

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พืชที่ให้น้ำยาง

ในโลกนี้มีพืชที่ให้น้ำยางนับพันชนิด อยู่ในทวีปต่างๆ แต่น้ำยางจากพืชแต่ละชนิดมีสมบัติแตกต่างกัน บางอย่างก็ใช้ทำอะไรไม่ได้เลย ถ้าจำแนกทางสมบัติของเนื้อยางในแง่ความยืด และหยุ่นตัว สามารถจัดได้เป็น 2 พวกคือ พืชพวกที่ให้น้ำยางอย่างสมบูรณ์ และอีกพวกหนึ่งคือให้น้ำยางเหมือนกันแต่น้ำยางต่ำมากจนไม่อาจจะถือว่าเป็นยางอย่างสมบูรณ์เช่น ยางกัตตาเปอชา (Gutta percha คำว่า Gutta มาจาก Getah ภาษามลายูแปลว่ายาง) ยางเยลูดง และยางบาลาตา เป็นต้น ยางจากต้นพืชเหล่านี้มีความเหนียวอยู่บ้าง และมีแต่เพียงสูตรโมเลกุลเหมือนกันเท่านั้น แต่สมบัติของยางต่างกันมาก จะเอายางเยลูดงไปทำวัตถุสำเร็จรูปเช่น ยางรถยนต์ หรือรองเท้ายางอย่าง ยางต่างๆ ไปไม่ได้ แต่โดยที่มีปริมาณเรซินสูง จึงเหมาะที่จะใช้ทำหมากฝรั่งมากกว่า

ยางกัตตาเปอชา ได้มาจากต้นไม้ชื่อกัตตา (*Palaguium oblongifolium*) มีมากในอินโดนีเซีย ใช้ผลิตยางฉนวนหุ้มสายเคเบิลใต้น้ำ ยางเยลูดง มาจากต้นไม้ที่ให้น้ำยางหลายชนิดด้วยกัน เช่น ต้นตีนเป็ด หรือต้นพญาสัตบรรณ (*Alstonia scholaris*) เป็นต้นไม้สูงถึง 25 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางต้นไม้ประมาณ 2 เมตร มีทั่วไปในแหลมมลายู และในอินโดนีเซีย อีกชนิดหนึ่งเป็นที่มาของยางเยลูดงเหมือนกันคือ จากต้นตีนเป็ดแดง (*Dyera costulata*) มลายูเรียกว่า เยลูดง ต้นที่ใหญ่มากมีขนาดสูงถึง 45 เมตร และลำต้นโดยรอบวัดได้ถึง 7.5 เมตร ต้นที่ใหญ่มากๆ กิ่งใหญ่กิ่งแรกจะสูงจากพื้นดินถึง 30 – 50 ฟุต อีกชนิดหนึ่งคือ ยางบาลาตา เป็นยางที่มาจากต้นไม้ที่อยู่ในอเมริกาใต้ตอนเหนือชื่อ *Mimusops balata* ถ้าได้ยางมาจากต้น *Achras sapota* ในอเมริกากลาง ซึ่งมียางเหนียวกว่ายางบาลาตาจะเรียกกยางนั้นว่า ยาง chicle (ผู้ทำหมากฝรั่งขายเลยนำเอาชื่อนี้มาใช้เป็นชื่อหมากฝรั่ง Chiclets) ต้นไม้ที่ให้น้ำยางดังกล่าวนี้มีอีกมากมาย

ยางที่มีอยู่ในต้นไม้หลายอย่างเช่น ยางคัสทิลลา ยางพิคัส ยางวายุยูเล่ และยางฮีเวีย เป็นต้น ชาวพื้นเมืองรู้จักใช้ประโยชน์มานานแล้วเช่น ทำขูดปากแคบใส่ น้ำ ทำรองเท้า ทำผ้ากันฝน ทำลูกบอลสำหรับเล่นเกมต่างๆ ตั้งแต่ก่อนที่โคลัมบัสจะไปพบอเมริกาหลายร้อยปี ทางด้านเอเชียก็เช่นกันก็มีต้นยางอยู่หลายชนิดเช่น *Ficus elustica* (อินเดียนับเบอร์) และ *Ficus alba* เป็นต้น คงจะใช้น้ำยางเหล่านี้ทำประโยชน์อยู่ก่อนนานแล้วเช่นกัน เมื่อโคลัมบัสไปพบอเมริกาเห็น

ชาวพื้นเมืองคือ ชาวอินเดียนแดง และชาวมายันเล่นลูกบอลเป็นเกมสนุกอยู่แล้ว นับเป็นครั้งแรกที่ ชาวยุโรปเริ่มรู้จักยาง เมื่อชาวยุโรปรู้จัก และเห็นยางแล้วแต่ก็ยังไม่รู้จักวิธีที่จะนำเอาไปใช้ให้เป็น ประโยชน์ ต้องรอดต่อมาอีกหลายร้อยปีจึงค่อยรู้จักยางดีขึ้น และนำเอาไปใช้ทำประโยชน์ได้กว้าง ขวางขึ้น จนกลายเป็นปัจจัยสำคัญที่พัฒนาโลกให้ก้าวหน้ามาจนบัดนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ยางพารา *Hevea brasiliensis* มีบทบาทที่สำคัญอยู่มาก มากกว่าต้นยางชนิดใดๆ ทั้งหมด[2]

