

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1) ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับน้ำยางธรรมชาติ [2,4]

1.1) สมบัติและส่วนประกอบของน้ำยางสด

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

น้ำยางจัดอยู่ในระบบคอลลอยด์ประเภท hydrosol คือ อนุภาคยางที่อยู่ใน dispersion phase เป็นของแข็ง ตัวทำละลายหรือตัวกลางเป็นของเหลวที่เป็นน้ำ น้ำยางอยู่ในระบบคอลลอยด์ที่ค่อนข้างซับซ้อน น้ำยางสดธรรมชาติที่ได้จากการกรี๊ดต้นยางพารา มีองค์ประกอบที่สำคัญ 4 ส่วนคือ

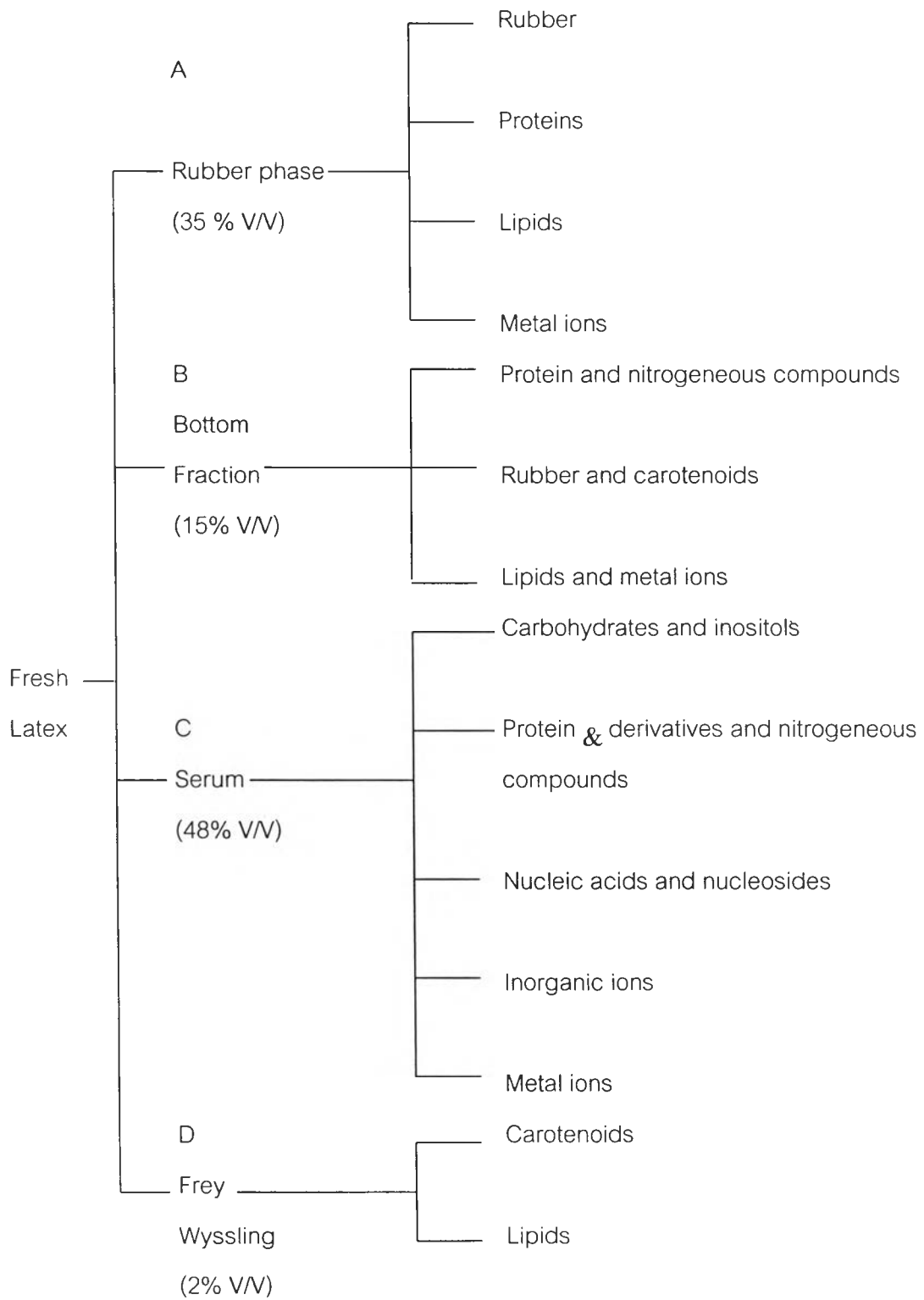
-Rubber phase

-Bottom fraction

-Serum

-Frey wysling

รายละเอียดดังแสดงใน รูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของน้ำยางสด

เมื่อพิจารณาจากองค์ประกอบของน้ำยางที่มีทั้งยาง และสารที่ไม่ใช่ยางมากมายหลายชนิดซึ่งองค์ประกอบของน้ำยางนั้นจะมีความแปรปรวนอย่างกว้างขวาง และมีสาเหตุกระทบหลายประการด้วยกัน เช่น พันธุ์ยาง อายุยาง ฤดูกาลกรีดยาง และวิธีการกรีดยาง อาจแบ่งส่วนประกอบของน้ำยางอย่างกว้างๆได้ 2 ส่วนคือ

1.1.1) ส่วนที่เป็นยาง (Dry Rubber Content, DRC) เป็นส่วนของสารพวกไฮโดรคาร์บอนอันเป็นหน่วยของไอโซพรีน ที่เชื่อมต่อกันประมาณ 2000-5000 หน่วย ต่อ 1 โมเลกุล

1.1.2) ส่วนที่ไม่ใช่ยาง (Non Rubber Content) ส่วนนี้เป็นส่วนประกอบอื่นๆทั้งหมดที่ไม่ใช่ยาง มีส่วนประกอบต่างๆ หลายชนิด เช่น น้ำตาล โปรตีน ไขมัน คาโรทีนอยด์ กลีเซอรัล เอนไซม์ และสารประกอบไนโตรเจน เป็นต้น โปรตีนและไขมันส่วนใหญ่จะดูดซับอยู่บนผิวอนุภาคยาง ทำหน้าที่ห่อหุ้มอนุภาคยางไว้ ช่วยรักษาสภาพความคงตัวของน้ำยางขณะที่อยู่ในท่อน้ำยาง ให้อยู่ในสภาพแขวนลอยและบางส่วนละลายอยู่ในน้ำ

ตัวอย่างส่วนประกอบน้ำยางสด

	เปอร์เซ็นต์
ของแข็งทั้งหมด (Total Solid Content, TSC)	36
เนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content, DRC)	33
โปรตีน	1-1.5
เรซิน	1.25
เถ้า (สูงถึง)	1
น้ำตาล	1
น้ำ (ในปริมาณที่รวมแล้วเป็น)	100

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

1.2) การรักษาสภาพน้ำยางสด

1.2.1) ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความคงสถานะของเหลวของน้ำยาง

1.2.1.1) โปรตีน ส่วนหนึ่งของโปรตีนนี้จะดูดซับอยู่รอบผิวของอนุภาคยางหรือฟอรัมชั้นห่อหุ้ม (hydrated protein envelope) อนุภาคยางไว้ ชั้นห่อหุ้มนี้มีความสำคัญต่อสถานะความคงตัวของเหลวของน้ำยางเพราะชั้นโปรตีนนี้จะป้องกันไม่ให้แต่ละอนุภาคยางรวมกัน อื่นๆ เมื่อมีการสูญเสียน้ำ (dehydrated) ในชั้นของโปรตีนที่ห่อหุ้มอนุภาคยางอยู่ซึ่งอาจเกิดขึ้นโดยการเติมแอลกอฮอล์หรือสารบางอย่างลงในน้ำยาง น้ำยางจะสูญเสียความคงตัวและเกิดการรวมของอนุภาคยางจับตัวเป็นก้อนโคแอกกูลัม (coagulum)

1.2.1.2) ประจุไฟฟ้าลบบรรอบอนุภาคยางซึ่งจะก่อให้เกิดแรงผลักระหว่างอนุภาค ช่วยรักษาสถานะการกระจายตัวของอนุภาคยาง (dispersion) ทำให้น้ำยางเป็นของเหลวอยู่ได้ ถ้าหากเกิดผลกระทบบทกระเทือนที่ทำให้ประจุไฟฟ้าลบบดลง อนุภาคยางก็จะรวมกันทำให้มีขนาดอนุภาคใหญ่ขึ้น การเคลื่อนย้ายการกระจายของอนุภาคก็จะค่อยๆ ลดลงจนในที่สุดจะเกิดเป็นก้อนโคแอกกูลัม ในทางตรงกันข้าม ถ้าหากประจุไฟฟ้าลบบที่อนุภาคยางเพิ่มขึ้นความคงสถานะเป็นน้ำยางก็จะเพิ่มขึ้น

1.2.2) สารเคมีรักษาสภาพน้ำยาง

เนื่องจากในน้ำยางมีสารประกอบพวกน้ำตาลที่เป็นอาหารของแบคทีเรียและยีสต์ ดังนั้นทันทีที่น้ำยางไหลออกจากต้นยาง แบคทีเรียในอากาศบนรอยกรีดยาง เปลือกต้นยาง และในถ้วยรับน้ำยางจะลงปะปนกับน้ำยาง ทำให้เกิดการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นสารพวกกรด น้ำยางสดตอนไหลจากต้นมีสถานะเป็นเบสก็จะถูกเปลี่ยนสถานะเป็นกรดหากไม่มีการเติมสารเคมีรักษาน้ำยาง (preservatives) สถานะความเป็นกรดจะทำลายชั้นโปรตีนที่ห่อหุ้มอนุภาคยางอยู่ ทำให้น้ำยางเสียความคงสถานะเป็นของเหลวจะหนืดขึ้น และจับตัวเป็นเม็ดเล็กๆ ที่เรียกว่า “ เม็ดพริก ” มีกลิ่นเหม็นของสารบูดเน่าภายในเวลาเพียงไม่กี่ชั่วโมงนับจากไหลออกจากต้นยาง การจับตัวดังกล่าวเรียกว่า “ การจับตัวที่เกิดเองตามธรรมชาติ ” (natural or spontaneous coagulation) ซึ่งจะเกิดช้าหรือเร็วเพียงใดขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น สภาพแวดล้อม/อุณหภูมิ และสมบัติความคงตัวของน้ำยางแต่ละพันธุ์ เป็นต้น อย่างไรก็ตามเมื่อน้ำยางเกิดเสียสถานะความคงเป็นของเหลวไปแล้วก็จะเกิดการแยกส่วนเป็นก้อนโคแอกกูลัมกับส่วนที่เป็นน้ำ คือ ซีรัม และมีกลิ่นบูดเหม็น ดังนั้นเพื่อป้องกันมิให้น้ำยางจับเป็นก้อนก่อนเวลาที่

ต้องการหรือเพื่อให้น้ำยางอยู่ในสภาพของเหลวที่ต้องการจึงจำเป็นต้องเติมสารเคมีรักษาสภาพของน้ำยาง

สารเคมีที่จะเป็นตัวรักษาให้น้ำยางคงสถานะเป็นของเหลวควรมีสสมบัติดังต่อไปนี้

- ควรทำลายหรือกีดขวางปฏิกิริยาของบักเตรีได้
- ควรส่งเสริมสถานะการเป็นสารคอลลอยด์ของน้ำยาง โดยการเพิ่มประจุและเพิ่ม

พลังงานระหว่างอนุภาคยางกับส่วนที่เป็นน้ำ (rubber-water interface) และเนื่องจากในขณะที่น้ำยางออกจากต้นยาง ชั้นของสารโปรตีนที่ห่อหุ้มอนุภาคยางอยู่มีฤทธิ์เป็นเบส ฉะนั้นสารที่รักษาสภาพน้ำยางจึงควรเพิ่ม pH ให้กับน้ำยาง

- ควรเป็นสารที่ทำให้พวกอนุมูลของโลหะหนักไม่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา ซึ่งจะโดยการกีดกันการเกิดปฏิกิริยา หรือโดยการทำให้เกิดการตกตะกอนเป็นเกลือที่ไม่ละลายน้ำก็ได้ ความต้องการทำให้อนุมูลของโลหะไม่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยานั้นมีเหตุผล 2 ประการ คือ ประการแรกอนุมูลของโลหะเป็นตัวการสำคัญในการเจริญอยู่ได้ของพวกจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุให้น้ำยางจับตัวกันเอง และประการที่สองอนุมูลดังกล่าวโดยเฉพาะอนุมูลของแมกนีเซียมก่อให้เกิดการเสียสภาพของน้ำยาง

- นอกจากคุณสมบัติดังกล่าวข้างต้นแล้ว สารรักษาสภาพของน้ำยาง ควรมีสสมบัติที่ไม่เป็นพิษต่อทั้งคนและทั้งเนื้อยาง ไม่ควรทำให้สีของน้ำยางหรือสีของยางที่แห้งแล้วเปลี่ยนแปลง ไม่ควรมีกลิ่นรุนแรงและไม่ควรก่อให้เกิดปัญหายุ่งยากต่อกระบวนการนำน้ำยางไปแปรรูปเพื่อใช้ในงาน และประการสุดท้ายคือควรมีราคาถูกและขนย้ายได้สะดวก

