรทางการแพทย์ หากรู้ว่าแพ้ถุงมืออย่างให้ใช้ถุงมือที่ทำจากยางสังเคราะห์เช่น neoprene glove หรือ vinyl glove หรือใส่ถุงมือผ้าไว้ก่อนใส่ถุงมือยาง ในต่างประเทศผู้ที่ไม่ใช่บุคลากรทางการแพทย์แล้วมีอาการแพ้ถุงมืออย่างมีการแนะนำให้ซื้อถุงมือชนิดที่ไม่ใช่ยางธรรมชาติติดตัวให้แพทย์หรือทันตแพทย์ใช้เวลาจะไปรับบริการตรวจและมีตร้อยคอบอกว่า "NATURAL LATEX ALLERGY"

ในต่างประเทศก่อนที่ผู้ป่วยจะได้รับการผ่าตัด แพทย์ดมยาจะต้องถามประวัติการแพ้ยางเสมอ โดยอาจจะถามถึงประวัติการเป่าลูกโป่งตอนเด็กๆ หรือถ้าเป็นผู้ชายถามประวัติการใช้ถุงยางอนามัยเป็นต้น

ในปัจจุบันปัญหานี้ยังไม่มีรายงานในประเทศไทย แต่เป็นสิ่งที่ไม่ควรประมาทเพราะสามารถทำให้เกิดอันตรายถึงชีวิตได้

เทคนิคการลดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติ; (นุชญา ณ. ระนอง และ วราภรณ์ ชจรไชยกุล, 2539)

น้ำยางผสมสารเคมีจะมีปริมาณโปรตีนที่สกัดได้อยู่ประมาณ 1 มิลลิกรัม/กรัมเนื้อยางแห้ง ซึ่งเป็นผลมาจากการมี KOH และสารลดแรงตึงผิวจึงสามารถทำการละลายโปรตีนได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามการให้ความร้อนกับน้ำยางผสมสารเคมีหรือแผ่นฟิล์มที่ได้จากน้ำยางผสมสารเคมีนั้น ทำให้สามารถวัดปริมาณโปรตีนที่สกัดได้เพิ่มขึ้นถึง 2 มิลลิกรัม/กรัมเนื้อยางแห้ง หรือมากกว่า และแม้จะทำการชะละลายสารเคมี (leaching) เพื่อลดปริมาณสารตกค้างได้บ้าง (การชะละลายสารเคมีที่ตกค้างเป็นวิธีมาตรฐานในกระบวนการผลิตถุงมือยาง โดยมีจุดประสงค์ในการชะละลายสารที่ละลายน้ำได้ออกไป เพื่อลดการเกิดสีขุ่น การเปลี่ยนสีหรือการดูเน่าของผลิตภัณฑ์) การชะละลายนี้สามารถทำได้ 2 แบบ คือ แบบ dry film leaching หมายถึงเมื่อผ่านการทำให้คงรูปแล้ว จึงผ่านไปในถังชะละลายทำให้แห้งแล้วถอดออกจากพิมพ์ และแบบ wet gel leaching

ซึ่งหมายถึงเมื่อจุ่มแบบพิมพ์ลงในถังน้ำยาง ทำให้หมาด แล้วผ่านไปในถังชะละลาย ก่อนทำให้แห้งและทำให้คงรูปตามลำดับ โดยที่การชะละลายเป็นกระบวนการที่ควบคุมโดยการแพร่ของสารเคมีในตัวกลาง 2 แบบ (diffusion controlled process) การทำ wet gel leaching จะมีประสิทธิภาพมากกว่า dry film leaching ในการกำจัดสารที่ละลายน้ำได้ แต่ในขั้นตอนการทำให้แห้ง ก็ทำให้แผ่นฟิล์มได้รับความร้อนอีก และจะวัดปริมาณโปรตีนที่สกัดได้เพิ่มมากขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงทำให้การทำ dry film leaching มีความจำเป็นในกระบวนการผลิตถุงมือยางและถุงยางอนามัย ซึ่งต้องเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณโปรตีนที่สกัดได้น้อย อย่างไรก็ตาม wet gel leaching ก็สามารถกำจัดโปรตีนได้ในระดับหนึ่ง แต่การทำถุงมือในพิมพ์ต้องผ่านขั้นตอนการทำให้ยางคงรูปซึ่งใช้อุณหภูมิประมาณ 120 องศาเซลเซียส นั้น จะทำให้โปรตีนเคลื่อนย้ายมาอยู่ที่ผิวของถุงมือยาง เมื่อมีการตรวจปริมาณโปรตีนก็จะได้ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้มากเช่นเดิม ส่วน dry film leaching นั้น หลังการชะละลายควรทำให้แห้งที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อป้องกันการเคลื่อนย้ายของโปรตีนมาที่ผิวของถุงมือยาง

นอกจากการปรับปรุงกระบวนการผลิต ในขั้นตอนการชะละลายให้มีปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ ให้มีปริมาณอยู่ในระดับ 0.1 มิลลิกรัม/กรัม หรือ 100 ไมโครกรัม/กรัมยางแห้ง สามารถทำได้ 5 วิธี คือ

- 1 การใช้น้ำยางพรีวัลคาไนซ์ในการผลิต ในขั้นตอนการชะละลายให้ทำ wet gel leaching ที่ 50 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที แล้วทำ dry film leaching สั้น ๆ โดยการจุ่มหรือพ่นน้ำ
- 2 การใช้น้ำยางพรีวัลคาไนซ์ ที่ปั่นซ้ำ (recentrifuged prevulcanised latex) ในขั้นตอนการชะละลาย ให้ทำ wet gel leaching ที่ 50 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที แล้วทำ dry film leaching สั้น ๆ
- 3 ใช้น้ำยางโปรตีนต่ำ ในขั้นตอนการชะละลายให้ทำ wet gel leaching ที่ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที แล้วทำ dry film leaching สั้น ๆ
- 4 การทำคลอรีนชั้นที่ผิว โดยการจุ่มในสารละลายคลอรีน
- 5 การใช้พอลิเมอร์สังเคราะห์เคลือบผิว โดยการจุ่มลงน้ำยางสังเคราะห์ เช่น โคพอลิเมอร์ของ 2-hydroxyethyl methacrylate กับมอนอเมอร์ต่างๆ หลายชนิด

การพัฒนาการผลิตยางโปรตีนต่ำ; (พรฤดี มุ่งสมานกุล, 2535)

ในเนื้อยางพบว่ามีโปรตีนปริมาณเล็กน้อย โดยโปรตีนจะเกาะและถูกดูดซับอยู่ที่ผิวของอนุภาคยาง ประกอบด้วยโปรตีนที่มีขั้วหรือชอบน้ำ (hydrophilic) ของโปรตีน เชื่อว่าจะมีผลต่อสมบัติของยางในหลายๆส่วน โปรตีนทำให้เกิดการ crosslink บางส่วนมากเกินไป อีกทั้งทำให้ค่า

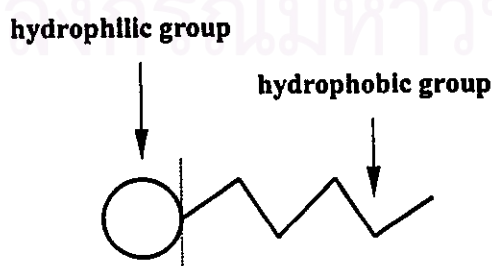
มอดูลัสเปลี่ยนไปด้วยเพราะมีความไวต่อความชื้น น้ำจะถูกดูดซับด้วยโปรตีนและสารที่ชอบน้ำอื่นๆ ทำให้เพิ่มค่า stress relaxation หรือง่ายต่อการเสียรูปของยางเมื่อรับแรง เป็นผลให้ค่ามอดูลัสลดลง จากปัญหาข้างต้นจะเห็นว่าถ้าการผลิตยางที่มีโปรตีนต่ำมากจะช่วยปรับปรุงสมบัติของยางได้