ต้นยางฮีเวียส่วนมากให้น้ำยางน้อย เว้นแต่ *Hevea brasiliensis* เท่านั้นที่ให้เนื้อยาง ปริมาณมากที่สุด และ *Hevea brasiliensis* ในแหล่งอื่นๆ เช่น ในเปรู หรือตอนเหนือแม่น้ำอะเมซอนขึ้นไปให้น้ำยางไม่มากเท่ากับที่แทปเปาจิออส ซึ่งเป็นที่เดียวกันกับที่เซอร์เฮนรีวิคแฮมได้เก็บ เอาเมล็ดมา ยางที่ได้จากต้นยางชนิดนี้ต่อมามีการซื้อขายกันมากที่เมืองท่าพารา ในลำนํ้าอะเมซอน ประเทศบราซิลจึงนิยมเรียกยางที่ได้จากต้น *Hevea brasiliensis* ว่า "ยางพารา" หรือ "Para rubber" ในปัจจุบันนี้ได้ปลูกต้นยางพาราเป็นไม้สวนกันมาก นับว่าเป็นต้นไม้ที่น่าสนใจอย่างยิ่ง[3]

2.2 น้ำยางสด

น้ำยางสด เป็นส่วนของไซโตพลาสซึมที่อยู่ภายในท่อน้ำยางของต้นยางพารา สามารถทำให้ไหลออกมาจากท่อน้ำยาง โดยวิธีการกรีด หรือเจาะ จะพบนิเวศลีสจำนวนมากติดอยู่ข้างๆ ท่อน้ำยาง แต่ไม่ค่อยพบปะปนอยู่ในส่วนของน้ำยางหลังกรีด เป็นไปได้ว่านิเวศลีสนี้มีส่วนสำคัญในการควบคุมกระบวนการสร้างน้ำยางขึ้นมา

สำหรับส่วนของไมโตคอนเดรีย สามารถตรวจพบปริมาณจำนวนมาก ติดอยู่ภายในส่วนของท่อน้ำยางที่ยังอ่อนอยู่ แต่จะมีปริมาณลดลงเมื่อท่อน้ำยางอายุมากขึ้น ในน้ำยางซึ่งกรีดได้จากต้นยางจะพบไมโตคอนเดรียปริมาณน้อยมาก

ส่วนของท่อน้ำยาง มีลักษณะเป็นท่อที่เกิดจากเซลล์ต่อกัน โดยตรงปลายของแต่ละเซลล์ จะทะลุถึงกัน และมีส่วนเชื่อมโยงถึงกันเป็นตาข่าย หากดูตามแนวตัดขวางของท่อน้ำยาง จะเห็นเป็นรูปค่อนข้างกลมเรียงอยู่รอบแกนของลำต้น แต่ถ้าดูตามแนวลำต้น จะพบท่อน้ำยางเรียงเป็นแนวยาวเชื่อมติดกันหลายๆ ท่อ ซึ่งท่อน้ำยางจากท่อหนึ่งสามารถไหลไปอีกท่อหนึ่งได้ และท่อน้ำยางจะไหลเวียนจากขวาไปซ้าย เมื่อท่อน้ำยางถูกตัดจากการกรีดยาง น้ำยางจึงไหลออกมาสู่ภายนอกเป็น น้ำยางสด

น้ำยางสดที่มาจากการกรีดจากต้นยางพารา มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวเหมือนน้ำนม มีสภาพเป็นคอลลอยด์ หรือสารแขวนลอย มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 0.975 ถึง 0.980 กรัมต่อมิลลิเมตร มีค่า pH ประมาณ 6.5 ถึง 7.0 ความหนืดของน้ำยางประมาณ 12-15 เซนติพอยส์ (น้ำบริสุทธิ์มีความหนืด 1 เซนติพอยส์) และอาจมีค่าแปรปรวน ขึ้นอยู่กับปริมาณของส่วนประกอบในน้ำยาง นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ อีกเช่น พันธุ์ยาง อายุยาง ฤดูกาลกรีดยาง เป็นต้น[4]

น้ำยาง มีลักษณะเป็นสารละลายคอลลอยด์ ชนิดไฮโดรโซล กล่าวคือเป็นสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย และมีอนุภาคยางลอยอยู่ แต่มีลักษณะพิเศษกว่าไฮโดรโซลทั่วไปคือ อนุภาคยางมีลักษณะทั้งชอบน้ำ (hydrophilic) กระจายได้ง่ายเมื่อมีน้ำเป็นตัวกลาง และไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) จึงไม่ยอมรวมกับน้ำ แต่ลักษณะไม่ชอบน้ำจะเด่นกว่า[5]

2.3 ส่วนประกอบของน้ำยาง

น้ำยางธรรมชาติ เป็นสารที่ไม่บริสุทธิ์ เมื่อกรีดจากต้นยาง มีปริมาณของเนื้อยางแห้งอยู่ระหว่างร้อยละ 25 ถึง 45 ความแตกต่างระหว่างปริมาณสารที่เป็นของแข็ง และสารที่เป็นเนื้อยางแห้งประมาณร้อยละ 3 (แต่เมื่อนำน้ำยางมาปั่นด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงแล้ว ความแตกต่างจะลดลงเหลือเพียงประมาณร้อยละ 1.5)

ส่วนประกอบต่างๆ ในน้ำยาง สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ[4]

1 ส่วนที่เป็นเนื้อยางร้อยละ	35
2 ส่วนที่ไม่ใช่ยางร้อยละ	65
2.1 ส่วนที่เป็นน้ำร้อยละ	55
2.2 ส่วนของลูทอยด์ และสารอื่นร้อยละ	10

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ[4]