สารเคมีที่ใช้รักษาสภาพน้ำยาง อาจแบ่งได้เป็น 3 พวกคือ

1.2.2.1) แอมโมเนีย

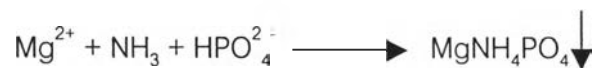
แอมโมเนีย เป็นสารเคมีที่นิยมใช้รักษาสภาพน้ำยางกันมาช้านาน และปัจจุบันก็ยังอยู่ในความนิยมของวงการอุตสาหกรรมน้ำยาง Johnson and Norvis ได้บันทึกผลการใช้แอมโมเนียรักษาน้ำยางเป็นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2396 และนับจากนั้นมาแอมโมเนียก็ได้ชื่อว่า เป็นสารมาตรฐานสำหรับรักษาสภาพน้ำยาง ซึ่งในการผลิตน้ำยางชั้น แอมโมเนียถูกใช้ทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิต ปริมาณประมาณ 0.2% แอมโมเนียต่อน้ำหนักน้ำยาง พอเพียงที่จะรักษาสภาพน้ำยางไว้ได้ในระยะเวลาช่วงสั้น (ประมาณ 1-3 วัน หลังกรีต) และปริมาณประมาณ 0.7% แอมโมเนียต่อน้ำหนักน้ำยาง พอเพียงที่จะรักษาสภาพน้ำยางไว้ได้ในช่วงเวลายาวนาน (เป็นเวลาหลายๆเดือน)

แอมโมเนียทำหน้าที่ต่างๆในน้ำยาง พอสรุบได้ดังต่อไปนี้

-ทำหน้าที่เป็นตัวทำลายแบคทีเรีย (bactericide) แอมโมเนียจะให้ประสิทธิภาพในการทำลายแบคทีเรียได้ดีมากถ้าหากเติมลงในน้ำยางในปริมาณเกินกว่า 0.35% ต่อน้ำหนักน้ำยาง ทั้งนี้ที่น้ำยางถูกกรีดออกจากต้น

-แอมโมเนียเป็นเบส จึงช่วยส่งเสริมความเป็นเบสของซีรัม ซึ่งก่อให้เกิดผลการส่งเสริมสถานะของน้ำยางอยู่ได้

-แอมโมเนียจะตกตะกอนอนุมูลของโลหะ แอมโมเนียสามารถหยุดปฏิกิริยาอนุมูลของโลหะบางชนิดได้โดยการเกิดเป็นแอมมีน (ammine) และเกิดตะกอนไฮโดรเพอรอกไซด์ที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble hydroperoxides) กับพวกอนุมูลของแมกนีเซียม และแอมโมเนียยังสามารถเกิดเป็นตะกอนแมกนีเซียม แอมโมเนียฟอสเฟต เมื่อมีอนุมูลฟอสเฟตอยู่ในน้ำยาง



ตะกอนที่เกิดขึ้นนี้ จะตกอยู่ก้นถังน้ำยางในรูปของตะกอน (sludge) ที่รวมเอาพวกดิน ทราาย สิ่งสกปรก พวกเปลือกไม้ใบไม้ตกตะกอนลงไปด้วย

-แอมโมเนียจะก่อร่างเป็นสปูของแอมโมเนียม โดยรวมตัวกับกรดไขมันที่ได้จากการไฮโดรไลซ์สารพวกลิปิด สปูแอมโมเนียมมีสมบัติช่วยรักษาความคงตัวของน้ำยาง

-แอมโมเนียไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ นอกเสียจากดูดไอแอมโมเนียเข้าไปมาก หรือนอกเสียจากว่าผิวหนังถูกสารละลายแอมโมเนียเข้มข้น แอมโมเนียเป็นสารที่ระเหยง่ายจึงสามารถกำจัดออกได้ง่ายเมื่อต้องการจะกำจัดและไม่เหลือผลตกค้างอยู่ในเนื้อยางถึงแม้ว่าแอมโมเนียจะได้ทำการเปลี่ยนแปลงสารพวกไม่ใช่อะไรในน้ำยางก็ตาม และแอมโมเนียมิก่อให้เกิดสีในน้ำยางหรือในยางที่แห้งแล้วมากนัก อย่างไรก็ตามแอมโมเนียมีข้อเสียเกี่ยวกับกลิ่นฉุนรุนแรง และเนื่องจากการเก็บรักษาแอมโมเนียไม่สะอาดนักจึงเป็นผลให้แอมโมเนียมีราคาแพง นอกจากนี้แอมโมเนียก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับกระบวนการผลิตบางอย่าง เช่น ก่อให้เกิดลักษณะครีมแข็ง (thickening) เมื่อมีการเติมพวกซิงค์ออกไซด์ในกระบวนการผลิต สำหรับกลไกการเกิดครีมแข็งดังกล่าวยังไม่เป็นที่เข้าใจกัน แต่สันนิษฐานว่าอาจเนื่องจากปฏิกิริยาที่ถูกกระตุ้นด้วยความร้อน (heat-sensitising reaction) ของสารซิงค์ออกไซด์ แอมโมเนีย และอนุมูลของแอมโมเนีย นอกจากนี้แอมโมเนียยังขัดขวางการเกิดเจล (gelation) ของน้ำยาง แบบที่ใช้สารโซเดียมซิติโคฟลูออไรด์ จึงเกิดความจำเป็นที่ต้องลดปริมาณแอมโมเนียให้ต่ำก่อนหน้าการผลิตยางพองน้ำโดยกระบวนการซิติโคฟลูออไรด์ วิธีที่นิยมใส่แอมโมเนียคือ วิธีระบายอากาศ (aeration)

1.2.2.2) แอมโมเนียร่วมกับสารอื่น

สารอื่นที่ใช้รักษาน้ำยางร่วมกับแอมโมเนียถือเป็นสารช่วย (secondary preservatives) เช่น

-โซเดียม เพนตะคลอโรโรไทโอพีนอล (SPP, Sodium Pentachlorothiophenol) 0.2% กับ แอมโมเนีย 0.2% ต่อน้ำหนักยาง น้ำยางที่ใช้สารนี้รักษาสภาพมีข้อดีเกี่ยวกับการคงสภาพเป็นน้ำยาง คือ มีความคงตัวต่อเครื่องกลสูง แต่สีของยางแห้งที่ได้จากน้ำยางซึ่งมีโซเดียมเพนตะคลอโรไทโอพีนอลอยู่ด้วย จะมีสีคล้ำกว่าน้ำยางที่มีเกลือของแอมโมเนีย นอกจากนี้อนุมูลของเพนตะคลอโรไทโอพีนอลมีความสามารถหยุดปฏิกิริยาอนุมูลของโลหะหนักบางชนิดได้ แต่ข้อเสียของสารพวกเพนตะคลอโรไทโอพีนอล คือ มีกลิ่นเหม็น เป็นพิษ การสูดหายใจเอาไอของสารนี้เข้าไป จะเป็นอันตรายต่อร่างกายต่อผิวหนังด้วย น้ำยางที่ใช้สารนี้รักษาสภาพจึงถูกห้ามนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้กับอาหาร และนอกจากนี้ น้ำที่ใช้ล้างยางพวกที่มีสารนี้อยู่ด้วยจะเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ

-ซิงค์ไดอัลคิลไดไทโอคาร์บาเมต (Zinc dialkyl dithiocarbamate, ZDC) ปริมาณ 0.1-0.2% กับ 0.2% ของกรดลอริกร่วมกับแอมโมเนีย 0.2% ต่อน้ำหนักยาง การเติมกรดลอริกเพื่อให้เกิดอนุมูลลบลอเรตในซีรัมที่เป็นเบสของน้ำยาง ซึ่งจะทำให้ช่วยส่งเสริมสภาพน้ำยางในระดับเดียวกับที่ใช้แอมโมเนียปริมาณปกติคือ 0.7% ต่อน้ำหนักน้ำยาง ปฏิกิริยาการเกิดวัลคาไนซ์ของน้ำยางที่มี ZDC จะถูกกระทบกระเทือนบ้างเล็กน้อย และยางที่แห้งแล้วมักเปลี่ยนสีเมื่อเสื่อมสภาพ

-อะมิโนพีนอล-อีดีทีเอ (Aminophenol-EDTA) เช่น tridimethyl aminoethyl phenol เมื่อใช้ร่วมกันกับ 0.2% ของแอมโมเนียจะช่วยทำลายแบคทีเรียได้

-กรดบอริก (Boric acid) ปริมาณ 0.2% กับ 0.2% ของแอมโมเนีย และ 0.05% ของกรดลอริก กรดบอริกเป็นสารช่วยที่อยู่ในความนิยมมาก เนื่องจากสีของยางที่แห้งแล้วจากน้ำยางระบบที่มีกรดบอริกช่วยรักษานั้น ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเสื่อมสภาพ และกรดบอริกไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ อีกทั้งยังมีราคาถูกและขนย้ายได้ง่ายเพราะอยู่ในรูปของแข็ง

1.2.2.3) สารเคมีอื่นๆ

สารเคมีอื่นๆ ได้แก่

-ฟอร์มาลดีไฮด์ เดิมฟอร์มาลดีไฮด์ 0.15-0.2% ลงในถังรวมน้ำยางทันทีที่กรีดยางได้ ถ้าเติมได้เร็วเพียงใดก็จะช่วยฆ่าแบคทีเรียได้เร็วเพียงนั้น น้ำยางที่ใช้ระบบการรักษาดังกล่าวนี้มีคงตัวสูง

-โซเดียมซัลไฟด์ เป็นสารรักษาสภาพน้ำยางในช่วงเวลาสั้นๆ โดยเติมสารนี้ลงในถ้วยรองน้ำยางหรือถังรับน้ำยาง โดยเฉพาะเมื่อนำน้ำยางไปทำยางเครพสีจาง แนะนำให้ใช้

โซเดียมซัลไฟด์ 0.05% ต่อน้ำหนักน้ำยางทั้งหมด โดยเติมในรูปสารละลายเจือจาง 3% หยด 2-3 หยด ลงในถ้วยน้ำยางแล้วเติมส่วนที่เหลือลงในถังรับน้ำยาง

-โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ สารนี้ปกติจะใช้รักษาน้ำยางชั้นที่ผลิตโดยวิธี ระบายน้ำ เนื่องจากโปแตสเซียมมีสภาพเป็นเบสจึงทำลายพวกจุลินทรีย์ได้ดี และนอกจากนี้ยังให้ผล ช่วยความคงตัวของน้ำยางด้วย อีกทั้งไม่มีปัญหาเกี่ยวกับเกิดคริมแข็งเมื่อเติม ZnO ลงในน้ำยาง

-สารปฏิชีวนะ (Antibiotics) โดยใช้สารนี้ 0.001% โดยน้ำหนัก ลงในน้ำยาง ในรูปของอิมัลชัน หรือ ดิสเพอร์ชันหรือรูปของโลหะ เบส หรือเกลือแอมโมเนีย ซึ่งปรากฏว่าระบบการ รักษา น้ำยางดังกล่าวนี้ให้ผลกับน้ำยางในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ได้ดีมาก และยังไม่ทำให้น้ำยางเปลี่ยนแปลงสีอีกด้วย

1.2.3) การรวบรวมน้ำยางสด

น้ำยางสดเมื่อถึงโรงงานผลิตน้ำยางชั้น จะผ่านการกรองผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช. ลงสู่ถังรวมและนำตัวอย่างน้ำยางทดสอบหาปริมาณเนื้อยางแห้ง หากน้ำยางสดนั้นมีปริมาณเนื้อยาง แห้งน้อยกว่า 25% จะไม่นำไปผลิตน้ำยางชั้น เมื่อทราบปริมาณเนื้อยางแห้งว่าเหมาะสมแล้วจึงรีบ ผ่านกาชแอมโมเนียสู่น้ำยางประมาณเกินกว่า 0.4% ของน้ำยาง แล้วจึงปล่อยให้ น้ำยางได้ตกตะกอน พวกสิ่งแปลกปลอมจนวันรุ่งขึ้น หากทราบว่าน้ำยางนั้นๆ มีปริมาณแมกนีเซียมสูง ก็ให้เติม diammonium hydrogen phosphate เพื่อให้มีปฏิกิริยาการเกิด magnesium ammonium phosphate ซึ่งจะตกตะกอนลงกันถึงขณะที่ไว้ข้ามคืน ตะกอนเหล่านี้จะถูกแยกออกจากน้ำยาง (น้ำ ยางสดก่อนนำไปปั่นควรมีแมกนีเซียมน้อยกว่า 50 ppm เมื่อปั่นชั้นแล้วควรมีแมกนีเซียมไม่เกิน 20 ppm) และนำตัวอย่างน้ำยางนี้ไปทดสอบหาจำนวนกรดไขมันระเหยได้ เพื่อให้แน่ใจว่าน้ำยางนี้ได้รับการ รักษาสภาพพอเพียงที่จะนำไปผลิตน้ำยางชั้นได้ น้ำยางที่มีการรักษาสภาพดีพอจะต้องมีจำนวน กรดไขมันระเหยได้ไม่เกินกว่า 0.05 และน้ำยางที่มีจำนวนกรดไขมันระเหยได้สูงจะไม่ใช้ผลิตเป็นน้ำ ยางชั้น

2) น้ำยางข้น [2,5]