โดยสรุปการกำจัดโปรตีนมี 3 วิธีใหญ่ๆด้วยกัน คือ

1. การกำจัดทางเคมี โดยแช่ยางในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 24 ชั่วโมง โปรตีนจะถูกไฮโดรไลซ์ด้วยปฏิกิริยาเคมี
2. การกำจัดด้วยวิธีชะละลายออกจากผิวยาง เช่นใช้สารลดแรงตึงผิวหรือตัวทำละลาย และมีการใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลวในการไล่โปรตีนออกจากเม็ดยาง
3. การกำจัดทางชีวเคมี โดยให้เอนไซม์ชนิด proteolytic เช่น papain, trypsin, alcalase เป็นต้น ซึ่งจะไฮโดรไลซ์โปรตีนเป็นเปปไทด์และกรดอะมิโนสายสั้นๆ ทำให้ละลายได้ในน้ำต่อไป

สารลดแรงตึงผิว; (Rosen Milton, 1992)

สารลดแรงตึงผิวเป็นคำย่อของ surface active agent เป็นสารที่มีสมบัติในการดูดซับพื้นผิวระหว่างเฟสทำให้แรงตึงผิว (surface tension) ของสารละลายลดต่ำลง สารลดแรงตึงผิวมีลักษณะโครงสร้างโมเลกุลที่ประกอบด้วยส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) เป็นส่วนหัวและส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) เป็นส่วนหาง ดังแสดงในรูปที่ 2.5 โดยส่วนหัวของสารลดแรงตึงผิวชอบน้ำจึงละลายน้ำได้ ส่วนหางจะเป็นอนุพันธ์ของสารอินทรีย์ซึ่งเป็นโซ่ยาว สามารถแบ่งได้ 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ ไฮโดรคาร์บอน, ฟลูออโรคาร์บอน และสารพอลิเมอร์พวกซิลิโคน



รูปที่ 2.5 โมเลกุลของสารลดแรงตึงผิว (Rosen, 1992)

สารลดแรงตึงผิวแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ๆ ตามธรรมชาติของส่วนหัว คือแคทไอออนิก (cationic surfactant), แอนไอออนิก(anionic surfactant), นอนไอออนิก(nonionic surfactant) และ สวิตเตอร์ไอออนิก (zwitterionic surfactant)

1. แอนไอออนิก ส่วนหัวเป็นประจุลบ เช่น $\text{RC}_6\text{H}_4\text{SO}_3^-\text{Na}^+$ (alkylbenzene sulfonate)
2. แคทไอออนิกส่วนหัวเป็นประจุบวก เช่น $\text{RNH}_3^+\text{Cl}^-$ (salt of along - chain amine), $\text{RN}(\text{CH}_3)_3^+\text{Cl}^-$ (quaternary ammonium chloride)
3. นอนไอออนิกส่วนหัวไม่มีประจุ เช่น $\text{RCOOCH}_2\text{CHOCH}_2\text{OH}$ (monoglyceride of long-chain fatty acid) , $\text{RC}_6\text{H}_4(\text{OC}_2\text{H}_4)_x\text{OH}$ (polyoxyethylenated alkylphenol)
4. สวิตเตอร์ไอออนิก ส่วนหัวมีทั้งประจุลบและบวก เช่น $\text{RN}^+\text{H}_2\text{CH}_2\text{COO}^-$ (long-chain amino acid) , $\text{RN}^+(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{SO}_3^-$ (sulfobetaine)

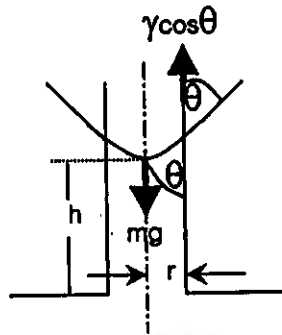
การวัดค่าแรงตึงผิว; Daniels, F.,Williams, J.W.,Bender, P.,Alberty, R.A.andHarriman. J.E.,1970.

โมเลกุลที่ยึดบริเวณผิวหน้าของของเหลวจะถูกโมเลกุลชั้นที่ต่ำลงไปดึงดูด ซึ่งจะทำให้พื้นผิวบริเวณของของเหลวจะพยายามจัดตัวให้เล็กที่สุด ขนาดของแรงที่กระทำตั้งฉากต่อหนึ่งหน่วยความยาวของเส้นที่พื้นผิว เรียกว่า แรงตึงผิว (surface tension , γ) พื้นผิวที่มีแรงกระทำบริเวณรอยต่อของของเหลวที่ไม่ละลายซึ่งกันและกัน แรงที่กระทำบนผิวรอยต่อนี้เรียกว่า Interfacial tension หน่วยของแรงตึงผิว คือ แรงต่อหนึ่งหน่วยความยาว ในระบบ cgs เป็น dyne/cm หน่วย SI เป็น N/m

ในการอธิบายเกี่ยวกับค่าจำกัดความของแรงตึงผิว จะพิจารณาถึงการวัดแรงตึงผิวซึ่งอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวสัมผัสกับแรงที่เท่ากันที่สามารถวัดได้

การวัดแรงตึงผิว

1.Capillary rise method ของเหลวจะขึ้นมาสูงกว่าพื้นผิวของน้ำในหลอด capillaryเนื่องจากแรงตึงผิว ซึ่งหลอดcapillaryจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในน้อยๆและเส้นรอบวงจะมีความยาว $2\pi r$ โดยที่ r คือ รัศมีภายใน แรงที่มีผลทำให้ของเหลวขึ้นมาในหลอดมีค่า $2\pi r\gamma \cos \theta$ ซึ่ง θ เป็นมุมที่ของเหลวสัมผัสกับผิวของหลอด capillary ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 Capillary rise method

ที่สมดุล แรงที่ดึงลงมาเป็น mg โดยที่ m คือ มวลของของเหลวในหลอด capillary และ g คือ แรงโน้มถ่วงของโลก สำหรับของเหลวที่มีความหนาแน่น ρ ระดับความสูงของของเหลวขึ้นไปในหลอด capillary เท่ากับ h ที่จุดสมดุลแรงที่หลอด capillary ได้รับจะมีค่า เท่ากับ $\pi r^2 \rho gh$ แรงนี้จะสมดุลกับแรงในแนวตั้งสำหรับน้ำและสารอินทรีย์ โดยทั่วไปแรงบริเวณรอยต่อที่ขนานกับผนังของหลอด capillary มีค่าเท่ากับศูนย์ นั่นหมายความว่า ถ้าเราให้แรงทั้งสองเท่ากัน และมุมสัมผัสเท่ากับ 0 จะได้ว่า

$$2\pi r \gamma \cos \theta = \pi r^2 \rho gh$$

$$\gamma = \frac{1}{2} r \rho gh$$

จากผลที่ได้นี้เราสมมติว่า ไอของของเหลวไม่มีความหนาแน่นเมื่อเทียบกับของเหลว

2. Ring method โดยใช้วงแหวน platinum - indium ในการวัดแรงตึงผิวของของเหลว โดยยึดวงแหวนติดกับขาซึ่งนำไปแขวนกับเครื่อง Torsion Balance วงแหวนจะหลุดจากของเหลวโดยการหมุนปุ่มของเครื่องมือ ด้วยการให้แรงซึ่งสามารถทราบค่าจากเครื่องวัด โดยสมมติว่าระบบนี้เป็นระบบอุดมคติ แรงที่ทำให้แผ่นฟิล์มของของเหลวขาดออกจากกันจะ เท่ากับ $4\pi r \gamma$ โดยที่ r เท่ากับรัศมีวงแหวน การคำนวณแรงต้องเป็นสองเท่า เนื่องจากขอบเขตระหว่างของเหลวกับวงแหวนมี 2 ขอบเขต คือ ภายในและภายนอกวงแหวน และให้มุมสัมผัสเป็น 0 รูปร่างของเหลวมีฟังก์ชันทาง R^3/V และ R/r โดยที่ปริมาตร V นี้คำนวณจากสมการ

$$f = mg = \rho Vg \text{ ซึ่งแรงตึงผิวนี้สามารถคำนวณจากสมการ}$$

$$\gamma = f / 4\pi r * F$$

เมื่อ f คือ แรงสูงสุดที่ปรากฏบน scale ของเครื่อง Torsion Balance

F คือ correction factor ซึ่งขึ้นอยู่กับรูปร่างของเหลวที่ติดขึ้นไปและขนาดของวงแหวน