ส่วนประกอบ	ร้อยละ
สารที่เป็นของแข็งทั้งหมด	27 – 48
เนื้อยางแห้ง	25 – 45
สารพวกโปรตีน	1 - 1.5
สารพวกเรซิน	1 - 1.25
ซีเถ้า	สูงถึง 1
น้ำตาล	1
น้ำ	ส่วนที่เหลือจนครบ 100

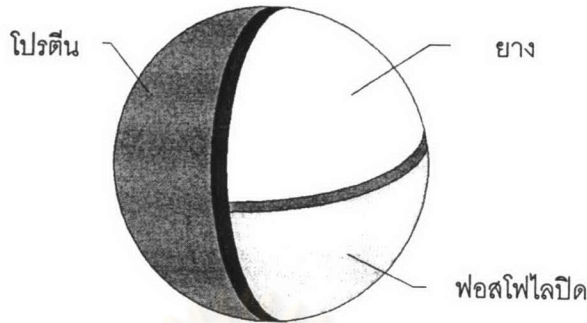
2.3.1 ส่วนของเนื้อยางแห้ง

เนื้อยางเป็นเม็ดเล็กๆ รูปร่างคล้ายลูกแพร์ เรียกว่า globules ประกอบด้วยสารไฮโดรคาร์บอนประมาณร้อยละ 92 และสารอย่างอื่นที่มีโซ่ยาวอีกร้อยละ 8 ปนอยู่ สารที่มีโซ่ยาวดังกล่าวนี้ได้แก่ โปรตีน ไขมัน กลีโกลิ แร่ เรซิน และเอ็นไซม์ สิ่งที่มีโซ่ยาวเหล่านี้แม้ว่าจะมีเพียงจำนวนเล็กน้อยแต่ก็มีอิทธิพลเป็นอย่างมากต่อการอบความร้อนให้คงรูป และต่อสมบัติอื่นๆ ของยางเป็นอย่างมาก[3] ทั้งนี้เนื่องจากสารเหล่านี้สามารถเป็นตัวเร่ง และตัวกระตุ้นอย่างอ่อนๆ สำหรับการคงรูปของยางได้[6]

2.3.1.1 อนุภาคยาง

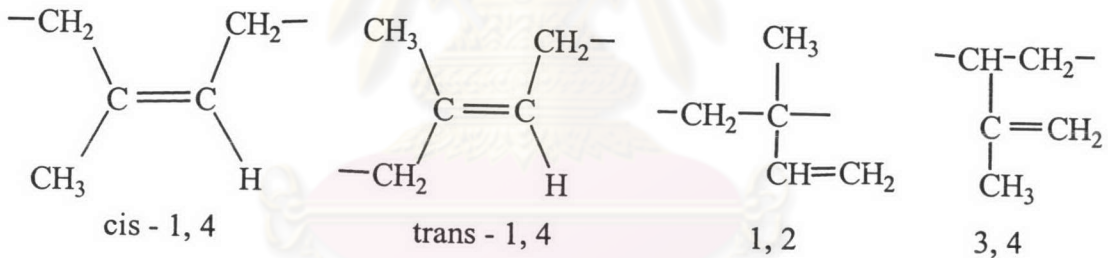
อนุภาคยางถูกห่อหุ้มด้วยสารจำพวกไขมัน และโปรตีน โดยโปรตีนนี้จะอยู่ชั้นนอก และอาจมีโลหะบางชนิดเช่น แมกนีเซียม โปแตสเซียม และทองแดงปะปนอยู่ปริมาณเล็กน้อยประมาณร้อยละ 0.5

โดยปกติอนุภาคยางจะแขวนลอยในน้ำ มีความหนาแน่นเท่ากับ 0.92 กรัมต่อมิลลิลิตร ลักษณะอนุภาคยางเป็นรูปค่อนข้างกลม มีขนาดอนุภาคแตกต่างกันมากคือ อยู่ระหว่าง 0.02 ถึง 2 ไมโครเมตร (200 - 20,000 อังสตรอม) อนุภาคยางส่วนใหญ่จะมีขนาดเกิน 0.4 ไมโครเมตร (4,000 อังสตรอม) มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยประมาณ 1.2 ไมโครเมตร เมื่อนำน้ำยางสดมาปั่นด้วยความเร็วสูง พบว่าอนุภาคยางที่มีขนาดใหญ่จะแยกตัวออกจากชั้นน้ำขึ้นมาอยู่ด้านบนซึ่งสามารถแยกออกได้เป็นน้ำยางข้น ส่วนอนุภาคยางที่มีขนาดเล็กจะปนอยู่กับหางน้ำยาง สามารถแยกออกโดย การทำให้จับตัวเป็นก้อนด้วยกรด[4]



รูปที่ 2.1 ลักษณะอนุภาคยางธรรมชาติ

ยางธรรมชาติมีชื่อทางเคมีว่า พอลิไอโซพรีน $((C_5H_8)_n)$ ซึ่งเป็นหน่วยของไอโซพรีนต่อกันแบบหัวต่อหาง ข้อที่น่าสังเกตอีกอย่างคือ พอลิไอโซพรีนสามารถเกิดเป็นไอโซเมอร์ได้ ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 สูตรโครงสร้างแบบต่างๆ ของพอลิไอโซพรีน