2.1) วิธีผลิตน้ำยางข้น

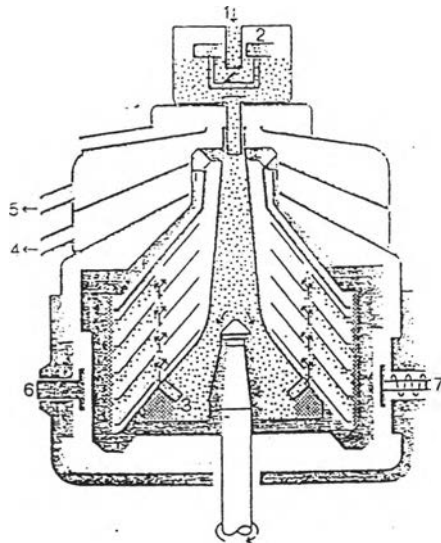
น้ำยางข้น คือ น้ำยางที่เอาส่วนที่เป็นของเหลว (ซีรัม) ซึ่งมีสารจำพวกไม่ใช่ยาง (non rubber constituents) อยู่ด้วยออกไปจากน้ำยาง เพื่อให้ได้ส่วนที่เป็นครีม หรือส่วนที่ข้น (concentrate) ของน้ำยาง จะได้น้ำยางที่มีปริมาณเนื้อยางแห้งสูงถึง 60% เนื่องจากน้ำยางสดโดยปกติจะมีปริมาณเนื้อยางแห้งระหว่าง 25-45% (เฉลี่ย 35% โดยน้ำหนัก) และส่วนที่ไม่ใช่ยางประมาณ 5% นอกจากนั้นเป็นน้ำ ดังนั้นจึงไม่เป็นการประหยัดที่จะต้องทำการขนย้ายน้ำยางสดจากสวนไปสู่โรงงานที่ต้องการ การขนย้ายน้ำยางในสถานะเข้มข้น 60% นี้ย่อมประหยัดและได้เปรียบกว่า อนึ่งกรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง เช่น การผลิตยางฟองน้ำ (latex foam process) ต้องใช้น้ำยางที่มีเนื้อยางอย่างน้อย 60% นอกจากนี้ น้ำยางข้นจะให้ผลผลิตที่มีคุณภาพสม่ำเสมอดีกว่าเมื่อนำน้ำยางสด ทั้งนี้เพราะสารที่ไม่ใช่ยางบางส่วนได้ถูกแยกออกจากน้ำยางระหว่างกรรมวิธีการทำน้ำยางข้น

กรรมวิธีในการผลิตยางข้้นมีหลายวิธี คือ

- 2.1.1) วิธีระเหยน้ำ (evaporation)
- 2.1.2) วิธีทำให้เกิดครีม (creaming)
- 2.1.3) วิธีแยกด้วยไฟฟ้า (electrodecantation)
- 2.1.4) วิธีปั่น (centrifugation)

วิธีการปั่น เป็นวิธีที่นิยมที่สุดในการผลิตทางการค้าประมาณกว่า 90% ของการผลิตน้ำยางข้นจะได้จากวิธีการปั่นนี้ส่วนวิธีอื่นๆ เป็นวิธีที่ค่อนข้างยุ่งยาก สิ้นเปลืองเวลา และต้นทุนสูง จึงไม่นิยมผลิตในเชิงการค้า หลักการของวิธีการปั่น คือ น้ำยางธรรมชาติเป็นสารผสมที่จัดอยู่ในระบบคอลลอยด์ ที่ประกอบด้วยอนุภาคยางแขวนลอยระจัดกระจายอยู่ในซีรัม อนุภาคยางเหล่านี้มีการเคลื่อนไหวแบบ Brownian และเนื่องจากอนุภาคยางเบากว่าซีรัม ดังนั้นอนุภาคยางจึงมีแนวโน้มที่จะลอยสู่ผิวหน้าของน้ำยาง อัตราการเคลื่อนที่ของอนุภาคยางขึ้นอยู่กับแรงดึงดูดของโลก ฉะนั้นการปั่นซึ่งสามารถจะเพิ่มแรงดึงดูดได้เป็น 2,000 ถึง 3,000 เท่าของแรงดึงดูดของโลก จึงสามารถเร่งการเคลื่อนที่ของอนุภาคยางได้ จากหลักการนี้จึงถูกนำมาพิจารณาสร้างเครื่องปั่นน้ำยางเพื่อการผลิตน้ำยางข้น

เครื่องผลิตน้ำยางข้น ผลิตจำหน่ายโดยหลายบริษัท ได้แก่ บริษัท Alfa-Laval ประเทศสวีเดน บริษัท Westfalia Separatro Co., ประเทศเยอรมัน และอีกสองบริษัทในประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.2



- | | |
|------------------------|---|
| 1. Feed | 5. Outlet for the concen
concentrate |
| 2. Feed cup with float | 6. Mechanical brake |
| 3. Distribution tubes | 7. Magnetic brake |
| 4. Outlet for the skim | |

รูปที่ 2.2 ลักษณะหน้าตัดภายในของถังปั่นแบบ Alfa-Laval (รุ่น LRH 410)

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

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

2.2) การรักษาสภาพน้ำยางชั้น

น้ำยางชั้นที่ผลิตได้จะต้องเติม หรือปรับแอมโมเนียรักษาสภาพน้ำยาง ปกติมีวิธีการรักษาน้ำยางชั้น 2 วิธี คือ

2.2.1) รักษาด้วยปริมาณแอมโมเนียมาก ประมาณ 0.7 % ต่อน้ำหนักน้ำยาง เรียกว่าน้ำยางชนิดนี้ว่า HA (high ammonia)

2.2.2) รักษาด้วยปริมาณแอมโมเนียน้อย ประมาณ 0.2% ต่อน้ำหนักน้ำยาง และมีสารช่วยบางชนิด TMTD/ZnO เรียกว่าน้ำยางชนิดนี้ว่า LA (low ammonia)

2.3) สมบัติและการทดสอบน้ำยางชั้น

สมบัติที่ใช้ตรวจสอบน้ำยางชั้นมีดังต่อไปนี้

2.3.1) ปริมาณสารของแข็งทั้งหมด (Total Solid Content, TSC)

ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยางหมายถึง ปริมาณของส่วนที่เป็นเนื้อยางทั้งหมดรวมกับส่วนของแข็งที่ไม่ใช่เนื้อยาง หลักการหาปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยาง โดยวิธีการ ชั่งน้ำยางประมาณ 1.5-2.5 กรัม และอ่านน้ำหนักละเอียดภายใน 1 มิลลิกรัม เทน้ำยางนี้ลงบนแผ่นกระจก อบแห้งที่อุณหภูมิ 70°C จนน้ำหนักคงที่ แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของปริมาณของแข็งทั้งหมด

2.3.2) ปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content, DRC)

ปริมาณเนื้อยางแห้งหมายถึง ปริมาณของส่วนที่เป็นเนื้อยางทั้งหมดในน้ำยางที่ได้จากการจับตัวน้ำยางโดยกรดอะซิติกภายใต้การควบคุมสภาพที่แน่นอน หลักการหาปริมาณเนื้อยางแห้งโดย ชั่งน้ำหนักประมาณ 5 กรัม และอ่านน้ำหนักละเอียดภายใน 5 มิลลิกรัม ทำให้น้ำยางเจือจางโดยใช้น้ำ 20 cm³ แล้วเติมกรดอะซิติก 2% ลงในน้ำยางอย่างช้าๆ นำก้อนยางที่จับตัวแยกออกจากซีรัมไปรีดเป็นแผ่นบาง อบที่อุณหภูมิ 70°C จนได้น้ำหนักคงที่

2.3.3) ความเป็นเบส (Alkalinity, %NH₃)

ความเป็นเบสของน้ำยางหมายถึง ปริมาณเบสทั้งหมดในน้ำยางซึ่งมักแสดงเป็นจำนวนแอมโมเนียที่เติมลงในน้ำยาง หรือแสดงเป็นสารอื่นสำหรับกรณีที่น้ำยางนั้นรักษาโดยสารอื่นนอกเหนือจากแอมโมเนีย หลักการที่ใช้ทดสอบหาความเป็นเบส คือ ชั่งน้ำยางประมาณ 10 กรัม และอ่านน้ำหนักละเอียดภายใน 10 มิลลิกรัม เจือจางด้วยน้ำประมาณ 200 cm³ และผสมสารช่วยความคงตัวพวก non-ionic ไตเตรตน้ำยากับกรดซัลฟูริก 0.1 N. ใช้ pH-meter ตรวจสอบ end-point ซึ่งจะอยู่ที่ pH 6.0 หรือใช้ methyl red indicator หยดลงในน้ำยางดูการเปลี่ยนแปลงสี คำนวณความเป็นเบสในรูปของปริมาณกรัมของแอมโมเนียต่อ 100 กรัมของน้ำยาง

2.3.4) เวลาความคงตัวต่อเครื่องกล (Mechanical Stability Time, MST)

เวลาความคงตัวต่อเครื่องกลเป็นสมบัติที่ใช้วัดความคงตัวของน้ำยาง ซึ่งมีนิยามจำกัดว่า “ เป็นเวลา (วินาที) ที่ปั่นกวนน้ำยางภายใต้สถานะที่ควบคุม จนอนุภาคยางเริ่มเกาะหรือจับตัวเป็นเม็ดละเอียด ” หลักการของวิธีทดสอบประกอบด้วย การทำให้น้ำยางชั้นมีปริมาณของแข็งทั้งหมดเจือจางเป็น 55% ด้วยสารละลายแอมโมเนีย แล้วนำน้ำยางนี้ 80 กรัม อุณหภูมิ 35°C และปั่นด้วยเครื่องปั่น klaxon machine ใช้ความเร็ว 14,000 รอบ/นาที ตรวจสอบการจับตัวของอนุภาคยางด้วย

การใช้แท่งแก้วจุ่มน้ำยางแล้วหยดลงในน้ำ เวลาที่จะบันทึกเป็นเวลาความคงตัวของเครื่องกล คือ เวลาที่น้ำยางเริ่มจับเป็นเม็ดเล็กๆ เมื่อทดลองหยดน้ำยางลงในน้ำ

2.3.5) จำนวนกรดไขมันระเหยได้ (Volatile Fatty Acid Number, VFA No.)

ปริมาณของกรดไขมันระเหยได้ในน้ำยางแสดงเป็นจำนวนกรดไขมันระเหยได้ ซึ่งหมายถึง “จำนวนของโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งทำให้กรดไขมันระเหยได้ในน้ำยาง ที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด 100 กรัม เป็นกลาง” หลักการทดสอบหาจำนวนกรดไขมันระเหยได้ประกอบด้วยการที่ให้น้ำยาง 50 กรัม จับตัวด้วยแอมโมเนียมซัลเฟต แล้วบีบคั้นเอาซีรัมออกจากก้อนยางที่จับตัว นำซีรัมจำนวน 25 cm³ ไปทำให้เป็นกรดด้วยกรดซัลฟูริก แล้วนำซีรัมที่มีความเป็นกรดนี้ไปกลั่นด้วยไอน้ำ นำของเหลวที่ได้จากการกลั่นไปไล่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไต่เตรตกับแบเรียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้ phenolphthalein indicator เป็นสารสำหรับดูการเปลี่ยนแปลงสี

2.3.6) จำนวนโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium Hydroxide Number, KOH No.)

จำนวนโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ของน้ำยางหมายถึง “จำนวนกรัมของโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ที่สมมูลย์พอดีกับเรดิเคิลของกรดทั้งหมดที่รวมกับแอมโมเนียในน้ำยาง ที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด 100 กรัม” หลักการทดสอบ คือ เติมสารละลายฟอร์มาลดีไฮด์ ลงในน้ำยางที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด 50 กรัม เพื่อลดแอมโมเนียที่มากไปเพื่อหา end-point ได้ แล้วเติมน้ำเพื่อลดปริมาณของแข็งทั้งหมดเป็น 30% ก่อนการไต่เตรตกับสารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์มาตรฐานที่ปราศจากคาร์บอนเนต เนื่องจากไม่มี indicator ใดๆ ที่จะใช้ตรวจ end-point ได้ นอกจากการใช้ pH-meter โดยการเติมโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์มาตรฐานครั้งละ 1 cm³ (V.) แล้ววัดค่า pH จดบันทึกค่า pH ไว้ทุกๆ ครั้งของการเติมสารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์มาตรฐาน เขียนกราฟ ก) pH, หรือ ข) dpH/dV หรือ ค) d²pH/dV² ต่อปริมาตร V เมื่อ V คือปริมาตรของโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ที่จุด end-point สำหรับกราฟกรณีแรกคือ จุดที่เส้นกราฟตรง สำหรับกรณีที่สองคือจุดที่สูงสุด และกรณีสุดท้ายคือจุดที่กราฟเริ่มเปลี่ยนจากบวกเป็นลบ

2.3.7) ปริมาณก้อนยางจับตัว (Coagulum Content)

ปริมาณก้อนยางจับตัวหมายถึง ปริมาณของสารที่ค้างอยู่บนตะแกรงขนาดขนาด 85 หรือ 80 เมช. สารเหล่านี้เป็นพวกสารเจือปนในยางและเนื้อยาง หลักการทดสอบหาปริมาณก้อนยางจับตัว คือ เติมสารละลายโปแตสเซียมไอโอเดท 5% จำนวน 200 cm³ ลงในน้ำยาง 200 กรัม แล้วกรองส่วนผสมนี้ผ่านตะแกรงล้างและอบตะแกรงที่มีสารตกค้างอยู่ที่อุณหภูมิ 70°C จนแห้งแล้วชั่งน้ำหนัก

2.3.8) ปริมาณตม (Sludge Content)

ตมในน้ำยางหมายถึง สิ่งเจือปนต่างๆ ซึ่งมักตกตะกอนลงก้นภาชนะเมื่อมีการปั่น กวนน้ำยาง สิ่งเจือปนดังกล่าวส่วนใหญ่เป็นพวก ฝุ่น ทราาย เปลือกไม้ และแมกนีเซียมแอมโมเนีย ฟอสเฟต หลักการทดสอบหาปริมาณตม คือ ปั่นน้ำยางที่ทราบน้ำหนักแน่นอนด้วยความเร็ว 2,300 รอบ/นาที แยกส่วนเนื้อยางออก ล้างส่วนที่ตกค้างอยู่ด้วยส่วนผสมของ เอทานอล/น้ำ/แอมโมเนีย แล้วอบส่วนตกค้างนี้ให้แห้งจนน้ำหนักคงที่

2.3.9) กลิ่น

กลิ่นของน้ำยางจะแสดงการบูดเน่าของน้ำยาง หลักการตรวจสอบโดยการ เติมกรด บอริก ลงในน้ำยางเพื่อทำให้แอมโมเนียเป็นกลางแล้วตรวจกลิ่นก๊าซที่ออกจากน้ำยาง น้ำยางคุณภาพ ดีจะไม่มีกลิ่นบูดเน่า