3. เครื่อง Tension Automatic เป็นเครื่องมือที่พัฒนามาจาก Ring method แต่สะดวกกว่าเพราะค่าที่อ่านได้จะเป็น surface tension แต่การทำงานยังคงอาศัยหลักการเดียวกัน

4. Drop weight method วิธีการนี้จะเกิดรูปหยดน้ำที่บริเวณปลายของหลอดและเส้นขอบเขต ซึ่งก็คือเส้นรอบวงของหลอด capillary มีค่าเท่ากับ $2\pi r$ เมื่อหยดสารให้อยู่ที่สมดุล แรงดึงลงคือ mg จะมีค่าเท่ากับแรงดึงขึ้น $2\pi r\gamma$

จากสมการ Harkins and Brown

$$mg = 2\pi r\gamma$$

เมื่อ m_1 คือ มวลของสาร ideal drop

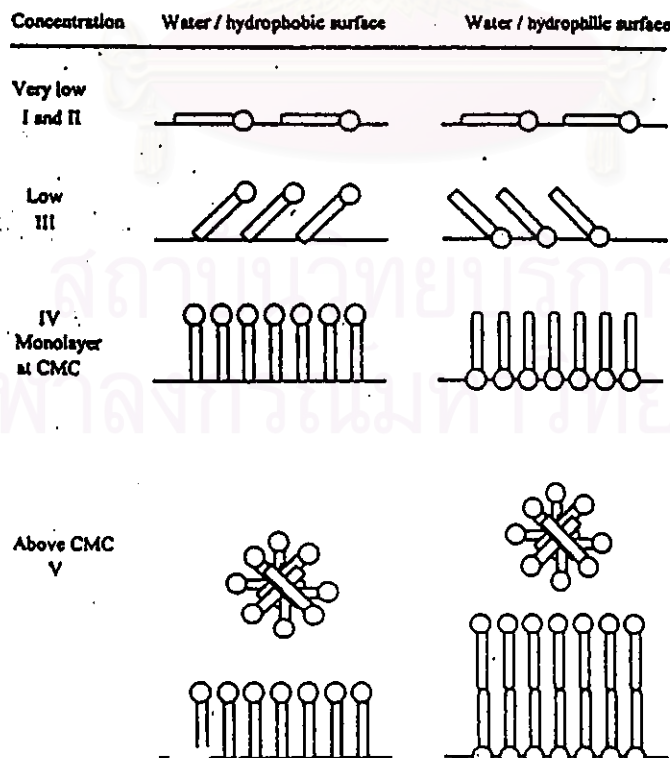
$$\gamma = mg/r * Fd$$

Fd คือ empirically determined factor

surface tension จะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อเมื่อเปลี่ยน total area, ความดันหรือปริมาตร นอกจากนี้ยังพบว่าที่ จุดวิกฤต ของสารนั้นจะไม่มี surface tension อีกด้วย

การดูดซับและความเข้มข้นวิกฤตของการเกิดไมเซลล์; (Rosen Milton, 1992)

การดูดซับของสารลดแรงตึงผิวบนพื้นผิวของแข็งขึ้นกับความเข้มข้นสารลดแรงตึงผิวในสารละลายดังแสดงในรูป 2.7



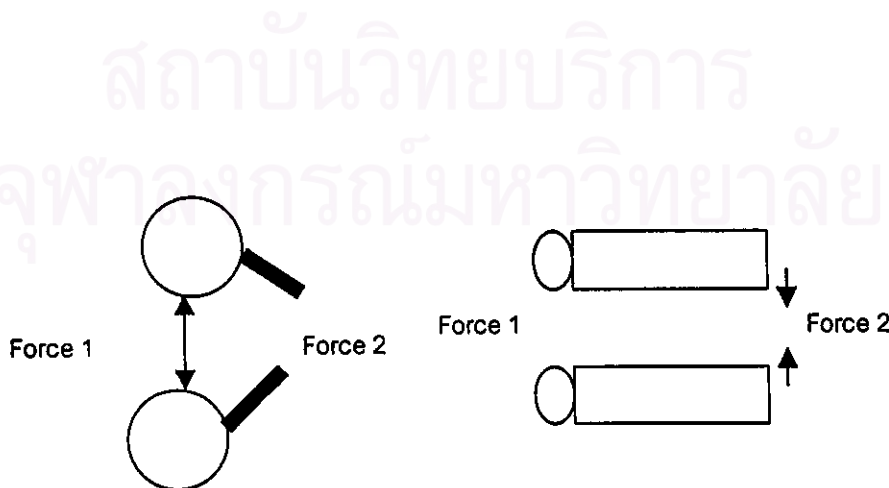
รูปที่ 2.7 การดูดซับและความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิว (Rosen, 1992)

ที่ความเข้มข้นต่ำๆ (I และ II) โมเลกุลจะวางตัวในแนวระนาบบนพื้นผิว ขณะที่ความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้น (III) จำนวนโมเลกุลของสารลดแรงตึงผิวบนพื้นผิวจะเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งจะไม่มีที่ว่างเพียงพอสำหรับโมเลกุลที่จะจัดวางตัวในแนวราบ ดังนั้นมันจะเริ่มเรียงตัวใหม่ การเรียงตัวขึ้นอยู่กับธรรมชาติของโมเลกุลสารลดแรงตึงผิวที่มีอยู่ ถ้ามีโมเลกุลของสารลดแรงตึงผิวอยู่เพียงพอกก็จะเรียงตัวในรูปแบบชั้นของโมเลกุล (unimolecular layer) ซึ่งที่ความเข้มข้นนี้จะสำคัญและเป็นที่ยอมรับในชื่อของ " ความเข้มข้นวิกฤตของการเกิดไมเซลล์ (critical micelle concentration –CMC) ที่ความเข้มข้นของแรงตึงผิวมากกว่าความเข้มข้นที่ CMC (V, เหนือ IV) พื้นผิวที่ชอบน้ำ (hydrophilic) จะมีมากกว่าหนึ่งชั้นของโมเลกุลของสารลดแรงตึงผิว ที่จะสามารถเรียงตัวเป็นโครงสร้างบนพื้นผิวของของแข็ง ยิ่งกว่านี้โมเลกุลของสารลดแรงตึงผิวในสารละลายจะเรียงตัวเป็นโครงสร้างที่เรียกว่า ไมเซลล์

สาเหตุที่ทำให้สารลดแรงตึงผิวรวมตัวกันเป็นกลุ่มซึ่งเรียกว่า ไมเซลล์ (micelle) เนื่องจากแรงระหว่างโมเลกุลหลักๆ 2 แรง คือ