ในทางทฤษฎี โครงสร้างทั้งหมดนี้สามารถเกิดกับพอลิไอโซพรีนได้ สำหรับตัวเลข 1,2 หรือ 1,4 หรือ 3,4 หมายถึง ตำแหน่งของคาร์บอนในแต่ละหน่วยที่จะต่อกับหน่วยอื่นๆ เพื่อให้โมเลกุลมีขนาดใหญ่ขึ้น และกรณี 1,4-พอลิไอโซพรีน จะเกิดมี สเตอริโอไอโซเมอร์แบบอื่นได้อีก เนื่องจากความไม่สามารถหมุนรอบพันธะคู่ได้ทำให้อะตอม หรือหมู่ที่มาต่อ อาจอยู่ด้านใดด้านหนึ่งของพันธะคู่ก็ได้ โครงสร้างที่เป็น ซีส-1,4 อะตอมของคาร์บอนทั้งตำแหน่งที่ 1 และ 4 จะอยู่ด้านเดียวกันของพันธะคู่ ส่วนโครงสร้างที่เป็น ทราน-1,4 อะตอมของคาร์บอนทั้งสองจะอยู่ด้านตรงข้ามกัน

จากการศึกษาด้วยรังสีเอ็กซ์ พบว่ายางธรรมชาติประกอบด้วยสายโซ่โมเลกุลของพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างเกือบทั้งหมดเป็น ซีส-1,4 ดังนั้น ชื่อทางเคมีที่แท้จริงของยางธรรมชาติคือ

ซีส-1,4 พอลิไอโซพรีน และจากการค้นคว้าด้วยไออาร์ ก็ยืนยันว่า ยางธรรมชาติประกอบด้วย ซีส-1,4 พอลิไอโซพรีน ประมาณร้อยละ 97 และถ้าทุกโมเลกุลประกอบด้วยไอโซเมอร์เดียวกันหมด เรียกว่ามี "stereoregularity" โครงสร้างมีความสม่ำเสมอ เมื่อนำยางธรรมชาติไปดึงให้ยืดออกจะสามารถเกิดผลึก (crystallization) ได้ จึงทำให้ความทนแรงดึงของยางดิบ (gum tensile strength) มีค่าสูง

ยางธรรมชาติ เมื่อถูกทำให้คงรูปด้วยสารประกอบของกำมะถัน จะเกิดการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุล เนื่องจากมีพันธะคู่ที่ว่องไวต่อปฏิกิริยาอยู่ในโมเลกุล

ยางฮีเวีย มีโครงสร้างเป็น ซีส-1,4 พอลิไอโซพรีน ส่วนยางกัตตาเปอร์ชา หรือยางบาลาด้า จะมีโครงสร้างเป็น ทราน-1,4 พอลิไอโซพรีน (ต้นกัตตามีปลูกอยู่ในประเทศมาเลเซีย) ส่วนต้นบาลาด้า มีปลูกอยู่ตามชายฝั่งตะวันออกเฉียงเหนือของทวีปอเมริกาใต้ และประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งไม่ค่อยมีความสำคัญทางการค้าเพราะมีการนำไปใช้งานน้อย แต่เดิมใช้ทำจนวนุ่มสายเคเบิลใต้น้ำ แต่ปัจจุบันใช้หุ้มลูกกอล์ฟ และกาวพิเศษบางชนิดเท่านั้น ทั้งนี้เพราะน้ำยางแข็งตัวเร็วมากในอากาศ⁽⁴⁾

2.3.1.2 โปรตีน

รอบนอกของอนุภาคยางจะมีสารพวกโปรตีนที่ห่อหุ้มอยู่คิดเป็นร้อยละ 25 ของโปรตีนทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำยาง ส่วนที่เหลือประมาณร้อยละ 50 จะอยู่ในชั้นน้ำ และอีกร้อยละ 25 จะปะปนอยู่ในส่วนของสารลูทอยด์ โปรตีนส่วนที่อยู่ในน้ำยาง ส่วนใหญ่เป็นชนิด แอลฟาไกลูบูลิน และฮีวิน

ส่วนนอกสุดของอนุภาคยาง มีโปรตีนห่อหุ้มอยู่ประมาณร้อยละ 1 ของอนุภาคยาง ส่วนใหญ่เป็นโปรตีนชนิด แอลฟาไกลูบูลิน ซึ่งไม่ละลายในน้ำกลั่น แต่ละลายในกรด ต่าง และเกลือ มีค่าจุดไอโซอิเล็กทริกที่ pH 4.8 อนุภาคยางจะรวมตัวกันอย่างรวดเร็วที่ pH ของแอลฟาไกลูบูลินละลายได้น้อยที่สุด สำหรับโปรตีนที่ห่อหุ้มผิวรอบนอกของอนุภาคยางซึ่งเป็นพวกฮีวินสามารถละลายในน้ำได้ มีค่าจุดไอโซอิเล็กทริกที่ pH 4.5 จะป้องกันอนุภาคยางมารวมตัวกัน เมื่อมีการสูญเสียน้ำเช่น การเติมแอลกอฮอล์ หรือกรดอะซิติก อนุภาคยางจะเกิดการรวมตัวกันเป็นก้อน แยกออกจากส่วนของซีรัม โปรตีนบนผิวของอนุภาคยางนี้ มีส่วนประกอบของกำมะถัน (cystine disulphide linkage) อยู่ประมาณร้อยละ 5 ดังนั้นขณะที่น้ำยางเกิดการสูญเสียสภาพ จะเกิดการบุดเนา โดยโปรตีนส่วนนี้จะสลายตัวให้สารประกอบพวกไฮโดรเจนซัลไฟด์ และสารเมอร์แคปแทน ทำให้มีกลิ่นเหม็น[4]