2.3.10) สี

น้ำยางที่เจือปนสิ่งสกปรกหรือน้ำยางที่เสียสภาพจะมีสีเทาหรือสีฟ้า ตรวจสอบโดย การใช้สายตาพิจารณาเปรียบเทียบกับสีของที่เป็นสีขาว

3) สารเคมีที่ใช้กับน้ำยาง [2,5]

สารเคมีที่ใช้กับน้ำยางและผลิตภัณฑ์น้ำยางมีหลายชนิดซึ่งใช้ในหน้าที่ต่างกัน ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะสารเคมีที่จำเป็นในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ถุงมือและสารเคมีที่เกี่ยวข้องเท่านั้น ซึ่งจะแบ่งเป็นหัวข้อดังนี้ คือ

3.1) สารเพิ่มความคงตัว (stabilizer)

สารตัวนี้มีความสำคัญมาก ทำหน้าที่รักษาความคงตัวของน้ำยาง ช่วยให้เติมสารอื่นๆ และ ดำเนินการกระบวนการผลิตได้ ความคงตัวของน้ำยางขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการ คือ ชั้นของน้ำยาง ที่ห่อหุ้มอนุภาคยางและประจุไฟฟ้าบนอนุภาค ดังนั้นการรักษาความคงตัวของน้ำยางก็ดำเนินถึงปัจจัย ทั้งสองอย่างนี้ ในน้ำยางธรรมชาติ สารเคมีที่ใช้รักษาประจุไฟฟ้าบนอนุภาคยาง คือ แอมโมเนียมโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ เป็นต้น สารเพิ่มความคงตัวแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ดังนี้

3.1.1) ประเภทมีประจุไฟฟ้าลบ

สารพวกนี้เมื่อแตกตัวจะให้ประจุไฟฟ้าลบ ช่วยประจุและพลังงานระหว่างอนุภาคยาง กับส่วนที่เป็นน้ำ สารที่เพิ่มประจุลบบนอนุภาคยางได้แก่ พวกสบู่ของกรดไขมัน เช่น โปแตสเซียมโอเลเอต แอมโมเนียมลอรเรต นอกจากนี้ยังมีพวกซัลเฟตและซัลโฟเนตของสารอินทรีย์

3.1.2) ประเภทที่มีประจุไฟฟ้าบวก

สารพวกนี้เมื่อแตกตัวแล้วจะให้ประจุไฟฟ้าบวก ส่วนใหญ่มาจากอนุมูลของแอมโมเนีย สารพวกนี้จะไม่กระทบกระเทือนเนื่องจากอนุมูลของโลหะหนัก บางครั้งเมื่อใช้กับน้ำยางธรรมชาติจะเป็นตัวลดความคงตัวทั้งนี้อาจเนื่องจากในกระบวนการผลิตน้ำยางมีความคงตัวมากเกินไป

3.1.3) ประเภทที่ไม่มีประจุไฟฟ้า

เป็นสารที่ช่วยห่อหุ้มอนุภาคของน้ำยาง โดยทั่วไปสารพวกนี้เป็นกลาง การทำหน้าที่ไม่ขึ้นกับความเป็นกรด-เบส ของน้ำยาง ดังนั้นแม้ว่า pH ของน้ำยางเปลี่ยนแปลงแต่น้ำยางจะคงตัวเสมอ

3.1.4) ประเภทที่มีทั้งประจุบวกและประจุลบ

เป็นสารที่อาจจะแสดงอนุภาคบวกหรือลบก็ได้ขึ้นอยู่กับสถานะของความเป็นกรด-เบส ของตัวกลาง สำหรับน้ำยางธรรมชาติได้แก่พวก โปรตีน ที่นิยมใช้มากได้แก่พวก Caseine ammonium casenate เป็นต้น

3.2) สารในระบบวัลคาไนซ์ (vulcanizing system)

สารในระบบวัลคาไนซ์มีดังต่อไปนี้ คือ

3.2.1) สารทำให้ง่ายวัลคาไนซ์ (vulcanizing agent)

สารทำให้น้ำยางวัลคาไนซ์ที่นิยมใช้ คือ

3.2.1.1) Sulfur

Sulfurเป็นสารวัลคาไนซ์ ที่ใช้กันอย่างกว้างขวางทั่วไป ทั้งกับยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ และต้องเป็นชนิดคุณภาพดี เนื้อละเอียดขนาดอนุภาคเล็ก ปริมาณการใช้ 0.5-2 ส่วน ต่อเนื้อยาง 100 ส่วน โดยเตรียมให้อยู่ในรูป ดิสเพอร์ชัน 50% โดยแปรตามอัตราเร็วที่จะเกิดการคงรูป, โมดูลัส (modulus) ของยางที่ต้องการ และขึ้นกับปริมาณสารอื่นๆ ที่เติมลงในน้ำยางด้วย

3.2.1.2) สารที่ช่วยให้ Sulfur

สารตัวนี้ได้แก่พวกไทยูเรม โพลีซัลไฟด์ เช่น tetramethyl thiuram disulphide (TMTD) สารตัวนี้อาจใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับ Sulfur ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีคุณสมบัติทนความร้อนสูง ถ้าหากใช้ TMTD และ ZnO โดยไม่เติม Sulfur ต้องใช้อุณหภูมิในการทำให้ง่ายคงรูปสูงถึง 140°C

3.2.2) สารกระตุ้นปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ (activator)

สำหรับน้ำยางก็มี ZnO เป็นสารที่มักเติมลงในน้ำยางเป็นขั้นสุดท้ายของการผสมสารเคมีต่างๆ หรือบางครั้งอาจเติมในขณะที่จะเริ่มการแปรรูปเป็นวัตถุสำเร็จรูป ทั้งนี้เนื่องจากการเติม ZnO ในน้ำยางจะทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น แล้วเกิดเป็นคริมแข็ง ปริมาณการใช้ ZnO เป็นสารกระตุ้นอยู่ระหว่าง 0.1-2.0 ส่วนต่อเนื้อยางแห้ง 100 ส่วน การเพิ่มปริมาณ ZnO ในช่วง 0.1-2.0 ส่วนต่อเนื้อยางแห้ง 100 ส่วน ทำให้น้ำยางมีโมดูลัสสูงขึ้น ถ้าต้องการให้น้ำยางมีความโปร่งแสง ต้องใช้ ZnO ปริมาณต่ำประมาณ 0.25 ส่วนต่อเนื้อยางแห้ง 100 ส่วน

3.2.3) สารเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ (accelerator)

สารเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ที่ใช้ คือ

3.2.3.1) กลุ่มไดไทโอคาร์บาเมท (dithiocarbamate)

สารในกลุ่มนี้มีอยู่หลายชนิดดังแสดงในตารางที่ 1 ภาคผนวก ข ที่นิยมใช้มากที่สุดได้แก่ ซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมท (Zinc diethyl dithiocarbamate, ZDEC) เป็นสารสีขาวไม่มีกลิ่นไม่ละลายน้ำ ปริมาณการใช้อยู่ระหว่าง 0.3-1.5 ส่วนต่อเนื้อยางแห้ง 100 ส่วน ZDEC จะเพิ่มอัตราเร็วของการคงรูปขึ้นอย่างเด่นชัดที่อุณหภูมิสูงกว่า 70°C โดยที่ ZDEC จะไม่ทำให้น้ำยางเกิดการวัลคาไนซ์ขึ้นก่อน (pre-vulcanization) เมื่อเก็บน้ำยางที่ผสม ZDEC ไว้ที่อุณหภูมิ 20°C หรือต่ำกว่า ดังนั้นจึงทำให้สามารถใช้น้ำยางที่ผสม ZDEC ในกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันได้ สารในกลุ่มนี้มีข้อเสีย คือ วงวนวอปฏิกิริยาต่อสารทองแดงทำให้ผลิตภัณฑ์ยางเมื่อสัมผัสสารที่มีทองแดงเป็นส่วนประกอบจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล

3.2.3.2) กลุ่มแซนเทท (xanthate)

สารกลุ่มนี้วงวนวอปฏิกิริยามาก เกิดปฏิกิริยาได้ที่อุณหภูมิต่ำ มีกลิ่นเหม็นมาก ตัวอย่างสารกลุ่มนี้ดังแสดงในตารางที่ 2 ภาคผนวก ข ทั้งชนิดที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ

3.2.3.3) กลุ่มไทอะโซล (thiazole)

ตัวอย่างสารกลุ่มนี้ตามตารางที่ 3 ภาคผนวก ข นิยมใช้พวกที่ไม่ละลายน้ำกับน้ำยาง พวกสารในกลุ่มนี้ เช่น ZMBT (Zinc 2-mercaptobenzothiazole) มีลักษณะเป็นผงสีขาวไม่ละลายน้ำ ใช้ร่วมกับ ZDEC ปริมาณการใช้ คือ ZDEC 1 ส่วน ต่อ ZMBT 0.25-0.5 ส่วน ต่อเนื้อยางแห้ง 100 ส่วน นอกจากจะทำให้สมบัติโมดูลัสของยางสูงขึ้นแล้ว ยังมีผลในการเสริมประสิทธิภาพการคงรูปให้เร็วขึ้นมากกว่าการใช้แต่ละตัวตามลำพัง

3.2.3.4) กลุ่มไทยูแรม (thiuram)

ตัวอย่างสารกลุ่มนี้ตามตารางที่ 4 ภาคผนวก ข พวกไทยูแรมไม่มีความว่องไวในปฏิกิริยาเพียงพอที่จะใช้กับ สารระบบวัลคาไนซ์ เช่น Sulfur ได้ แต่อย่างไรก็ตามอาจใช้เป็นตัวช่วยพวกสารเร่งปฏิกิริยากลุ่มไดไทโอคาร์บาเมทได้

3.3) สารป้องกันการเสื่อมเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (antioxidation)

สารป้องกันการเสื่อมเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ที่ใช้ในน้ำยางมี 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ ชนิดที่เป็นเอมีน (amine) และ ฟีนอล (phenol) เป็นสารที่ใส่ลงในผลิตภัณฑ์ยางเพื่อป้องกันการถูกออกซิไดซ์ของโมเลกุลของยาง ที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ถุงมือยางจะเป็นพวกฟีนอล สารในตระกูลนี้ส่วนใหญ่ไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์เปลี่ยนสี หรือสีตก แต่การป้องกันสู่ตระกูลเอมีนไม่ได้ สารในตระกูลนี้มีมากมาย ที่จะกล่าวนี้เป็นพวกที่อยู่ในกลุ่มอนุพันธ์ของฟีนอล ที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์แบบจุ่ม เช่น

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

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

3.4) สารอื่นๆ

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

4) การเตรียมสารเคมีที่ใช้กับน้ำยาง [2,5,6,10,13,14]

สารเคมีต่างๆ ที่จะผสมลงในน้ำยางเพื่อการผลิตวัตถุสำเร็จรูปนั้น จำเป็นต้องเตรียมให้อยู่ในสถานะของของเหลวเสียก่อน เพราะถ้าหากนำสารเคมีแห้งๆ ใส่ลงไปลงในน้ำยางโดยตรง จะไม่ได้ของผสมที่เหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์ สารเคมีจะตกตะกอน หรืออาจจะเป็นก้อนขึ้นในน้ำยาง และน้ำยางจะเกิดการจับตัวขึ้นในไม่ช้า จึงต้องเตรียมสารเคมีนั้นเป็นสารละลาย เตรียมเป็นดิสเพอร์ชัน หรืออิมัลชัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะหรือธรรมชาติของสารนั้นๆ ว่าจะสามารถเตรียมเป็นสถานะใดได้ สารเพิ่มความคงตัวหรือสารพวกช่วยความเสถียรส่วนใหญ่ละลายน้ำ จึงเหมาะจะเตรียมเป็นสารละลาย และเติมในสถานะสารละลายเจือจางลงในน้ำยาง สารพวกน้ำมันหรือของเหลวที่ไม่สามารถละลายน้ำ ก็จะต้องเตรียมเป็นอิมัลชัน ส่วนสารพวกของแข็งทั้งหลายที่ไม่ละลายน้ำ จะต้องเตรียมเป็นดิสเพอร์ชัน

4.1) หลักการสำคัญในการพิจารณาเติมสารละลาย อิมัลชัน หรือดิสเพอร์ชันลงในน้ำยาง คือ

4.1.1) ขนาดของอนุภาคของสารที่กระจายในดิสเพอร์ชัน และขนาดของของเหลวในอิมัลชัน จะต้องเล็กพอๆกับขนาดของอนุภาคยางที่ใช้ แต่หลักการพิจารณาขึ้นอยู่กับการแปรรูปน้ำยางเป็นผลิตภัณฑ์ ว่าต้องการผลิตอะไร เช่น การผลิตยางฟองน้ำ ใช้อนุภาคสารที่มีขนาดใหญ่กว่ากรณีการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทจุ่มแบบพิมพ์ได้

4.1.2) ระบบความคงตัวของดิสเพอร์ชันและของอิมัลชัน ควรเหมือนกับระบบความคงตัวของน้ำยางที่ใช้ เพราะไม่เช่นนั้นอาจเกิดปัญหาที่มีปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดผลน้ำยางจับตัวได้

4.1.3) ควรปรับระดับความเป็นกรด-เบส ของสารละลาย ดิสเพอร์ชัน และอิมัลชัน ให้เท่ากับระดับความเป็นกรด-เบสของน้ำยางที่ใช้

4.2) การเตรียมสารละลาย อิมัลชัน และดิสเพอร์ชัน มีดังนี้

4.2.1) การเตรียมสารละลาย

สารเคมีที่ใช้ในสูตรน้ำยางและสามารถเตรียมเป็นสารละลายได้ จะเป็นพวกสารต่างๆ ดังนี้ คือ