แรงที่ 1 เนื่องจากความเป็นขั้วของน้ำจะดึงส่วนหัว (hydrophilic group) ของสารลดแรงตึงผิวเข้าหากัน ในขณะที่จะมีแรงผลักรวมตัวกัน (repulsion) เกิดขึ้น เนื่องจากส่วนหัวของสารลดแรงตึงผิวที่มีประจุเดียวกัน ถ้าส่วนหัวมีความเป็นขั้วมาก จะทำให้การเกิดไมเซลล์ยากด้วย ดังนั้นสารประเภทนอนไอออนิกไม่มีประจุจึงเกิดไมเซลล์ที่ความเข้มข้นต่ำๆ

แรงที่ 2 สาเหตุที่ส่วนหาง (hydrophobic group) จะดึงส่วนหางเข้าหากันนั้นซับซ้อนมาก เกิดจากเอนโทรปี และเอนทาลปี ที่เปลี่ยนไป เมื่อสารลดแรงตึงผิวละลายในน้ำ ส่วนหางซึ่งไม่ชอบน้ำจึงพยายามที่จะมารวมกัน แรงระหว่างโมเลกุลในสารละลายแสดงดังรูปที่ 2.8



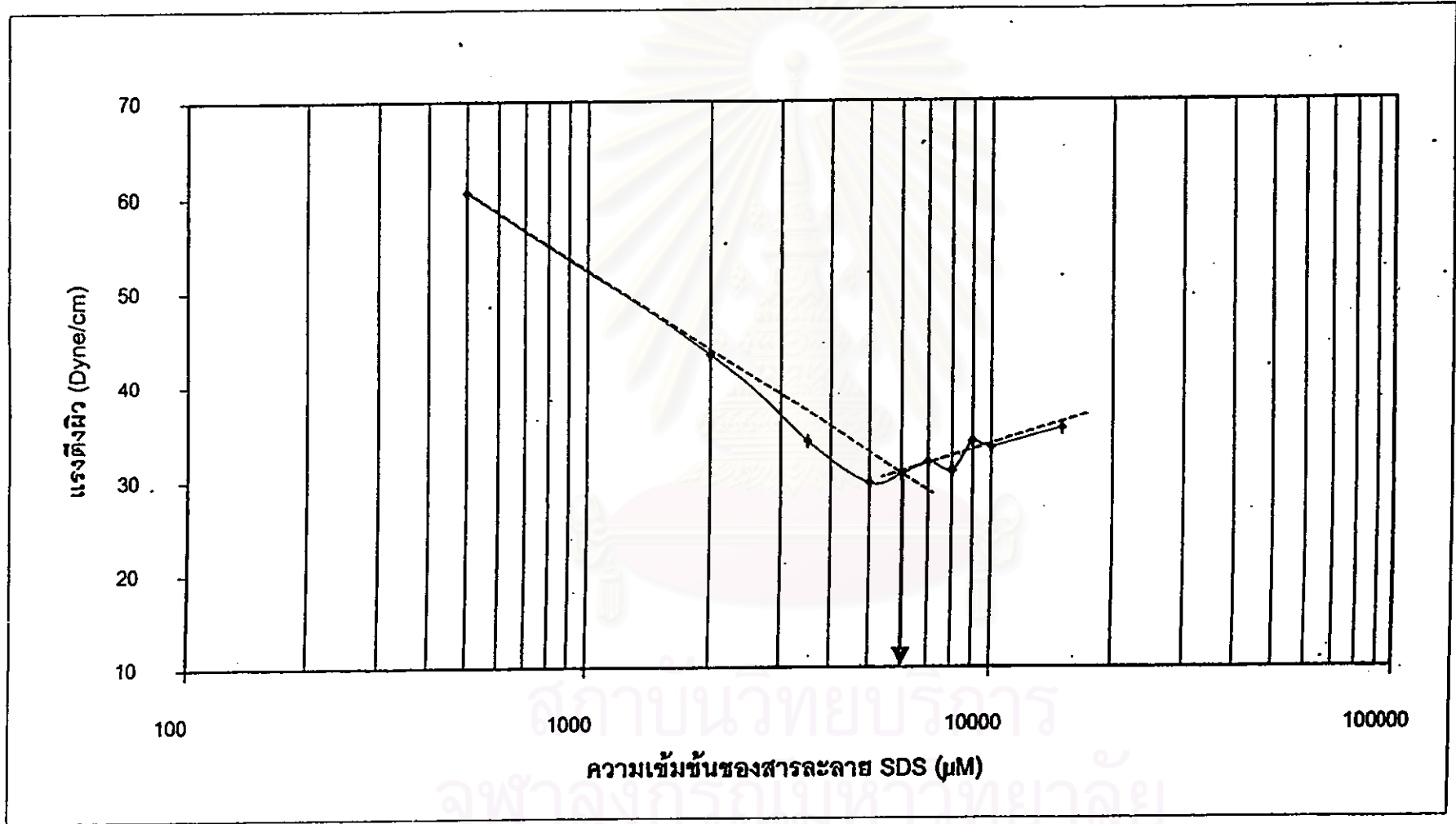
รูปที่ 2.8 แสดงแรงระหว่างโมเลกุลในสารละลายลดแรงตึงผิว

เมื่อความเข้มข้นต่ำๆ โมเลกุลของสารลดแรงตึงผิวจะอยู่ห่างกัน แรงทั้งสองจะมีน้อย ความเข้มข้นที่มากขึ้นจะทำให้โมเลกุลเกิดแรงทั้งสองมากขึ้น ถ้ากรณีที่แรงที่ $1 > 2$ มากๆโมเลกุลจะไม่รวมตัว ไม่ว่าความเข้มข้นจะมากขึ้นเพียงใด เกิดการกระจายตัวเป็นสารแขวนลอยในน้ำ ส่วนหางสั้นโมเลกุลละลายน้ำได้มาก ถ้ากรณีกลับกัน คือ แรงที่ $2 > 1$ มากๆโมเลกุลรวมตัวง่าย แต่ไม่ละลายน้ำมีค่า CMC ต่ำจนไม่อาจวัดค่าได้ ดังนั้นความสัมพันธ์ของแรงทั้งสองนี้ สามารถหาค่า CMC ที่ความเข้มข้นเหมาะสม คือแรงที่ 1 และ 2 ใกล้เคียงกัน