2.3.1.3 ไขมัน

ไขมันซึ่งอยู่ระหว่างผิวของอนุภาคยาง และโปรตีน ส่วนใหญ่เป็นสารพวกฟอสโฟไลปิด ชนิดแอลฟาเลซิทีน เชื่อว่าทำหน้าที่ยึดโปรตีนให้เกาะอยู่บนผิวของอนุภาคยาง⁽³⁾

น้ำยางในสภาวะที่เป็นต่างเช่น มีแอมโมเนียอยู่ (ประมาณร้อยละ 0.6 ขึ้นไป) ฟอสโฟไลปิดจะถูกไฮโดรไลซ์ เป็นกรดไขมันที่มีโมเลกุลยาว ซึ่งจะรวมตัวกับแอมโมเนียกลายเป็นสบู่ ทำให้น้ำยางมีความเสถียรยิ่งขึ้น แต่กรณีที่มีแอมโมเนียปริมาณน้อย (ประมาณร้อยละ 0.2 ในน้ำยาง) การไฮโดรไลซิส จะเกิดขึ้นน้อย การเพิ่มความเสถียรของน้ำยางจึงจำเป็นต้องเพิ่มสบู่ หรือสารอื่นที่ช่วยในการเก็บรักษาน้ำยางเพิ่มลงไป

ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบของเนือยางแห้ง⁽³⁾

ส่วนประกอบ	ร้อยละ
เนือยางไฮโดรคาร์บอน	86
น้ำ กระจายอยู่ในเนือยาง	10
สารโปรตีน	1
สารพวกไขมัน	3

2.3.2 ส่วนที่ไม่ใช่ยาง

2.3.2.1 ส่วนที่เป็นน้ำ หรือซีรัม

ซีรัมของน้ำยาง มีความหนาแน่นประมาณ 1.02 กรัมต่อมิลลิลิตร ประกอบด้วยสารชนิดต่างๆ⁽³⁾ คือ

(1) คาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรตเป็นสารพวกแป้ง และน้ำตาลมีอยู่ในน้ำยางประมาณร้อยละ 1 น้ำตาลส่วนใหญ่เป็นชนิดคิวบราซิทอลมีน้ำตาลชนิด กลูโคส ซูโครส ฟรุคโตส ปริมาณเล็กน้อย น้ำตาลเหล่านี้จะถูกแบคทีเรียใช้เป็นอาหาร เกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายตัวให้กรดโมเลกุลที่มีเล็กๆ ทำให้น้ำยางเกิดการสูญเสียสภาพ และรวมตัวเป็นก้อน กรดเหล่านี้เป็นกรดที่ระเหยได้ง่าย จึงเรียกชื่อว่า VFA (volatile fatty acid) ประกอบด้วย กรดฟอร์มิก กรดอะซิติก และกรดไพพิโอนิก เป็นต้น ดังนั้น ค่ากรดไขมันระเหยได้จึงเป็นตัวเลขที่บ่งถึงความสามารถในการรักษาสภาพ

ของน้ำยาง โดยน้ำยางที่เก็บรักษาดีจะมีค่ากรดไขมันระเหยได้ต่ำประมาณ 0.01 ถึง 0.02 (ตามมาตรฐานสากลของน้ำยางชั้น กำหนดให้มีค่ากรดไขมันระเหยได้ไม่เกิน 0.2 หน่วย)

(2) ไพรติน และกรดอะมิโน

ไพรติน และกรดอะมิโนเป็นส่วนที่อยู่ในซีรัมของน้ำยาง มีค่าจุดไอโซอิเล็กทริกหลายค่า ไพรตินที่มีค่าจุดไอโซอิเล็กทริกสูงสามารถสลายตัวให้ประจุบวกได้ เป็นสาเหตุให้น้ำยางสูญเสียสภาพ ไพรตินที่พบมากในน้ำยางสด ส่วนใหญ่เป็นไพรตินประเภท อัลฟาไกลูโบลิน ซึ่งมีสมบัติว่องไวต่อปฏิกิริยาสูง

2.3.2.2 ส่วนของลูทอยด์ และสารอื่นๆ

(1) ลูทอยด์

ลูทอยด์ เป็นอนุภาคค่อนข้างกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.5 ถึง 3 ไมโครเมตร ห่อหุ้มด้วยเยื่อบางๆ ภายในเยื่อบางนี้ จะมีทั้งสารละลาย และสารที่แขวนลอย มีค่า pH 5.5 ส่วนใหญ่ประกอบด้วยไพรติน โดยมีไพรตินที่ละลายน้ำอยู่ประมาณร้อยละ 3 และมีส่วนของไพรตินที่ไม่ละลายน้ำอยู่ประมาณร้อยละ 2 นอกจากนี้ยังมีส่วนของสารพวกฟอสโฟลิปิดแขวนลอยอยู่ประมาณร้อยละ 0.5 และมีสารพวกพอลิฟีนอลออกซิเดส ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ยางมีสีเหลือง หรือสีคล้ำเมื่อสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ ลูทอยด์ห่อหุ้มด้วยเนื้อเยื่อชั้นเดียวสามารถเกิดการออสโมซิส ได้ง่าย ดังนั้นการเติมน้ำลงในน้ำยางสด จะทำให้ลูทอยด์บวม และแตกง่าย ขณะที่ลูทอยด์เกิดการพองตัวมีผลทำให้น้ำยางมีความหนืดเพิ่มขึ้น และเมื่อลูทอยด์แตกความหนืดก็จะลดลง