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

ปกติการใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ จะต้องเตรียมเป็นสารละลาย 10% ก่อนเติมลงในน้ำยาง

4.2.2) การเตรียมอิมัลชัน

สารเคมีที่มีสถานะเป็นของเหลวบางชนิดไม่ละลายน้ำ ได้แก่ สารเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ และสารป้องกันการเสื่อมเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันบางชนิด สารเหล่านี้ต้องเตรียมเป็นอิมัลชันโดยวิธีการและอุปกรณ์ที่เหมาะสม เช่น ใช้เครื่องผสม (homogeniser) ที่สามารถปั่นและเกิดแรงเฉือนอย่างสูง ตัวอย่างการเตรียม 50% อิมัลชัน ดังนี้

	น้ำหนัก
สารของเหลว	50.0
สารละลาย 20% โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์	7.5
น้ำ	42.5

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

4.2.3) การเตรียมดิสเพอร์ชัน

สารเคมีชนิดของแข็งจะต้องเตรียมเป็นดิสเพอร์ชัน ก่อนเติมลงในน้ำยาง โดยทั่วไปวิธีการเตรียมดิสเพอร์ชันสำหรับใช้งานน้ำยาง ขั้นแรกคือ การผสมสารที่เป็นผงกับน้ำ และใส่สารช่วยการกระจายหรือสารที่ทำให้เกิดดิสเพอร์ชัน (dispersing agent) ตัวอย่างเช่น Dervan No.1 หรือ 2, Daxad 11 G, Faxan IIP และ วัลตามอล (vultamol) จากนั้นจึงบดของผสมนี้ด้วยเครื่องมือบดย่อยสาร เพื่อบดย่อยอนุภาคสารให้เล็กลง

ในการเตรียมดิสเพอร์ชัน นอกจากสารหลักดังกล่าวแล้ว ยังมีสารอื่นๆที่ใช้เฉพาะในกรณีที่การเตรียมดิสเพอร์ชันมีปัญหา ได้แก่

- สารปรับสภาพความเป็นกรด-เบส ใช้ในกรณีที่สารเคมีบางตัวเป็นกรด จะต้องทำให้ฤทธิ์เป็นเบสเหมือนน้ำยางก่อนที่จะเติมลงในน้ำยาง เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำยางเกิดการจับตัว ได้แก่ โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ และ แอมโมเนีย

- สารเพิ่มความคงตัว ใส่เพื่อให้สารเคมีมีสภาพผิวคล้ายกับน้ำยาง ทำให้เข้ากับน้ำยางได้ดี ได้แก่ เคซีน ซึ่งใส่อยู่ในรูปของสารละลายแอมโมเนีย และในบางครั้งอาจใช้สารเคมีที่เป็นกลาง ได้แก่ วัลคาสแทป แอล ดับบลิว (vulcastab LW)

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

-สารป้องกันการเกิดฟอง ใส่เพื่อลดการเป็นฟองในการบด จะทำให้การบดมีประสิทธิภาพสูงสุด ได้แก่ ซิลิโคน อิมัลชัน (silicone emulsion)

-สารป้องกันการตกตะกอนแข็ง ใส่เพื่อป้องกันการเกิดเป็นตะกอนแข็งของสารเคมี ได้แก่ เบนโทไนท์ เคลย์ (bentonite clay)

การเตรียมดิสเพอร์ชันของสารเคมีนั้น สัดส่วนโดยน้ำหนักของสารหลักที่ต้องการเตรียมควรเป็นสัดส่วนธรรมดาต่างๆ เพื่อความสะดวกในการคำนวณเปลี่ยนน้ำหนักของสารหลักให้เป็นน้ำหนักของดิสเพอร์ชันได้ และมักจะใส่สารเพิ่มความหนืดหรือสารป้องกันการตกตะกอนแข็ง ได้แก่ เบนโทไนท์ เคลย์ ลงไปด้วย ซึ่งสูตรการเตรียม 50% ดิสเพอร์ชัน จะเป็นดังนี้

สารต่างๆ	น้ำหนัก (กรัม)
สารเคมี (Ingredient)	50.0
สารช่วยการกระจาย (Dispersing agent)	1.0
เบนโทไนท์ เคลย์ (Bentonite clay)	1.0
น้ำ	48.0

หลักการสำคัญในการเตรียมดิสเพอร์ชัน

4.2.3.1) สัดส่วนโดยน้ำหนักของสารหลักที่ต้องการควรเป็นสัดส่วนธรรมดาต่างๆ เช่น เป็น 2/3, 1/2, 1/3, 1/4 ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการคำนวณเปลี่ยนน้ำหนักของสารหลักให้เป็นน้ำหนักของดิสเพอร์ชันที่ได้

4.2.3.2) วิธีการโดยทั่วไปในการเตรียมสารผสม (dispersion slurry) เพื่อจะรวมสารละลายของตัวการทำให้เกิดดิสเพอร์ชัน (dispersing agents) และสารช่วยความคงตัว (stabilizers) กับน้ำเข้าด้วยกันก่อนแล้วจึงเติมลงในสารที่เป็นผงแห้งแล้วทำการกวนด้วยความเร็วสูง

4.2.3.3) ในการเตรียม Sulfur ดิสเพอร์ชัน มักมีปัญหาเกี่ยวกับความยุ่งยากที่จะทำให้ Sulfur แดกกระจาย และมีปัญหา Sulfur มักรวมตัวกันและตกตะกอนอย่างรวดเร็วหลังจากที่ได้ทำดิสเพอร์ชันไปแล้ว ดังนั้นในการเตรียม Sulfur ดิสเพอร์ชัน ควรใช้สารตัวการทำให้เกิดดิสเพอร์ชัน ปริมาณค่อนข้างมากคือ 2 ถึง 2.5 ส่วน ต่อ 100 ส่วนของ Sulfur และควรใช้สารช่วยความคงตัวอย่างน้อย 1 ส่วน สารช่วยความคงตัวอาจใช้พวกเคซีน และยังพบว่าเมื่อทำการบด Sulfur ดิสเพอร์ชัน ให้ได้ขนาดอนุภาคที่ละเอียดสำหรับการผลิตพวกยางยืด หรือพวกงานจุ่มแบบพิมพ์จะใช้เวลาค่อนข้างนาน

ความจำเป็นอีกประการหนึ่งในการเตรียม Sulfur ดิสเพอร์ชัน คือการเติม “thickener” เพื่อช่วยลดหรือชะลอการตกตะกอนโดยแนะนำให้ใช้เบนโทไนเคลย์ การเติม “thickener” แนะนำให้เติมภายหลังการเสร็จสิ้นการบดทำดิสเพอร์ชันแล้ว

4.2.3.4) การเตรียมดิสเพอร์ชันของสารเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์อาจเตรียมให้เข้มข้นได้ถึง 50% แต่ยกเว้นกรณีการเตรียมสารกลุ่ม ไดไทโอคาบาเมต หากเข้มข้นระดับนี้มักเกิดการรวมตัวและตกตะกอนได้ อย่างไรก็ตามเพื่อความสะดวกมักเตรียมดิสเพอร์ชันของสารเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์เข้มข้น 33% และใช้สารพวกไฮโดรคอลลอยด์ เช่น 1% ของเมทิลเซลลูโลสช่วยเสริมความคงตัวของดิสเพอร์ชันและเพื่อช่วยป้องกันการตกตะกอน

4.2.3.5) การเตรียม ZnO ดิสเพอร์ชัน อาจเตรียมโดยใช้บอรัมหรือคอลลอยด์บอรัม หรือ อุลตราซินิกมิลก็ได้ มักเตรียมให้ได้ดิสเพอร์ชันที่ละเอียดมาก โดยวิธีการของบอรัมเมื่อต้องการใช้งานพวกจุ่มแบบพิมพ์หรืองานผลิตพวกยางยืด และใช้สบู่ของแอมโมเนียมเป็นตัวการให้เกิดดิสเพอร์ชัน อย่างไรก็ตามควรต้องระวังการเกิด ZnO รวมตัวอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาระหว่างอนุมูลของซิงค์แอมโมเนียมกับอนุมูลของสบู่

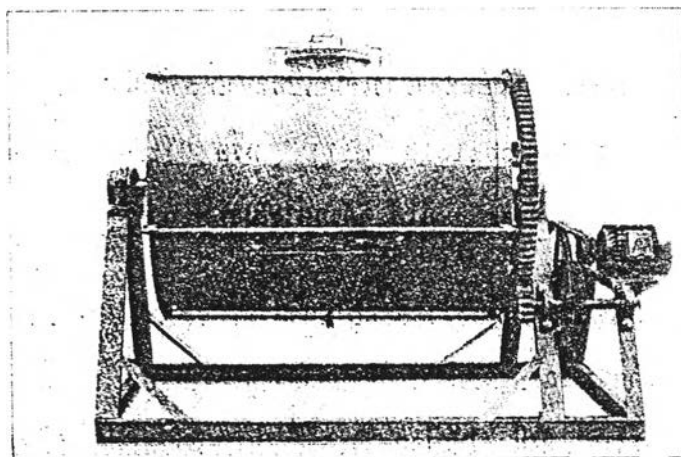
4.2.3.6) การทำดิสเพอร์ชันของสารป้องกันการเสื่อมเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันมักมีปัญหายุ่งยากอันเนื่องด้วยสถานะการเป็นพวกเรซินของสารนี้ จึงได้มีการคิดหาวิธีการต่างๆ เพื่อจะแก้ปัญหาดังกล่าว ในบรรดาวิธีการต่างๆ นั้น การใช้สารเพิ่มพวกเข้าต่อปฏิกิริยาและมีขนาดอนุภาคละเอียดมาเป็นตัวพา (carrier) ซึ่งในบรรดาสารที่เป็นตัวนำพาดังกล่าว เคลอิโอไนเคลย์เป็นสารที่ใช้ได้ผลดีที่สุด โดยใช้เคลอิโอไนเคลย์ปริมาณที่เท่ากับปริมาณของสารป้องกันการเสื่อมเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน คือใช้ถึง 50% และยังใช้สารตัวการทำให้เกิดดิสเพอร์ชันและใช้สารช่วยความคงตัวในปริมาณค่อนข้างสูงกว่าปกติ การเกิดดิสเพอร์ชันของสารป้องกันการเสื่อมเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นไปได้ดังนี้คือ เมื่อสารป้องกันการเสื่อมเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดการแตกกระจายออก อนุภาคละเอียดของเคลย์จะฉาบรอบๆ อนุภาคสารป้องกันการเสื่อมเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งการฉาบดังกล่าวทำให้ไม่มีการรวมตัวระหว่างอนุภาคสารป้องกันการเสื่อมเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ได้แล้วแตกกระจายต่อไปอีก

4.2.3.7) การเตรียมดิสเพอร์ชันของพวกสารเพิ่ม เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต และเคลอิโอไนท์เคลย์มักเตรียมเข้มข้น 67% และในบางกรณีอาจเตรียมเข้มข้นถึง 75% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคและการกระจายของอนุภาคของสารเพิ่ม เนื่องด้วยในงานผลิตภัณฑ์บางชนิดต้องการใช้ปริมาณสารเพิ่มมาก จึงแนะนำให้เตรียมดิสเพอร์ชัน โดยใช้น้ำผสมเพียงเล็กน้อย หนึ่งสารเพิ่มทุกๆ ไป มักมีขนาดอนุภาคละเอียด ซึ่งจะเกิดจับเป็นก้อนได้ง่าย จำเป็นต้องเตรียมเป็นดิสเพอร์ชัน

4.2.4) เครื่องมือที่ใช้บดย่อยอนุภาคของสาร แบ่งได้ดังนี้

4.2.4.1) บอลมิล (ball mill) เป็นเครื่องบดย่อยสารที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในงานนำยา ส่วนสำคัญของเครื่องประกอบด้วย ลูกกลิ้งยาวเรียงขนานคู่กัน 1 คู่ ลูกกลิ้งลูกหนึ่งจะต่อกับมอเตอร์ ซึ่งจะจุดให้ลูกกลิ้งหมุนขณะใช้งาน และหม้อบรรจุสารที่ต้องการทำดีสเพอร์ชัน (ball mill pot) จะวางนอนอยู่บนระหว่างคู่ลูกกลิ้ง ยาง หม้อดังกล่าวซึ่งมีลักษณะเป็นหม้อทรงกระบอก อาจทำด้วยสแตนเลสหรือทำด้วยกระเบื้อง ภายในบรรจุลูกหินบดหรือสารที่เป็นตัวบด (grinding material) ซึ่งทำจากเหล็ก (steel ball) หรือจากกระเบื้อง (porcelain ball) โดยทั่วไปจะใส่ลูกบดในปริมาณ 45-50% ของปริมาตรทั้งหมด และใส่สารเคมีที่จะบดกับน้ำให้พอท่วมลูกหินบด หรือให้ปริมาตรของลูกหินบด สารเคมี และน้ำ รวมกัน ประมาณสามในสี่ของปริมาตรของหม้อ โดยให้มีเนื้อที่ว่าง เพื่อที่จะได้บดสารอย่างมีประสิทธิภาพ ดังแสดงในรูปที่ 2.3

หม้อบรรจุสารจะหมุนรอบอย่างช้าๆ โดยการทำงานของมอเตอร์ที่จุดให้ลูกกลิ้งยางซึ่งหม้อวางอยู่หมุน เมื่อหม้อหมุนรอบ ลูกบดภายในหม้อเคลื่อนหมุนไปด้วย แต่จะหมุนตามหม้อไปเพียงช่วงสั้นๆ แล้วก็ตกกลับลง ซึ่งจะทำให้อนุภาคของสารภายในหม้อถูกลูกหินบดตกกระทบและเกิดแตก การหมุนของหม้อต้องไม่เร็วเกินไป เพราะการหมุนเร็วเป็นผลให้ลูกหินบดถูกเหวี่ยงไปติดอยู่ข้างหม้อ ซึ่งจะไม่เกิดการตกของลูกหินบดลงกระทบอนุภาคสารที่ต้องการให้แตก