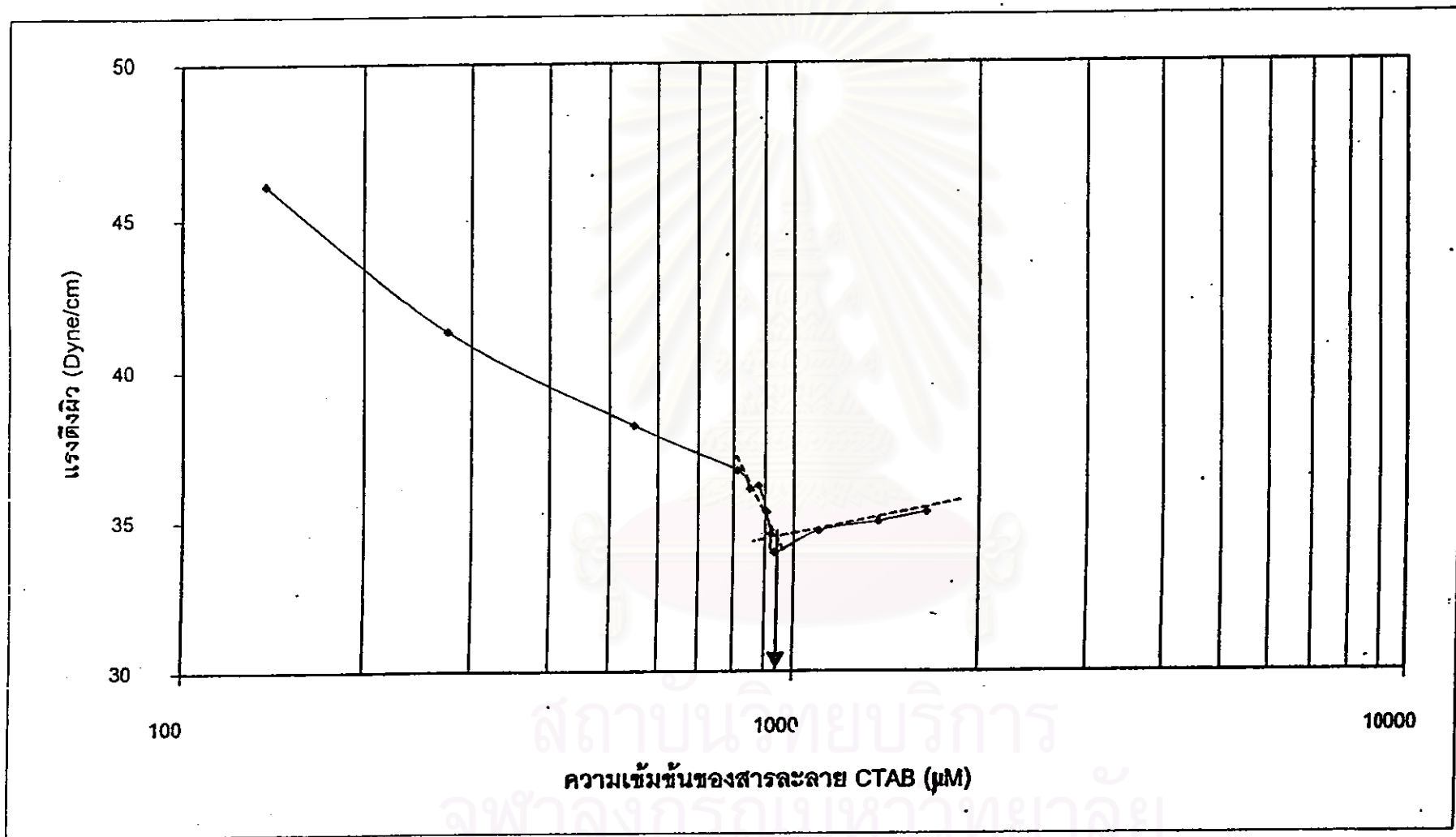
ค่าความเข้มข้นวิกฤตการเกิดไมเซลล์ (CMC):(พรศรินทร์ ต้นตยาคม,2540)

การหาค่าความเข้มข้นวิกฤตของการเกิดไมเซลล์ของสารลดแรงตึงผิว (critical micelle concentration -CMC) ทำโดยเตรียมสารลดแรงตึงผิวแต่ละชนิดที่ความเข้มข้นต่างๆกันประมาณ 10 ค่า โดยการนำสารลดแรงตึงผิวไปละลายในน้ำกลั่น (surface tension) โดยใช้เครื่องวัดแรงตึงผิว นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงตึงผิวกับค่า Log ของความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิว ลากเส้นสัมผัสกราฟ เพื่อหาค่า CMC ซึ่งก็คือจุดตัดของเส้นสัมผัสทั้งสอง จากการศึกษาค่าความเข้มข้นวิกฤตการเกิดไมเซลล์ของสารลดแรงตึงผิว 3 ชนิด ได้แก่ SDS, CTAB และ TERIC N₁₀ โดยใช้เครื่องวัดแรงตึงผิว(tensiometer) วิธี Du-Nouy ค่า CMC สามารถหาได้จากจุดตัดกราฟของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงตึงผิว (surface tension) กับค่า Log ของความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิว ได้กราฟดังแสดงในรูปที่ 2.9, 2.10 และ 2.11 จะพบว่าความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวในช่วงแรก เส้นแนวโน้มของค่าแรงตึงผิวลดต่ำลงเป็นพาราโบลา ความเข้มข้นของกราฟมีค่าสูง จากนั้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นที่สูงกว่าจุด CMC ค่าแรงตึงผิวจะสูงขึ้น

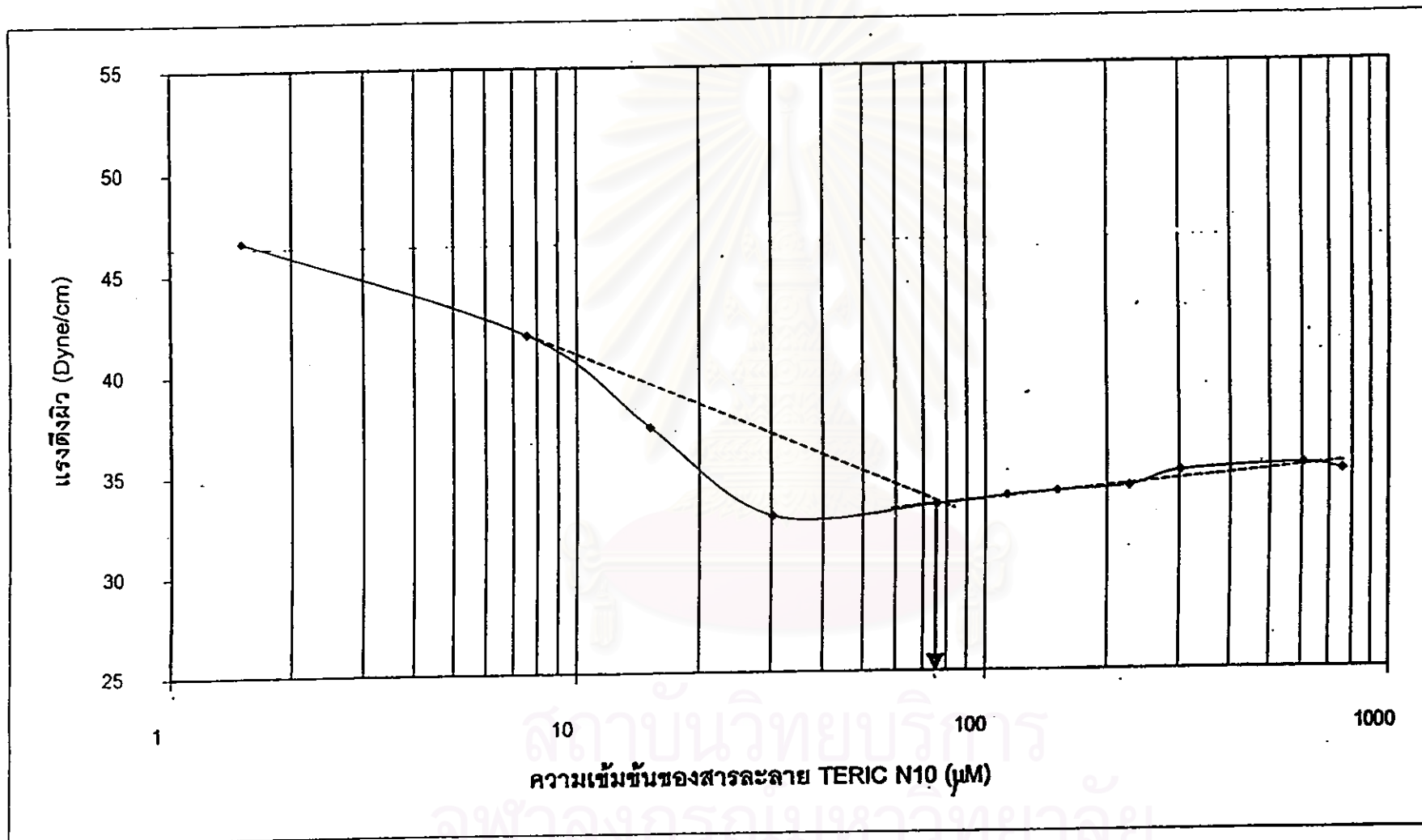
ตารางที่ 2.1 แสดงค่าความเข้มข้นวิกฤตการเกิดไมเซลล์ที่ได้ของสารลดแรงตึงผิวทั้ง 3 ชนิด โดยค่าความเข้มข้นวิกฤตของการเกิดไมเซลล์(CMC) ของสาร SDS มีค่าสูงสุด สาร CTAB ลดต่ำกว่า และ TERIC N₁₀ ต่ำสุด ทั้งนี้เนื่องจาก TERIC N₁₀ เป็นสารลดแรงตึงผิวประเภทนอนไอออนิก ไม่มีประจุ ดังนั้นโมเลกุลจึงไม่มีแรงผลักกัน ทำให้เกิดการรวมกันเกิดเป็นไมเซลล์ได้ง่าย สำหรับสารไอออนิกมีค่า CMC ลดลงเมื่อจำนวนของคาร์บอนอะตอมในส่วนหางของสารเพิ่มขึ้น ดังนั้น CTAB ที่มีคาร์บอนส่วนหางถึง 16 ตัวจึงมีค่า CMC น้อยกว่า SDS ที่มีค่าคาร์บอน 12 ตัว