ในสภาพของอากาศร้อน อุณหภูมิสูงขึ้นมีผลทำให้ลูทอยด์แตกได้เช่นกัน โดยของเหลวภายในลูทอยด์จะขยายตัว และแตกออก เมื่อลูทอยด์แตก ของเหลวภายในซึ่งเป็นสารแขวนลอยที่มีประจุบวก และอิออนของโลหะเช่น แคลเซียมอิออน และแมกนีเซียมอิออน จะปะปนรวมกันอยู่ในซีรัม ทำให้อนุภาคยางเกิดการรวมตัวกัน ก่อให้เกิดการอุดตันของท่อน้ำยาง มีผลทำให้น้ำยางหยุดไหลหลังกรี๊ด ส่วนเนื้อเยื่อบางของลูทอยด์ที่แตกออก มีรูปร่างไม่แน่นอน จะเกิดจากการจับตัวกันเองเป็นก้อน ติดอยู่บนผิวนอกของอนุภาคยาง ทำให้ง่ายมีขนาดโตขึ้น และเกิดการเคลื่อนที่ได้ช้าลง เป็นสาเหตุหนึ่งทำให้น้ำยางเกิดการสูญเสียสภาพได้ หากเติมแอมโมเนียลงไปในน้ำยางสด จะพบว่าส่วนของลูทอยด์ และสารพวกโลหะแมกนีเซียมจะรวมตัวกับ

แอมโมเนีย เกิดการตกตะกอนเป็นตะกอนสีน้ำตาล และสีม่วง แยกตัวออกจากเนือยาง และเกาะรวมกันอยู่ด้านล่างสามารถแยกออกได้

(2) อนุภาคเฟรย์ - วิสลิ่ง (Frey wysling)

อนุภาคเฟรย์ - วิสลิ่ง เป็นสารไม่ใช่อะไรที่มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่ายาง แต่ความหนาแน่นน้อยกว่า มีรูปร่างค่อนข้างกลม มีผนังล้อมรอบสองชั้น มีปริมาณไม่มากนัก ประกอบด้วยสารเม็ดสีพวกคาร์บอนอยด์ ซึ่งทำให้ยางมีสีเหลืองเข้ม สามารถรวมตัวกับแอมโมเนีย และแยกตัวออกจากยางมาอยู่ในส่วนของซีรัม

หากนำน้ำยางสดมาปั่นด้วยความเร็วสูงประมาณ 20,000 รอบต่อนาที จะสามารถแยกน้ำยางออกได้ 4 ส่วน เรียงจากด้านบนถึงด้านล่างของภาชนะดังนี้

1. ส่วนของเนือยาง
2. อนุภาคเฟรย์ - วิสลิ่ง
3. ซีรัม
4. ตะกอนสีเหลือง หรือขาว ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารพวกลูทอยด์

ส่วนของเนือยางอยู่ด้านบนสุด มีลักษณะเป็นครีมสีขาว เป็นอนุภาคของยาง อาจมีของแข็งอื่นเช่น อนุมูลของโลหะอื่นเจือปนบ้างเล็กน้อย

ส่วนที่อยู่ติดกับเนือยางมีลักษณะเป็นอนุภาคเช่นเดียวกับยางแต่มีสีเหลือง เป็นอนุภาคของ เฟรย์ - วิสลิ่ง เวลาปั่นมักปนอยู่ในส่วนของซีรัม

ซีรัมจะมีสีใสปนเหลืองเป็นฟองง่าย ส่วนใหญ่ประกอบด้วย โปรตีน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม ทองแดง และแมกนีเซียม

ส่วนที่อยู่ชั้นล่างสุด เป็นตะกอนสีเหลือง น้ำตาลคล้ำ หรือสีขาว ส่วนใหญ่เป็นสารพวกโลหะหนักเช่น แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส และซีลีเนียม