รูปที่ 2.3 ลักษณะของเครื่องบอลมิล

ประสิทธิภาพของบอลมิล ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญ คือ ขนาดของหม้อบด ความเร็วที่ใช้ในการบด ชนิดของสารที่ใช้ทำลูกหินบด ขนาดของลูกหินบด ปริมาณลูกหินบดที่บรรจุในหม้อ ปริมาณสารผสม และความหนืดของสารผสม

-ความเร็วที่ใช้ในการบด การหมุนหม้อบรจุสารเร็วขึ้นจะทำให้อัตราเร็วของการบดเพิ่มขึ้น จนถึงจุดเต็มที่สุดหนึ่ง ซึ่งหากยังเพิ่มความเร็วของการหมุนของหม้อให้เร็วยิ่งขึ้นไปอีก จะเป็นผลให้ลดประสิทธิภาพการบดสาร เพราะลูกหินบดจะถูกเหวี่ยงไปติดอยู่ข้างหม้อ และไม่เกิดการตกกระทบสารให้แตกกระจาย

-ขนาดลูกหินบด ลูกหินบดขนาดเล็กบดสารได้เร็วกว่าลูกหินบดขนาดใหญ่ เพราะจำนวนลูกหินบดที่ตกกระทบกระแทกสารให้แตกมีมาก แต่ลูกหินบดขนาดเล็กมีข้อเสียบางประการ คือ มีปัญหายุ่งยากเกี่ยวกับการเทดิสเพอร์ชันออกจากหม้อ และการแยกลูกหินบดออกจากดิสเพอร์ชัน ตลอดจนปัญหาเกี่ยวกับการเกิดความร้อน การสึกกร่อนของลูกหินบด และความไม่บริสุทธิ์ของดิสเพอร์ชันที่ได้รับ โดยทั่วไปมักนิยมใช้ลูกหินบดขนาดต่างๆกัน มากกว่าการใช้ลูกหินบดขนาดเท่ากันเพียงขนาดเดียว

-ชนิดของลูกหินบด ลูกหินบดสามารถทำมาจากสารต่างๆกัน และลูกหินบดที่ทำจากเหล็กจะบดได้เร็วกว่าลูกหินบดที่มาจากแร่เบืองหรือหินที่มีขนาดเท่าๆกัน เพราะลูกหินบดเหล็กมีความหนาแน่นมากกว่า

-ประสิทธิภาพของลูกหินบดสัมพันธ์โดยตรงกับเส้นผ่าศูนย์กลางของบอลมิล ซึ่ง Fischer พบว่าความเร็วจะสัมพันธ์กับขนาดของหม้อบด ดังสมการ

$$V = 54.2/\sqrt{R}$$

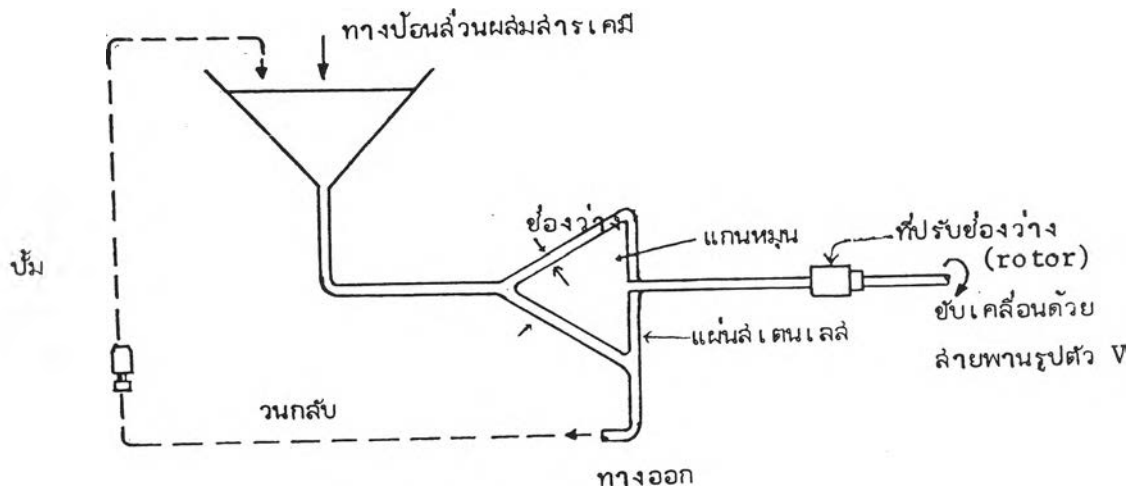
$$V = \text{ความเร็วที่ใช้ในการบด, รอบ/นาที}$$

$$R = \text{รัศมีของหม้อบด, ft}$$

-ความหนืดของสารผสม ถ้าสารผสมที่ต้องการทำดิสเพอร์ชันมีความหนืดค่อนข้างมาก จะทำให้การบดไม่เป็นผล ต้องปรับความหนืดของสารให้พอเหมาะ

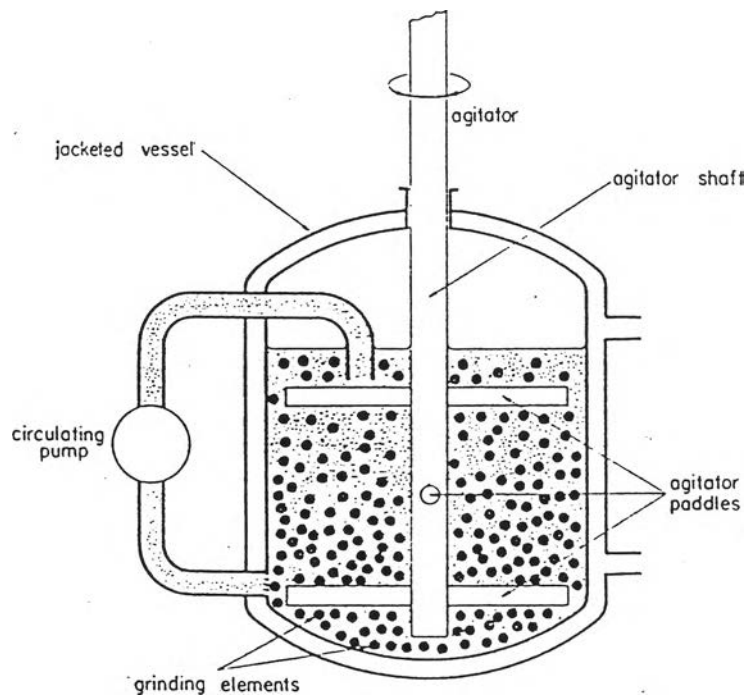
การเตรียมดิสเพอร์ชันโดยใช้บอลมิล ใช้เวลาค่อนข้างนาน คือ อาจใช้เวลาตั้งแต่ 1-3 วัน ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของดิสเพอร์ชันที่ต้องการเตรียม

4.2.4.2) คอลลอยด์มิล(colloid mill) ใช้เตรียมดิสเพอร์ชันของสารพวก ZnO คาโอไลไนท์เคลย์ เป็นต้น เครื่องประเภทนี้อาศัยหลักการบดย่อยสารด้วยแรงเฉือนความเร็วสูงมาก เครื่องประกอบด้วยแผ่นหิน 2 แผ่นที่วางชิดกัน แผ่นหนึ่งอยู่กับที่ ส่วนอีกแผ่นหนึ่งหมุนด้วยความเร็วสูง สารที่ถูกบดจะถูกส่งผ่านลอดระยะห่างระหว่างแผ่นหินทั้งสองนี้ จะทำให้สารที่เกาะกันอยู่แตกจากกัน ระยะห่างระหว่างแผ่นหินทั้งสอง เป็นตัวควบคุมประสิทธิภาพในการบด เครื่องมือประเภทนี้ให้ผลผลิตเร็วมาก แต่ต้องให้สารผ่านเครื่องบดนี้หลายครั้ง จึงจะบดได้ละเอียดตามต้องการลักษณะของเครื่องคอลลอยด์มิลดังแสดงในรูปที่ 2.4



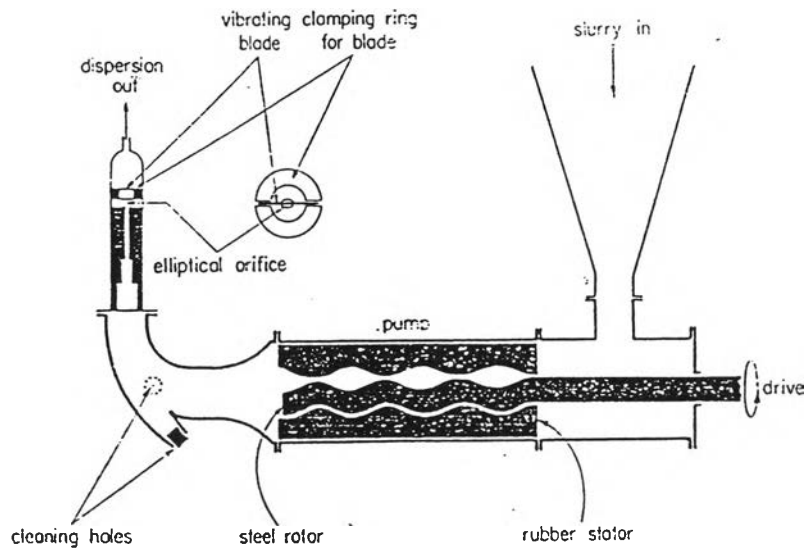
รูปที่ 2.4 ลักษณะภายในเครื่องคอลลอยด์มิล

4.2.4.3) แอททริชันมิล (attrition mill) มีหลักการบด โดยสารผสมที่ต้องการ บดทำดิสเพอร์ชันและสารที่ใช้เป็นตัวบดจะถูกบดอย่างแรงด้วยแท่งบด พร้อมทั้งก็จะมี การสูบของ ผสมให้ไหลวน สารที่ใช้เป็นตัวบดนิยมใช้ลูกหิน และภาชนะบรรจุสารนิยมทำจากพวกกระเบื้องหรือ พลาสติกเตนเลส ข้อได้เปรียบของเครื่องบดชนิดนี้ คือ สามารถใช้เตรียมดิสเพอร์ชันชนิดละเอียดมากๆ มี ความเข้มข้นสูงได้ภายในเวลารวดเร็ว อย่างไรก็ตามเครื่องแอททริชันมิลจะมีราคาแพงกว่าบอลมิลมาก ลักษณะของเครื่องแอททริชันมิลดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ลักษณะของเครื่องแอททริชันมิล

4.2.4.4) อุลตราโซนิกมิล (ultrasonic mill) หลักการของเครื่องชนิดนี้ ใช้หลักการสั่นสะเทือนด้วยความเร็วสูงมาก สารผสมที่ต้องการเตรียมเป็นดีสเปอร์ชันจะถูกบีบเข้าเครื่องด้วยความเร็วสูง และไปกระทบกับแผ่นสแตนเลส จะเกิดการสั่นสะเทือน และเกิดช่องว่างขึ้นที่แผ่นสแตนเลส ความดันที่เกิดขึ้นทำให้อนุภาคของสารแตกกระจายออก เครื่องชนิดนี้ทำงานได้รวดเร็วมาก แต่ไม่สามารถใช้เตรียมดีสเปอร์ชันจากสารผสมที่มีอนุภาคค่อนข้างหยาบ ลักษณะของเครื่องอุลตราโซนิกมิลดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ลักษณะของเครื่องอุลตราโซนิกมิล

5) กระบวนการผลิตถุงมือยาง [2]

ขั้นตอนในการผลิตถุงมือยางมีดังนี้

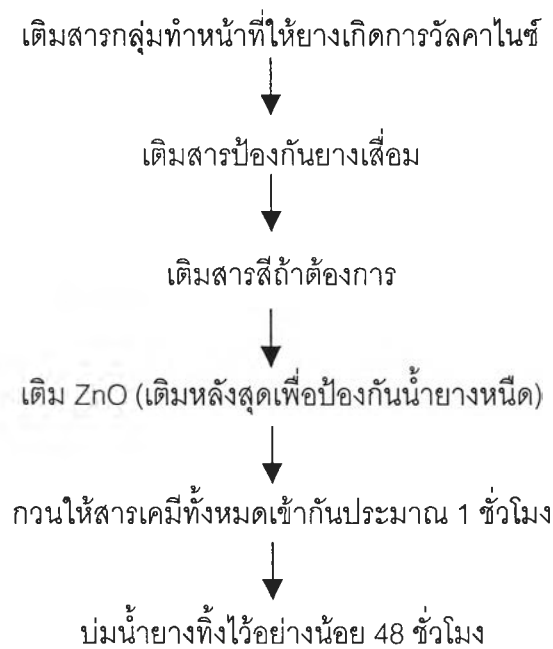
5.1) ลำดับการเติมสารเคมีผสมกับน้ำยาง

น้ำยางชั้นปั่นไล่แอมโมเนียออกบางส่วน



เติมสารกลุ่มช่วยให้ยางคงตัว





แต่ละกลุ่มหรือแต่ละอย่างของสารที่เติมลงไปในน้ำยางจะต้องผสมเข้ากับน้ำยางเป็นอย่างดีเสียก่อน จึงเติมสารตัวต่อไปลงไป และน้ำที่เติมเพื่อให้ได้ความเข้มข้นของเนื้อยางที่ต้องการนั้นสามารถเติมได้ในขั้นตอนการปั่นไล่แอมโมเนียและทุกช่วงของการเติมสารเคมี

ก่อนที่จะนำน้ำยางผสมสารเคมีแล้ว (compounded latex) มาใช้จะต้องตรวจระดับหรือองศาการคงรูปของน้ำยาง (degree of vulcanization) เสียก่อน