รูปที่ 2.9 ค่าแรงตึงผิว กับ ความเข้มข้นของสารละลาย SDS



รูปที่ 2.10 ค่าแรงตึงผิว กับ ความเข้มข้นของสารละลาย CTAB



รูปที่ 2.11 ค่าแรงตึงผิว กับ ความเข้มข้นของสารละลาย TERIC N10

ตารางที่ 2.1 ค่าความเข้มข้นวิกฤตการเกิดไมเซลล์(CMC) ของสารลดแรงตึงผิวผิว 3 ชนิดที่ใช้ในการทดลอง

สารลดแรงตึงผิว	น้ำหนักโมเลกุล	ค่าความเข้มข้นวิกฤตการเกิดไมเซลล์	
		ไมโครโมลาร์	กรัม / ลิตร
SDS	288.3	6000	1.730
CTAB	364.5	930	0.339
TERIC N10	660.0	76	0.050

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการชะละลายโปรตีน

S.J. Dalrymple และ B.G. Audley (1992) ได้ศึกษาแพกเตอร์ที่มีผลต่อปริมาณ extractable protein ที่อยู่บนผิวของผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติที่ผลิตด้วยวิธีจุ่มแบบ (dipping process) โดยแพกเตอร์สำคัญๆที่ 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 ผลการทดลองมีดังต่อไปนี้

จากผลการทดลองพบว่าการทำ dry-film washing ในน้ำที่อุณหภูมิสูงโดยไม่มีการกวนจะลดปริมาณ extractable protein ได้มากขึ้น การทำ dry-film washing โดยมีการกวนในถุงมืออย่างจะให้ผลที่ไม่ต่างกัน แม้อุณหภูมิที่ทำ dry-film washing จะสูงขึ้น

ในกรณีของ wet-gel leaching พบว่า ปริมาณ extractable protein ที่วิเคราะห์ได้จากแผ่นฟิล์มหลังทำการทดลองมีปริมาณสูงถึงแม้จะมีแนวโน้มที่ลดลงตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น

ผลของความกระด้างของน้ำ (water hardness) จากภาวะของน้ำกระด้างและผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ในภาวะที่เป็นกระด้างของน้ำสูง จะสามารถชะละลายโปรตีนออกจากแผ่นฟิล์มยางได้ดี

ความแตกต่างของปริมาณ extractable protein ที่สกัดได้จากผิวภายนอกและผิวภายในของถุงมือยาง จากผลการทดลองเป็นการยืนยันว่า ปริมาณ extractable protein จากผิวถุงมือยางด้านในและด้านนอกมีความแตกต่างกัน โดยปริมาณ extractable protein ของผิวถุงมือยางด้านในสูงกว่าผิวด้านนอก

ผลของการใช้วัสดุซับ (swabbing) ที่ผิวของถุงมือยาง ในการทดลองใช้ cotton wool ซึ่งเปียกหมาดๆ จากผลการทดลองพบว่า การซับผิวถุงมือยางด้านในจะสามารถลดปริมาณ extractable protein ได้มากกว่าการซับผิวด้านนอกของทุกการทดลอง กล่าวคือ ผิวด้านในจะลดได้ 45% และผิวด้านนอก 10-20% แต่ถ้าเป็นการซับทั้งสองด้านก็จะยิ่งลดได้มากขึ้น

ผลของ vulcanization system สิ่งที่จะทำการทดลองเกี่ยวกับ vulcanization system คือ การอบไอน้ำและการพ่นด้วยอากาศร้อน พบว่า การอบไอน้ำในเครื่อง autoclave จะมีผลในด้านการลดปริมาณ extractable protein ได้มากกว่าการใช้อากาศร้อน

ผลของการชะละลายด้วยสารละลายกรดและแอมโมเนีย จะเห็นว่าชะละลายโปรตีนด้วยสารละลายกรดและแอมโมเนีย จะให้ผลในการลดปริมาณ extractable protein ได้มากกว่าการชะละลายด้วยน้ำ

ผลของการใช้สารละลายชนิดต่างๆ ชะละลาย extractable protein ออกจากถุงมือยาง ในการทดลองนี้จะใช้น้ำกลั่น, สารละลายกรดไตรคลอโรแอซิดิก ความเข้มข้น 0.28 โมลาร์, สารละลาย methylate spirits และสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ ความเข้มข้น 0.3 โมลาร์ ทำการชะละลาย extractable protein ในแผ่นฟิล์มยางชนิดจุ่ม จากการทดลองพบว่า กรดไตรคลอโรแอซิดิก มีผลต่อการชะละลายปริมาณ extractable protein ได้มากที่สุด

ศึกษา ปริมาณ extractable protein ในแผ่นฟิล์มหล่อ (cast film) โดยมีตัวแปรคือ ชนิดของน้ำยางชั้นที่ใช้ในการเตรียมแผ่นฟิล์มยาง, ความหนาของแผ่นฟิล์มยาง และภาวะที่ใช้ในการอบแห้งแผ่นฟิล์มยาง จากผลการทดลองฟิล์มยางที่ทำจากน้ำยางชั้น จะให้ปริมาณ extractable protein ที่สูง แต่ก็ขึ้นกับภาวะในการอบแห้งแผ่นฟิล์มยางด้วย แผ่นฟิล์มยางที่มีความหนามากกว่าจะให้ปริมาณ extractable protein น้อยกว่าแผ่นฟิล์มที่มีความหนาน้อยกว่า เมื่อน้ำยางชั้นเป็นน้ำยางชั้นชนิดเดียวกันและภาวะในการอบแห้งแผ่นฟิล์มเป็นภาวะเดียวกัน แต่ไม่มีความสัมพันธ์ที่เป็นระบบระหว่างความหนาและปริมาณ extractable protein

ผลของการทำ chlorination วัตถุประสงค์ของการทำ chlorination ที่ผิวของถุงมือยางเพื่อให้ผิวของถุงมือยางมีความลื่น ทำให้การสวมใส่และถอดออกได้สะดวก ในปัจจุบันมีการใช้แป้งข้าวโพดเป็นสารหล่อลื่นที่ผิวของถุงมือยาง โดยจะจุ่มที่ผิวก่อนที่จะถอดถุงมือออกจากพิมพ์ แต่การใช้แป้งข้าวโพดจะมีข้อเสียคือ สามารถถูกขีดและล้างโดยน้ำได้ง่าย ผิดกับถุงมือที่ผ่านการ chlorinated ที่จะมีผิวลื่นอย่างถาวร อีกทั้งการ chlorinated จะลดปริมาณ extractable protein ที่ชะละลายได้จากผิวของถุงมือยางด้วย สาเหตุที่สามารถลดปริมาณ extractable protein ได้เนื่องจากเหตุผล 2 ประการคือ