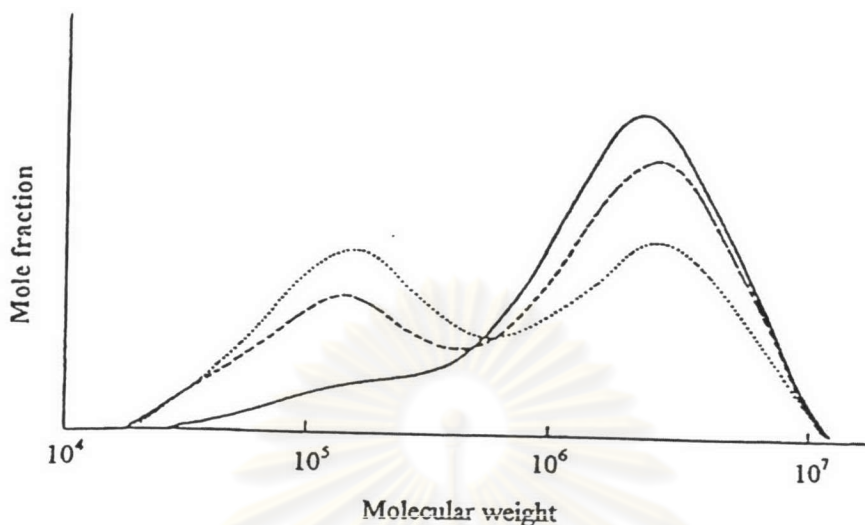
2.4 มวลโมเลกุลของยางธรรมชาติ

จากการศึกษาด้วย x-ray และ IR(Infrared Spectrophotometer) พบว่ายางพาราประกอบด้วย cis-1,4 polyisoprene ประมาณ 97% จึงมีความสม่ำเสมอของโครงสร้างค่อนข้างสูง[8] ยางธรรมชาติมีมวลโมเลกุลเฉลี่ย (average molecular weight, MW) ประมาณ 1.0 – 1.3 ล้านดาลตัน แต่มีการกระจายตัวของมวลโมเลกุลในช่วงกว้าง $10^4 - 10^7$ เมื่อวิเคราะห์โดยวิธี เจลเพอร์มีเอชันโครมาโทกราฟี (gel permeation chromatography, GPC) สาเหตุที่โมเลกุลยางธรรมชาติมีน้ำหนักโมเลกุลเป็นช่วงกว้างนี้มีสมมติฐานว่าเกิดจากการแตกสาขา (branching) และการเชื่อมข้าม (crosslinking) ระหว่างโมเลกุลของยาง ทำให้เกิดสถานะเจล (gel phase) สังเกตได้ว่าน้ำยางสดที่มีสารไม่ใช่น้ำยางเจือปนอยู่ด้วยเป็นปริมาณมากนั้นเมื่อละลายด้วยตัวทำละลายอินทรีย์จะละลายช้ามาก และเมื่อกรองผ่านกระดาษกรองแล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนเปรียบเทียบกับส่วนที่เหลืออยู่ที่กระดาษกรอง จะพบว่าส่วนที่ผ่านกระดาษกรองมีปริมาณไนโตรเจนต่ำกว่าส่วนที่เหลืออยู่ที่กระดาษกรองอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าโปรตีนที่ยึดเกาะกับโมเลกุลยางเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการเชื่อมข้ามและมีผลต่อโครงสร้างของโมเลกุลยาง

น้ำยางจากต้นยางพันธุ์เดียวกันจะมีลักษณะการกระจายตัวของมวลโมเลกุลคล้ายคลึงกัน เรียกได้ว่าเป็นลักษณะประจำพันธุ์ บางพันธุ์มีลักษณะเป็นพีคเดียว (unimodal distribution) ซึ่งจะเป็นยางพันธุ์ที่มีความหนืดสูงเช่น พันธุ์ PB 5/51 และ พันธุ์ PB 28/59 บางพันธุ์มีลักษณะเป็น 2 พีค (bimodal distribution) ซึ่งจะเป็นยางพันธุ์ที่มีความหนืดต่ำเช่นยางพันธุ์ RRIM 600 และ GT1 การกระจายตัวแบบ 2 พีคมีสองชนิดคือ ชนิดแรกคือพีคช่วงมวลโมเลกุลต่ำและพีคช่วงมวลโมเลกุลสูงมีความสูงใกล้เคียงกัน ชนิดที่สองคือคือพีคช่วงมวลโมเลกุลต่ำมีความสูงต่ำกว่าพีคช่วงมวลโมเลกุลสูง

ตารางที่ 2.3 มวลโมเลกุลเฉลี่ยโดยน้ำหนัก (Mw) มวลโมเลกุลเฉลี่ยโดยจำนวน (Mn) และชนิดของการกระจายตัวของมวลโมเลกุล[8]

พันธุ์ยาง	Mw x 10 ⁻⁶	Mn x 10 ⁻⁵	ชนิดของการกระจายตัวของมวลโมเลกุล
RRIM 600	1.93	2.58	2
PB 28/59	2.15	5.20	3
PB 5/51	2.18	5.21	3
GT1	1.85	2.65	2



รูปที่ 2.3 การกระจายตัวของมวลโมเลกุลยางธรรมชาติ วิเคราะห์โดย GPC[9]

- ชนิดที่ 1 (.....) แบบ 2 พีค ปริมาณยางมวลโมเลกุลต่ำและมวลโมเลกุลสูงใกล้เคียงกัน
 ชนิดที่ 2 (---) แบบ 2 พีค ปริมาณยางมวลโมเลกุลต่ำมีน้อยกว่ายางที่มีมวลโมเลกุลสูง
 ชนิดที่ 3 (----) แบบพีคเดียวมียางมวลโมเลกุลสูงเป็นองค์ประกอบหลัก

2.5 น้ำยางชั้น

น้ำยางสามารถนำไปแปรรูปเป็น ยางวัตถุดิบขั้นต้น (crude rubber) ได้หลายชนิด ขึ้นอยู่กับว่าจะต้องการนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายประเภทใด น้ำยางชั้นก็จัดว่าเป็นยางวัตถุดิบขั้นต้นชนิดหนึ่ง นอกจากน้ำยางชั้นแล้วยังมียางประเภทอื่นๆ อีกเช่น ยางแผ่น ยางแผ่นรมควัน ยางแผ่นผึ่งแห้ง ยางเครพ และยางแท่ง เป็นต้น

แต่ไม่ว่าการที่นำน้ำยางมาแปรรูปให้เป็นอะไรต่อไปก็ตาม จะต้องกรองน้ำยางเอาฝุ่นผง และสิ่งสกปรกออกเสียก่อน มิฉะนั้นสิ่งที่ได้จากการแปรรูปไปนั้นจะไม่อยู่ในมาตรฐาน แม้ว่าจะยังจำหน่ายได้ก็ตาม แต่เมื่อมีสิ่งสกปรกเจือปนแล้ว ย่อมถือกันว่าเป็นสินค้าชั้นเลว ราคาจะต่ำลง

น้ำยางชั้นหมายถึง น้ำยางที่ผ่านการไล่น้ำออกไปบางส่วนเพื่อให้มีเนื้อยางแห้งเพิ่มเป็นร้อยละ 60 ของน้ำหนักน้ำยางทั้งหมด ปัจจุบันความต้องการน้ำยางชั้นเพิ่มมากขึ้น จึงได้ปรับปรุง