5.2) ขั้นตอนการจุ่ม (dipping)

เมื่อบมน้ำยางผสมสารเคมีจนได้อายุที่เหมาะสมแล้ว ต่อไปก็เป็นขั้นตอนการจุ่ม โดยนำพิมพ์ที่เตรียมไว้มาจุ่มในน้ำยางผสมสารเคมี พิมพ์ที่นิยมใช้จะทำจากกระเบื้อง พิมพ์ถุงมืออาจมีผิวเรียบหรือผิวหยาบขึ้นอยู่กับชนิดของถุงมือที่จะผลิต ลักษณะผิวของพิมพ์มีผลต่อการเกาะพิมพ์ของสารช่วยจับตัว (coagulant) และการเกาะพิมพ์ของน้ำยางผสม ปกติถุงมือที่บางมากๆ จะใช้พิมพ์ผิวเรียบ นอกจากรนี้ควรทำความสะอาดพิมพ์ให้ดีเสียก่อนเพราะสิ่งสกปรกจะทำให้เกิดตำหนิต่างๆบนถุงมือได้

เทคนิคการจุ่มมีหลายวิธี

- 5.2.1) การจุ่มน้ำยางโดยตรง
- 5.2.2) การจุ่มโดยใช้สารช่วยจับตัว
- 5.2.3) การจุ่มโดยใช้พิมพ์ร้อน
- 5.2.4) การจุ่มโดยใช้ขั้วไฟฟ้าช่วย

เทคนิคการจุ่มโดยใช้สารช่วยจับตัวจะเป็นที่นิยมและเหมาะสำหรับการผลิตถุงมือโดยทั่วไป ซึ่งเทคนิคการจุ่มโดยใช้สารช่วยจับตัวมีวิธีการจุ่ม คือ จุ่มพิมพ์ลงในสารช่วยทำให้น้ำยางจับตัวแล้ว จึงจุ่มพิมพ์ลงในน้ำยางผสม

สารช่วยทำให้น้ำยางจับตัวจะช่วยให้ น้ำยางเกาะพิมพ์ เทคนิคนี้ยังแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ

5.2.2.1) ใช้สารช่วยจับตัวเปียก (wet coagulant dipping) หมายถึงการใช้สารที่เป็นของเหลว เช่น กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก จุ่มพิมพ์ลงในสารนี้แล้วจุ่มพิมพ์ที่เปียกลงในน้ำยางผสมสารเคมี วิธีนี้ไม่ค่อยนิยมในการทำถุงมือยาง

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

5.3) การล้าง (leaching)

การล้างหมายถึงการล้างฟิล์มยางที่จับอยู่บนพิมพ์ซึ่งอาจทำได้ 2 วิธี คือ ล้างในขณะที่อยู่ในกระบวนการผลิต (on-line) หรือล้างหลังจากแกะถุงมือออกจากพิมพ์แล้ว (off-line) การล้างนี้เพื่อกำจัดสารที่ละลายน้ำได้ออก ซึ่งได้แก่พวกเกลือที่มีอยู่ในน้ำยางแต่แรก หรือที่เติมลงไป ในน้ำยาง เหตุผลที่จำเป็นต้องล้างยาง

- เพื่อป้องกันการดูดซึมน้ำโดยสารชนิดที่มีความสามารถดูดซับหรือชอบน้ำ (hydrophilic materials) ที่ตกค้างอยู่ในน้ำยาง

- เพื่อป้องกันผิวหนังเหนียวอันเนื่องมาจากสารที่ตกค้างอยู่

- เพื่อไม่ให้สารตกค้างอยู่ในน้ำยาง เพราะอาจมีผลต่อการสัมผัสกับเนื้อเยื่อของคนขณะใช้งาน

- เพื่อลดการระคายเคืองต่อผิวหนังเมื่อใช้ถุงมือยาง

- เพื่อลดการเปลี่ยนสีของถุงมือเมื่อถูกกับแสง

- เพื่อให้ถุงมือมีความแข็งแรงมากขึ้น

การล้างถุงมือในระหว่างกระบวนการผลิตจะได้ผลดีมาก โดยล้างด้วยน้ำที่ 70°C เป็นเวลา 2 นาที

5.4) การอบแห้งและการทำให้ยางเกิดการวัลคาไนซ์ (drying and vulcanizing)

อบในตู้ที่อุณหภูมิ 100°C เพื่อให้ยางเกิดการวัลคาไนซ์

5.5) การม้วนขอบ (beading)

การม้วนขอบถุงมือยางเพื่อให้มีความแข็งแรง ให้ม้วนขอบขณะที่ยางเกาะบนพิมพ์แห้งแล้วแต่ยังไม่ทำให้เกิดการวัลคาไนซ์ ถ้าในขั้นตอนของการอบแห้งแยกกับการอบให้ยางเกิดการวัลคาไนซ์อาจทำการม้วนขอบระหว่าง 2 ขั้นตอนของการอบนี้และการม้วนขอบอาจทำได้โดยใช้มือหรือใช้เครื่อง

5.6) การถอดถุงมือจากพิมพ์

การถอดถุงมือจากพิมพ์จะเป็นขั้นสุดท้ายของกระบวนการผลิตโดยทั่วไปมักใช้มือถอดและอาศัยแป้ง เช่น แป้งข้าวโพด, แป้งทาลค์ และเคลย์เพื่อป้องกันยางติด

6) น้ำยางวัลคาไนซ์ [3]

น้ำยางคงรูป หรือน้ำยางวัลคาไนซ์ หรือน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ (prevulcanized latex) หมายถึงน้ำยางที่โมเลกุลยางได้เกิดพันธะเชื่อมโยง (crosslinked) อันเนื่องมาจากการให้ความร้อนกับน้ำยางที่ได้ผสมสารเคมีที่จำเป็นแล้ว

น้ำยางผสมสารเคมี (compounded latex) หมายถึงน้ำยางที่ได้ผสมสารเคมีต่างๆ แล้วและส่วนใหญ่จะมีสารเคมีช่วยเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ (accelerator) พวก dithiocarbamate อยู่ด้วย โดยปกติจะทำการผสมสารเคมีกับน้ำยางแล้วบ่มหรือเก็บไว้ (maturation) ก่อนการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์เนื่องด้วยน้ำยางผสมสารเคมีส่วนใหญ่จะผสมสารช่วยเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ไว้ด้วย ดังนั้นขณะการบ่มหรือเก็บน้ำยางจึงอาจเกิดปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ โมเลกุลยางเกิดพันธะเชื่อมโยงขึ้นได้ ซึ่งการเกิดยางคงรูป จะมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับสภาวะการเก็บน้ำยางและความว่องไวของสารช่วยเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ สำหรับการทำให้ น้ำยางวัลคาไนซ์ อาจพิจารณาว่าเป็นวิธีการพิเศษวิธีหนึ่งของการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี

6.1) การผลิตน้ำยางวัลคาไนซ์

วิธีการผลิตน้ำยางวัลคาไนซ์มีหลักการที่สำคัญ คือ ผสมสารเคมีที่จำเป็นในการเกิดการวัลคาไนซ์ ซึ่ง ได้แก่สารในระบบวัลคาไนซ์ (vulcanizing system : Sulfur, accelerator, activator) กับน้ำยางที่ได้ผ่านการเติมสารช่วยความคงตัวเป็นของเหลว แล้วให้ความร้อนประมาณ 50° - 70° C หรืออาจเตรียมน้ำยางวัลคาไนซ์โดยไม่ใช้สาร Sulfur คือ เป็นระบบ "Sulfurless" หรืออาจเตรียมน้ำยางวัลคาไนซ์ ที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 28° - 30° C โดยใช้สารเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ ที่ว่องไวมาก เช่น sodium or

zinc salt of dibutyldithiocarbamates นอกจากนี้ น้ำยางวัลคาไนซ์ยังอาจทำได้โดยให้ความร้อนกับน้ำยางที่ได้ผสมสารอินทรีย์เพอรอกไซด์และไฮโดรเพอรอกไซด์

6.2) วิธีทดสอบน้ำยางวัลคาไนซ์

เนื่องจากน้ำยางวัลคาไนซ์แล้ว มีลักษณะที่มองด้วยสายตาไม่ค่อยแตกต่างไปจากน้ำยางชั้นธรรมดา ดังนั้นวิธีการที่จะตรวจสอบว่าน้ำยางเป็นน้ำยางวัลคาไนซ์หรือไม่นั้นจึงจำเป็นต้องอาศัยวิธีการทดสอบในห้องปฏิบัติการ และวิธีการที่จะกล่าวต่อไปนี้ยังสามารถใช้ตรวจสอบระดับสถานะของการคงรูป (degree of vulcanization) ของน้ำยางผสมสารเคมี

6.2.1) ทดสอบโดยใช้คลอโรฟอร์ม (chloroform test)

หลักการของวิธีนี้ คือ ทำให้น้ำยางจำนวนเล็กน้อยจับตัวด้วยการหยดคลอโรฟอร์มหรือคาร์บอนเตตระคลอไรด์ (carbon tetrachloride) ปริมาณที่เท่ากับปริมาณน้ำยาง ลักษณะก่อนยางที่จับตัวจะบ่งแสดงสถานะของการคงรูป นั่นคือ น้ำยางที่ยังไม่คงรูปจะให้ก้อนยางจับตัวมีลักษณะจับเป็นก้อนอ่อนและยืดได้ (ลักษณะคล้ายๆ ก้อนเต้าหู้อ่อน เช่นเดียวกับก้อนยางที่ได้จากการทำให้ยางสดจับตัวด้วยกรดขณะการทำยางแผ่น) น้ำยางที่คงรูปอย่างสมบูรณ์แล้วจะให้ก้อนยางจับตัวที่มีลักษณะร่วนเป็นผงหรือเป็นเม็ดๆ และถ้าน้ำยางอยู่ในสถานะคงรูปบ้างแต่ยังไม่สมบูรณ์ก็จะได้ก้อนยางจับตัวที่มีลักษณะก้ำกึ่งระหว่าง 2 ลักษณะที่กล่าวมา

6.2.2) ทดสอบการบวมของยาง (equilibrium swelling)

วิธีนี้จะทดสอบโดยการทำให้น้ำยางผสมที่ทำให้แห้งเป็นฟิล์มบางๆ แล้วแช่ในตัวทำละลายยาง เช่น เบนซีน (benzene), โทลูอีน (toluene) หรือน้ำมันเชื้อเพลิง น้ำยางที่มีการคงรูปอย่างสมบูรณ์จะบวมในตัวทำละลายน้อย ในทางตรงกันข้ามกับน้ำยางที่มีสถานะการคงรูปเพียงเล็กน้อยก็จะบวมมาก และกรณียางที่ไม่คงรูปเลยจะละลายในตัวทำละลาย อนึ่งวิธีนี้จะต้องใช้เวลาเพราะต้องเสียเวลาทำแผ่นฟิล์มแห้งและเสียเวลาในการสังเกตการบวมของแผ่นฟิล์มในตัวทำละลาย

6.2.3) ทดสอบโดยใช้เครื่องดึงยาง (tensile test)

โดยการทำแผ่นฟิล์มแห้งจากน้ำยางคงรูปแล้วนำไปทดสอบการดึงหรือยืดยางตามความยาวกำหนด (modulus) หรือดึงยางจนขาด (tensile strength) จากผลของค่าเหล่านี้จะประเมินหาระดับการคงรูปของยางได้ อย่างไรก็ตามการทดสอบโดยหาแรงที่ดึงออกยาว 100% ของความยาวเดิม นาน 1 นาที (หรือคือ MR 100) เป็นวิธีการที่ให้ผลในการตรวจสอบการคงรูปของยางที่น่าเชื่อถือมาก

6.2.4)ทดสอบโดยวิธี PRM (Prevulcanizate Relaxed Modulus)

วิธีนี้ MRPRA เป็นผู้กำหนดขึ้น โดยวิธีการนี้จะใช้พื้นฐานจากวิธีทดสอบ MR 100 แต่มีวิธีเตรียมขึ้นทดสอบภายในเวลาอันสั้น คือ ประมาณ 10 นาที ในขณะที่วิธีการทดสอบหา MR 100 ต้องใช้เวลาเตรียมขึ้นทดสอบประมาณ 24 ชั่วโมง

7) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พายัพ นามประเสริฐ (2534) [1] กล่าวว่า การเตรียมสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบนั้น เพื่อให้สามารถผสมกับสารเคมีต่าง ๆ เป็นเนื้อเดียวกันอย่างสม่ำเสมอ และไม่เกิดการแยกตัวในภายหลัง จะต้องเตรียมสารที่ไม่ละลายน้ำเป็นดิสเพอร์ชัน โดยนำ Sulfur ZnO สารเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ และ สารป้องกันการเสื่อมเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน มาเตรียมเป็นดิสเพอร์ชัน ใน ball mill หรือ attritor โดยใช้ condensation products ของ sodium salts ของ naphthalene sulphonic acids และมักใช้ร่วมกับ colloidal clay bentonite ในปริมาณที่เท่ากัน โดยในการเตรียมดิสเพอร์ชันนั้น ขนาดของสาร (particle size) ต้องเล็กกว่า 5 ไมครอน (micron) สารที่มีขนาดใหญ่จะทำให้ยุ่งยากต่อกระบวนการผลิต เนื่องจากของแข็งจะตกตะกอนในถังจุ่ม (dipping tank) และ อาจทำให้ผลิตภัณฑ์เสียหายได้