(1) คลอรีนเกิดปฏิกิริยากับโปรตีน ทำให้โปรตีนเปลี่ยนเป็นโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำ

(2) คลอรีนแสดงตัวเหมือนเป็นสิ่งขวางกั้น (barrier) ไม่ให้ extractable protein ถูกชะละลายออกจากถุงมืออย่างได้

จากผลการทดลองพบว่า การทำ chlorination มีผลในการลดปริมาณ extractable protein ได้เป็นจำนวนมาก

H.Y. Yeang และ Faridah Yusof (1993) ศึกษาความแตกต่างระหว่างปริมาณ extractable protein ที่ชะละลายได้จากผิวหนังในและด้านนอกของถุงมือตรวจโรคที่ผลิตจากยางธรรมชาติ พบว่า ปริมาณ extractable protein ที่ถูกชะละลายจากถุงมือยางบริเวณผิวหนังในมีมากกว่าด้านนอก คิดเป็นอัตราส่วนโดยเฉลี่ย 26.7 เท่า และปริมาณ extractable protein ที่ถูกชะละลายออกจากผิวหนังในบริเวณนิ้วของถุงมือยางมีมากกว่าด้านนอก

A.R. Shamsul Bahli, Samsidar Hamzah และ H.Y. Yeang (1993) ได้พิสูจน์ว่า แป้งข้าวโพดและสารช่วยในการจับตัวไม่ใช่สาเหตุที่ทำให้ปริมาณ extractable protein ที่ผิวหนังในถุงมือยางมีมากกว่าผิวหนังนอก เนื่องจากมีข้อสันนิษฐาน 2 ประการดังนี้

(1) ในกระบวนการผลิตนั้น แป้งข้าวโพดจะถูกนำมาใช้เป็นสารหล่อลื่น เพื่อให้ใส่ถุงมือยางได้สะดวก ดังนั้นก่อนถอดถุงมือยางออกจากพิมพ์ ถุงมือยางจะถูกจุ่มลงแป้งข้าวโพด ดังนั้นแป้งข้าวโพดจะเคลือบอยู่ที่ผิวหนังในของถุงมือยาง เมื่อถอดถุงมือยางออกจากพิมพ์แล้วมีการสันนิษฐานว่า แป้งข้าวโพดอาจจะเป็นสาเหตุที่ทำให้ปริมาณ extractable protein ที่ผิวหนังในถุงมือยางมีมากกว่าผิวหนังนอก โดยเมื่อบังคับจะให้ extractable protein มาเกาะที่ผิวของเม็ดแป้ง

(2) แบบพิมพ์ของถุงมือยางก่อนที่จะจุ่มลงในน้ำยาง จะถูกเคลือบที่ผิวของพิมพ์ด้วยสารช่วยในการจับตัว สันนิษฐานว่าสารช่วยในการจับตัวจะขวางกั้นไม่ให้ extractable protein ถูกชะละลายออกจากผิวได้

จากผลการทดลองพบว่า แป้งข้าวโพดและสารช่วยในการจับตัวไม่มีผลต่อความแตกต่างของปริมาณ extractable protein ที่สกัดได้จากผิวหนังในและผิวหนังนอกของถุงมือยาง

H.Y. Yeang, E. Sunderasan และ Hafsa Hmohd. Ghazly ได้ศึกษาอิทธิพลของความหนาของแผ่นฟิล์มยางและพฤติกรรมเคลื่อนย้าย extractable protein มาที่ผิวของแผ่นฟิล์มยางที่มีต่อการชะละลายโปรตีน พบว่าแผ่นฟิล์มยางที่แขวนอย่างอิสระกลางอากาศ มีสีที่เข้มเกือบเท่ากัน ส่วนแผ่นฟิล์มที่วางไว้บนแผ่นแก้ว ด้านที่สัมผัสกับอากาศจะมีสีเข้มกว่าด้านที่สัมผัสกับแผ่นแก้ว สามารถอธิบายได้ว่าแผ่นฟิล์มยางที่แขวนอย่างอิสระกลางอากาศ ความชื้นสามารถระเหยออกจากผิวทั้ง 2 ด้านทำให้มีอิทธิพลต่อการเคลื่อนย้าย extractable protein มาที่ผิวของแผ่นฟิล์มยาง แต่กรณีของแผ่นฟิล์มที่วางไว้บนแผ่นแก้ว ความชื้นสามารถระเหยออกมาได้ทิศทางเดียว การเคลื่อนย้าย extractable protein จึงได้รับอิทธิพลมากกว่า สิ่งที่เป็นเครื่องพิสูจน์ได้อีก

อย่างหนึ่งก็คือ เมื่อนำแผ่นฟิล์มไปวิเคราะห์หาปริมาณ extractable protein ที่ละลายน้ำได้จะเห็นถึงปริมาณ extractable protein ที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน

ผลของความหนาของแผ่นฟิล์มต่อการทำ wet-gel leaching ของ extractable protein สามารถสรุปได้ว่า ความหนาของแผ่นฟิล์มมีอิทธิพลต่อความแตกต่างของปริมาณ extractable protein ที่ละลายได้เมื่อภาวะในการทำ wet-gel leaching เหมือนกัน

ผลของปริมาณเนื้อเยื่อแห้งในน้ำยางชั้นที่มีต่อการทำ wet-gel leaching ของ extractable protein พบว่าปริมาณเนื้อเยื่อแห้งไม่มีผลต่อปริมาณ extractable protein ที่ถูกชะละลายได้จากแผ่นฟิล์มยาง ข้อที่น่าสังเกตอีกประการหนึ่งคือ แผ่นฟิล์มยางที่มีความหนาเท่ากันแต่เตรียมจากน้ำยางชั้นที่มีความเข้มข้นต่างกัน น้ำยางชั้นที่มีความเข้มข้นน้อยกว่าจะให้ปริมาณ extractable protein มากกว่า

ผลของสารช่วยในการจับตัวที่มีอิทธิพลต่อปริมาณ extractable protein ที่ถูกชะละลายออกจากแผ่นฟิล์มยาง พบว่าปริมาณของสารช่วยในการจับตัวไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณ extractable protein ชะละลายได้

พรฤดี มุ่งสมานกุล (2535) ศึกษาการชะละลายเม็ดยางธรรมชาติด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหลว ซึ่งเป็นเทคนิคการแยกสารแบบใหม่โดยใช้สมบัติของตัวทำละลายที่ภาวะเหนือวิกฤต ซึ่งมีประสิทธิภาพในการแยกสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำออกจากสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์เหลวเป็นสสารไม่มีประจุ มีการแพร่สูง มีความหนืดต่ำทำให้สามารถแยกสารและเกิดการแยกวัฏภาคได้รวดเร็ว จึงได้นำเทคนิคนี้มาใช้ในการลดปริมาณของไนโตรเจนหรือโปรตีนในเนื้อยางให้น้อยลง โดยคาร์บอนไดออกไซด์เหลวจะเข้าไปเกาะที่กลุ่มโมเลกุลพอลิเมอร์ไอโซพรีน และใส่น้ำที่มีโปรตีนละลายออกมา ทั้งช่วยปรับปรุงสีของยางให้ดีขึ้น จากการศึกษาพบว่า เมื่ออุณหภูมิและความดันสูงขึ้นสามารถลดปริมาณไนโตรเจนในเนื้อยางลงได้มากขึ้น ยางที่ได้หลังการชะละลายจะมีสีเหลืองน้อยลง ขาวขึ้น และภาวะที่เหมาะสมในการชะละลายคือ ที่ความดัน 80 บาร์ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และเวลาที่ใช้ในการชะละลาย 30 นาที จะสามารถลดปริมาณไนโตรเจนในเนื้อยางลงได้จาก 0.27% เหลือ 0.04% และยางที่ได้จะมีระดับสีลดลงจากเดิม ผลจากการชะละลายโปรตีนออกจากเนื้อยางด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหลว แสดงได้ในรูปสมการ $\epsilon = 1 - 0.95(\text{Pr}/\text{Tr})e^{-20\eta}$ โดย ϵ คือสัดส่วนของโปรตีนที่ถูกชะละลายออกมาต่อโปรตีนทั้งหมด และ η คือ สัดส่วนของน้ำหนักคาร์บอนไดออกไซด์ต่อน้ำหนักยาง