A.D.T.Gorton, T.D.Pendle (1981) [7] ได้ศึกษาการเตรียมดิสเพอร์ชัน โดยสารประกอบที่เติมในน้ำยางที่ไม่ละลายน้ำจะทำให้อยู่ในรูป ดิสเพอร์ชัน (dispersion) โดยให้มีขนาดของอนุภาคพอเหมาะกับน้ำยาง สารที่เตรียมเป็นดิสเพอร์ชันประกอบด้วย Sulfur และ สารเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ 2 ชนิดคือ Zinc dibutyldithiocarbamate และ Zinc 2-mercaptobenzothiazole ซึ่งทำให้มีขนาดอนุภาคเล็กลงโดยใช้ ball mill และ เครื่องบดย่อยสารอีกชนิดหนึ่งคือ attritor เปรียบเทียบกัน ในการเตรียมดิสเพอร์ชันแล้วบดย่อยให้มีขนาดเล็กโดยใช้เครื่อง ball mill และ attritor จะนำมาหาขนาดโดยใช้เครื่อง particular machine ถ้าทำการบดย่อยโดยใช้ attritor จะใช้เวลาในการบดย่อยน้อยกว่าที่ทำการบดย่อยโดยใช้ ball mill เพื่อให้ได้สารที่มีขนาดอนุภาคเท่ากัน โดยถ้าใช้ ball mill บดจะใช้เวลาดังนี้ Sulfur 78 ชั่วโมง, Zinc dibutyldithiocarbamate 48 ชั่วโมง, Zinc 2-mercaptobenzothiazole 48 ชั่วโมง และถ้าใช้ attritor บดจะใช้เวลาดังนี้ Sulfur 48 ชั่วโมง, Zinc dibutyldithiocarbamate 24 ชั่วโมง, Zinc 2-mercaptobenzothiazole 24 ชั่วโมง สรุปว่า attritor บดย่อยสารใช้เวลาน้อยกว่า เมื่อใช้ ball mill บดย่อย

A.D.T. Gorton, T.D. Pendle (1981) [8] ศึกษาการกระจายตัวของอนุภาคในน้ำยางโดยศึกษาผลของกระบวนการวัลคาไนซ์ และสมบัติของยางวัลคาไนซ์แล้ว โดยทำการเตรียม ดิสเพอร์ชัน ให้มีความเข้มข้น 50% และมีขนาดที่พอเหมาะ แล้วทำการ Prevulcanized เป็นเวลา 30 นาที ของการผสม โดยใช้ water bath เป็นเครื่องมือให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60°C โดยมีปริมาณ 60% น้ำยาง 166.7 part by weight และ 20% Potassium caprylate 1.3 part by weight และ 10% Potassium hydroxide solution 1.3 part by weight แล้วทำเป็นฟิล์มโดย casting บนแก้วและอบที่อุณหภูมิห้อง ใช้วิธี coagulant dipping 40 % calcium nitrate จากนั้นก็นำไปอบให้แห้งเป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 70°C เมื่อเสร็จสิ้นก็จะได้ฟิล์มยางที่จะนำมาศึกษาดังต่อไปนี้ ผลจากขนาดอนุภาคดิสเพอร์ชันของ Sulfur ขนาด 13.0, 1.8, 1.7, 1.5 μm โดยทำการอบที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 1-6 ชั่วโมง เปรียบเทียบสมบัติด้านการดึงยาง ทั้ง Prevulcanizate Relaxed Modulus (PRM) method, Tensile strength (TS), Relaxed modulus at 100% extension (MR100), Relaxed modulus at 300% extension (MR300) พบว่าขนาดอนุภาคที่แตกต่างกันจะให้ค่าต่างๆ ใกล้เคียงกัน และจะพบว่าถ้าใช้เวลาในการอบนานขึ้น คือ 5 และ 6 ชั่วโมง จะให้ค่าต่างๆ ดีกว่าที่เวลาในการอบน้อยๆ เพราะการ vulcanize เกิดได้ดี สำหรับอนุภาคดิสเพอร์ชันของ ZDEC ขนาด 3.1 และ 2.3 μm โดย อบที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 0-5 ชั่วโมง ก็ให้ผลทำนองเดียวกัน และยังได้ศึกษาผลจากขนาดอนุภาค ดิสเพอร์ชันของ Sulfur ขนาด 7.0, 5.2, 1.8, 1.4 μm แล้วเปรียบเทียบผลจากการทำ Prevulcanized ที่ 30 min/ 100°C และ Postvulcanized ที่ 10 min/ 120°C แล้วทำการวัดสมบัติต่างๆ คือ TS, MR100, MR300, EB พบว่าขนาดอนุภาคที่แตกต่างกันจะให้ค่าต่างๆ ใกล้เคียงกัน และนอกจากนี้ยังพบว่าการทำ Prevulcanized จะให้ค่าต่างๆ น้อยกว่า Postvulcanized เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ยางเกิดการวัลคาไนซ์ได้ดียิ่งขึ้น สำหรับอนุภาคดิสเพอร์ชันของ ZDEC ขนาด 1.8, 1.38, 1.15 μm ที่ทำการทดลองดังกล่าวก็ให้ผลในทำนองเดียวกัน นอกจากนี้ยังได้ศึกษาผลจากอนุภาคดิสเพอร์ชันของ antioxidant (Permanax WSP) ขนาด 4.9 และ 1.9 μm ที่มีต่ออายุการใช้งาน โดยทำการ heat aging หลังจากผ่านไป 7 วัน ที่ 70°C และหลังจากผ่านไป 14 วัน ที่ 70°C แล้ววัดสมบัติทางกายภาพคือ TS, MR300, EB พบว่าขนาดอนุภาค 1.9 μm จะให้ค่าต่างๆ ดีกว่า 4.9 μm และนอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน จะให้ค่าต่างๆ น้อยกว่าจากที่ผ่านไป 7 วัน เพราะยางเกิดการเสื่อมสภาพ นอกจากนี้ยังมีผลจากปริมาณของ antioxidant ที่เติมลงไป ปริมาณ 0, 0.5, 1.0, 1.5 parts phr ถ้าเติมในปริมาณที่มากขึ้นจะมีผลลดการเสื่อมสภาพของยางได้ดีกว่าเติมในปริมาณน้อยๆ

A.D.T.Gorton and T.D.Pendle. (1976) [9] ศึกษาเกี่ยวกับการใช้สารเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ในน้ำยางผสมสารเคมี โดยตัวแปรที่ใช้ศึกษาคือ สารเคมีที่ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ 2 ชนิด เปรียบเทียบกัน คือ 1) 50% Zinc diethyldithiocarbamate dispersion และ 2) 50% Zinc dibutyldithiocarbamate dispersion แล้วจากนั้นนำน้ำยางผสมสารเคมีนั้นมาขึ้นรูปเป็นฟิล์มยาง ศึกษาสมบัติต่างๆ ดังนี้ สมบัติด้านการดึงยาง โดยวัดจากค่า Pre Vulcanizate Relaxed Modulus (PRM) Method และค่า tensile Test โดยวัดในค่าของ Relaxed Modulus 100% extension (MR100) ทำการวัดที่ heat aging 60°C เป็นเวลา 1-6 ชั่วโมง พบว่า ถ้าใช้ 50% Zinc diethyldithiocarbamate dispersion จะให้ค่า PRM และ MR100 น้อยกว่าเมื่อใช้ 50% Zinc dibutyldithiocarbamate dispersion แสดงว่า 50% Zinc dibutyldithiocarbamate dispersion จะช่วยเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ได้ดีกว่า นอกจากนี้ทดสอบสมบัติการคงรูปของน้ำยางโดยใช้วิธี Chloroform test และ Equilibrium swelling สำหรับ Equilibrium swelling วัดในรูปของค่า Q คือ weight swell index โดย

$$Q = \frac{W_2 - W_1}{W_1}$$

เมื่อ W_1 = น้ำหนักเริ่มต้นของน้ำยาง

W_2 = น้ำหนักสุดท้ายของน้ำยาง

โดยอธิบายค่าได้ดังนี้

Unvulcanized rubber, $Q = > 15$

Lightly Vulcanized, $Q = 7-15$

Moderately Vulcanized, $Q = 5-7$

Fully Vulcanized, $Q = < 5$

พบว่า ถ้าใช้ 50% Zinc diethyldithiocarbamate dispersion เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ น้ำยางจะเกิดการเชื่อมโยงกันอย่างสมบูรณ์เมื่อ chloroform number มีค่าเป็น 4 ซึ่งจะใช้เวลาในการอบที่ 60°C ถึง 4 ชั่วโมงขึ้นไป อีกทั้งค่า Q ที่จะได้น้อยกว่า 5 ก็ต้องใช้เวลาถึง 5 ชั่วโมงขึ้นไป แต่ถ้าใช้ 50% Zinc dibutyldithiocarbamate dispersion จะได้ chloroform number เป็น 4 ที่ 2 ชั่วโมง และจะให้ค่า Q ที่น้อยกว่า 5 เมื่อใช้เวลาในการอบเพียง 1 ชั่วโมง ดังนั้น 50% Zinc dibutyldithiocarbamate dispersion สามารถช่วยเร่งให้ยางเกิดการวัลคาไนซ์ได้สมบูรณ์เร็วกว่าใช้ 50% Zinc diethyldithiocarbamate dispersion

Wong Niap Poh (1988) [10] ได้ศึกษาสารประกอบที่จะเติมในน้ำยางต้องเตรียมให้อยู่ในรูปดิสเพอร์ชันหรือ อิมัลชัน ก่อนของแข็งที่ไม่ละลายในน้ำเช่น Sulfur, ZnO และ Accelerators จะถูกเตรียมให้อยู่ในรูปดิสเพอร์ชันและสารพวกน้ำมันหรือของเหลวที่ไม่ละลายน้ำ จะต้องเตรียมให้อยู่ในรูปอิมัลชัน โดยในการเตรียมเป็นดิสเพอร์ชันหรืออิมัลชัน ต้องคำนึงถึงขนาด ให้มีขนาดใกล้เคียงกับน้ำยาง ระบบความคงตัวต้องเหมือนกับน้ำยาง และระดับความเป็นกรด-เบส (pH) ต้องเท่ากับของน้ำยางที่ใช้ หลังจากใช้ ball mill ทำการบดย่อยเพื่อให้มีขนาดใกล้เคียงกับขนาดน้ำยาง Sulfur ใช้เวลา 36-48 ชั่วโมง, ZnO ใช้เวลา 12-24 ชั่วโมง, Dithiocarbamate Accelerator ใช้เวลา 28-36 ชั่วโมง, Zinc Mercapto Benzothiazole ใช้เวลา 24-36 ชั่วโมง, Antioxidant ใช้เวลา 24-48 ชั่วโมง

Natural Rubber Technical Information Sheet L38 (1980) [11] วารสารฉบับนี้กล่าวถึงสารที่เป็นของแข็งเช่น Sulfur และ ZnO จะถูกเตรียมให้อยู่ในรูปดิสเพอร์ชันก่อน ที่จะเติมในน้ำยางเตรียมโดยใช้ ball mill หรือเทคนิคที่คล้ายกัน ขนาดของอนุภาคที่เตรียมได้ต้องมีความละเอียด (2-6 micron) นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วยสารช่วยในการกระจายตัว (dispersant) เช่น Vultamol เวลาที่ใช้ในการเตรียมเป็นดิสเพอร์ชันโดยใช้ ball mill เป็นดังนี้ Sulfur ใช้เวลา 36-48 ชั่วโมง, ZnO ใช้เวลา 12-24 ชั่วโมง, Dithiocarbamate Accelerator ใช้เวลา 28-36 ชั่วโมง, Zinc Mercapto Benzothiazole ใช้เวลา 24-36 ชั่วโมง

สมมุติฐานของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมดิสเพอร์ชันของสารเคมีในระบบวัลคาไนซ์ให้มีขนาดที่เหมาะสมในการนำไปใช้ในการผลิตถุงมือทางการแพทย์ โดยมีสมมุติฐานดังต่อไปนี้

1) ดิสเพอร์ชันของสารเคมีในระบบวัลคาไนซ์คือ Sulfur, ZnO(WS), ZDEC ที่มีขนาดแตกต่างกัน เมื่อนำมาผสมเป็นน้ำยางผสมสารเคมีเพื่อใช้ในการผลิตถุงมือยาง น่าจะมีผลต่อกระบวนการผลิตคือ น้ำยางเกิดการคงรูปได้เร็วเพียงพอ โดยดูเปรียบเทียบกับค่า Chloroform number และ %Swelling ว่าขนาดอนุภาคที่แตกต่างจะมีผลทำให้ Chloroform number และ %Swelling แตกต่างกันมากน้อยเพียงใด

2) ขนาดอนุภาคที่แตกต่างกันของดิสเพอร์ชันแต่ละชนิดมีผลต่อสมบัติด้านคุณภาพของถุงมือยางที่ผลิตออกมาแล้ว อย่างไร โดยดูเปรียบเทียบกับสมบัติทางกายภาพด้านการดึงยาง (Tensile Properties) เช่น ความต้านแรงดึง, ความเค้นดึงที่ความยืดร้อยละ 300 และ 500, ความยืดเมื่อขาด เป็นต้น และดูผลจากพื้นผิวของถุงมือยางโดยใช้เครื่อง Scanning electron microscope

3)การบ่มน้ำยางผสมสารเคมีที่มีขนาดอนุภาคที่แตกต่างกัน น่าจะมีผลทำให้ถุงมือยางมีสมบัติทางกายภาพด้านการดึงยาง (Tensile Properties) ที่แตกต่างกันออกไป เนื่องจากน้ำยางเมื่อนำมาผสมสารเคมีแล้วจะต้องบ่มทิ้งไว้ให้น้ำยางเกิดพันธะทางเคมีเชื่อมโยงกันมากขึ้นทุกวันจนน้ำยางเกิดการคงรูปอย่างสมบูรณ์ ดังนั้นถ้านำน้ำยางผสมสารเคมีสูตรต่างๆ ในแต่ละวันมาทำถุงมือยางแล้วก็น่าจะมีผลทำให้สมบัติทางกายภาพด้านการดึงยางแตกต่างกันออกไป