สุพะไชย์ จินดาภูมิกุล (2540) ศึกษาผลของการขยายผิวของถุงมือยางต่อการชะละลายโปรตีน โดยมีสมมติฐานว่าที่ผิวของถุงมือยางมีโปรตีนที่ละลายน้ำได้ปริมาณหนึ่งซึ่งไม่ทราบค่าที่แน่นอน เมื่อให้เวลาที่มากพอและเวลาในการชะละลายที่เหมาะสม โดยมีการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำชะละลาย การขยายผิวของถุงมือยาง และการใช้สารละลายเบสในการชะละลาย จะทำให้

ชะละลายโปรตีนออกมาได้ จึงทำการทดลองโดยแปรอุณหภูมิของน้ำชะละลายเป็น 30, 50 และ 70 องศาเซลเซียส อัตราการขยายผิวถุงมือยางเป็น 30, 40 และ 50 ครั้งต่อนาที น้ำที่ใช้ชะละลายโปรตีนแบ่งเป็นน้ำกลั่นธรรมดาและสารละลายเบสไฮดรอกไซด์ pH 11.3 วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ถูกชะละลายด้วยวิธีของ ลอว์รี จากผลการศึกษาพบว่า เมื่ออุณหภูมิของน้ำชะละลายสูงขึ้น โปรตีนจะถูกชะละลายออกมาได้มากขึ้น สารละลายเบสสามารถชะละลายโปรตีนได้ดีกว่าน้ำกลั่น และการขยายผิวของถุงมือยางจะส่งเสริมการชะละลายโปรตีนออกมาได้มากยิ่งขึ้น

K. Makuuchi (1997) ได้ศึกษาผลของการวัลคาไนซ์น้ำยางด้วยรังสี โดยใช้ฟิล์มยางที่ได้จากน้ำยางธรรมชาติวัลคาไนซ์ด้วยรังสี (RVNRL) หลังจากนั้นนำไปชะละลายพบว่า ปริมาณ extractable protein ต่ำลงเนื่องจาก โปรตีนดังกล่าวจะเสื่อมสลายด้วยรังสี ทำให้มีโมเลกุลที่เล็กลงสามารถชะละลายออกด้วยน้ำได้ง่ายขึ้น ต่อมามีการศึกษาต่อเพื่อผลิตน้ำยางที่ปราศจากโปรตีน โดยใช้ field latex หรือ HA-latex มาฉายรังสีหรือล้าอิเล็กตรอนจาก low energy electron form machine เมื่อนำมาเจือจางด้วยน้ำแล้วทำการ centrifuge จะได้ น้ำยางที่ปราศจากโปรตีน

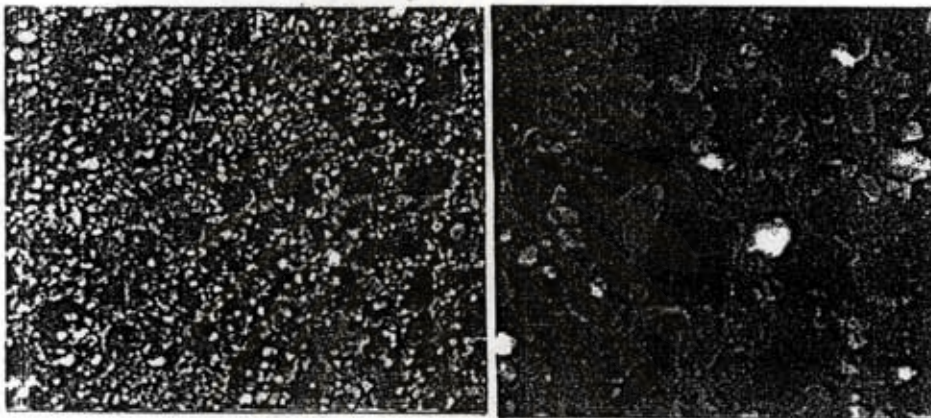
Esah Yip (1997) ศึกษาเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ปริมาณ extractable protein ในถุงมือยางด้วยวิธี RRIM และ ASTM พบว่า วิธี RRIM จะสามารถวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนได้มากกว่าวิธี ASTM โดยวิธี RRIM มีขอบเขตปริมาณโปรตีนที่วิเคราะห์ 1320 $\mu\text{g/g}$ ถึง $< 20 \mu\text{g/g}$ สำหรับถุงมือยาง 90 ซ้ำง ส่วนวิธี ASTM มีขอบเขตในช่วง 1377 $\mu\text{g/g}$ ถึง $< 50 \mu\text{g/g}$ และสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r) ของทั้งสองวิธีมีค่า 0.93 เท่ากัน นอกจากนั้นผู้วิจัยได้พิสูจน์ให้เห็นว่า วิธี RRIM จะสามารถวิเคราะห์ปริมาณ extractable protein ได้แน่นอนกว่าวิธี ASTM แต่มีข้อเสนอนแนะว่า ปริมาณ extractable protein ที่วัดได้นั้น อาจเกิดผลกระทบจากปริมาณโปรตีนที่ไม่ละลายและชนิดของโปรตีนที่ใช้สำหรับสร้างกราฟโปรตีนมาตรฐาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สมมติฐานของงานวิจัย

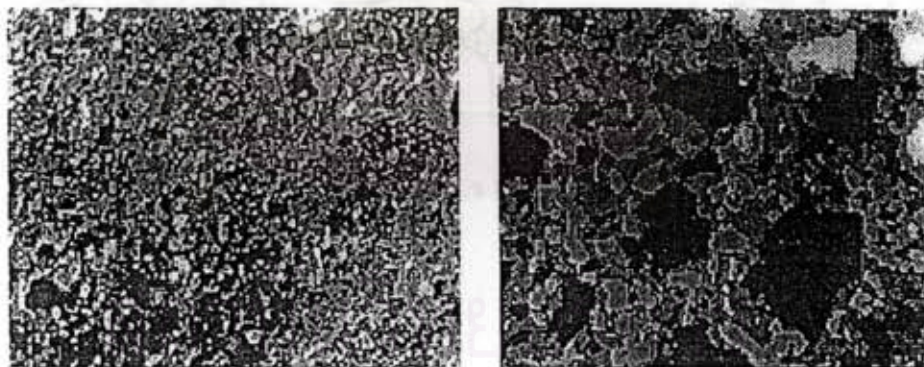
การศึกษาลักษณะผิวของถุงมือยางธรรมชาติ

จากการศึกษาลักษณะผิวของถุงมือยางธรรมชาติที่ขยายผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด(scanning electron microscope) หรือ SEM แสดงดังรูป 2.12



(ก) ด้านใน

(ข) ด้านใน



(ค) ด้านนอก

(ด) ด้านนอก

รูปที่ 2.12 พื้นผิวของถุงมือยางธรรมชาติด้านในและด้านนอก ขยายผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด ขนาดกำลังขยาย 500 (ก) และ 2000 เท่า (ข)

ที่มา: สุพะไชย์ จินดาภูมิกุล 2540