วิธีผลิตน้ำยางข้นให้มีสมบัติที่ดีขึ้น ผลิตภัณฑ์ซึ่งใช้น้ำยางข้นเป็นวัตถุดิบได้แก่ ผลิตภัณฑ์แบบจุ่ม (dipping) แบบหล่อ (casting) แบบพ่น (spraying) แบบใช้แม่แบบ (molding) และแบบทา (spreading) เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากน้ำยางข้นได้แก่ ตุ๊กตาที่กลวง กาว สีทา ถุงมือ ลูกโป่ง ยางฟองน้ำ (latex foam rubber) และที่นอน เป็นต้น ดังนั้นการปรับปรุงสมบัติของน้ำยางข้นจึงมีความสำคัญมาก

น้ำยางสดจากสวน ไม่สามารถนำไปใช้งานในอุตสาหกรรมได้โดยตรง เนื่องจากมีปริมาณเนื้อยางต่ำ ดังนั้นจึงมีวิธีผลิตน้ำยางข้นเพื่อแยกส่วนที่ไม่ใช่ยางออกไปทำให้ร้อยละเนื้อยางสูงขึ้น และง่ายต่อการเก็บรักษา

การผลิตน้ำยางข้นในทางการค้าแบ่งออกเป็น 4 วิธีคือ

(1) วิธีทำให้เกิดครีม

น้ำยางธรรมชาติไม่ว่าอยู่ในสถานะสด (fresh latex) หรือสถานะที่มีการใส่สารเคมีรักษาสภาพน้ำยางแล้ว (preserve latex) ประกอบด้วยระบบของสารละลายคอลลอยด์แบบอิมัลชันของอนุภาคยางที่แขวนลอยอยู่ในตัวกลางที่เรียกว่าเซรุ่ม อนุภาคเล็กๆของยางที่แขวนลอยอยู่ในเซรุ่มแสดงการเคลื่อนไหวแบบ Brownian (เคลื่อนไหวในทุกทิศทุกทางอย่างไม่เป็นระเบียบ) และการเคลื่อนไหวของอนุภาคของยางในน้ำยางสดจะรวดเร็วกว่าน้ำยางที่ใส่สารเคมีรักษาสภาพ และเนื่องจากอนุภาคยางเบากว่าเซรุ่ม ดังนั้นอนุภาคยางเหล่านี้มีแนวโน้มลอยตัวสูงขึ้นบนผิวของน้ำยางได้ ดังนั้นการแยกตัวของอนุภาคยางเกิดเป็นลักษณะครีมอยู่ผิวหน้าน้ำยางจะรวดเร็วขึ้นถ้าอนุภาคยางมีขนาดใหญ่ขึ้น สามารถทำให้อนุภาคยางใหญ่ขึ้นได้โดยเติมสารพวกคอลลอยด์ที่ไปพอกหรือเคลือบอนุภาคยาง สารนี้จึงเรียกว่าเป็นตัวการทำให้เกิดครีม (creaming agent) ตัวอย่างของสารพวกนี้ได้แก่ sodium alginate, locust bean gum, gum Karaya, gum tragacanth เป็นต้น อนึ่งการผลิตน้ำยางข้นโดยวิธีทำให้เกิดครีมในปัจจุบันไม่เป็นที่นิยมผลิตกันเพราะยุ่งยากและสิ้นเปลืองเวลา แต่เป็นที่น่าสนใจเกี่ยวกับวิธีการนี้ คือสามารถทำให้น้ำยางข้นมีความบริสุทธิ์สูง และมีโปรตีนน้อยลงเมื่อผ่านกรรมวิธีการทำให้เกิดครีมซ้ำหลายๆครั้ง

(2) วิธีการระเหยน้ำ

น้ำยางสดจากสวนก่อนการทำให้ข้นโดยวิธีการระเหยน้ำจะต้องเติมสารที่ทำให้ยางคงตัว (stabilizers) เช่น potassium soap เสียก่อนการระเหยน้ำออกจากน้ำยางจะเกิดขึ้นภายในถัง หรือภาชนะที่หมุนได้รอบๆแกนตามแนวนอน และถังนี้ถูกให้ความร้อนรอบๆถัง โดยวิธีการระเหยน้ำจากน้ำยางจะทำให้ได้น้ำยางข้นซึ่งมีส่วนประกอบโดยประมาณคือ ส่วนของแข็งทั้ง

หมด 75% ปริมาณเนื้อยาง 60% caustic potash 1.5% และสารอื่นๆอีก 13.5% น้ำยางชั้นที่ได้จากวิธีนี้มีความคงสภาพเป็นน้ำยางดีมาก จึงเหมาะสำหรับการขนส่งทางไกลและเหมาะกับการนำไปผลิตวัตถุดิบสำเร็จรูปประเภทที่ต้องใส่พวกสารเพิ่ม (filler) จำนวนมาก ตัวอย่างเช่น การผลิตกาว (latex-cement) น้ำยางนี้เหมาะหรือใช้ได้ผลดีกรณีที่ต้องการนำไปทำกาวประเภทที่สารอื่นๆที่อยู่ในน้ำยางและคุณสมบัติคงตัวของน้ำยางเป็นข้อได้เปรียบกับการทำกาวนั้นๆ

(3) วิธีการแยกด้วยไฟฟ้า

จากการที่ในสถานะของน้ำยางสด อนุภาคของยางที่แขวนลอยในเซรุ่มต่างถูกห่อหุ้มด้วยอนุมูลคาร์บอกซิเลต (carboxylate ion) ที่มีประจุเป็นลบ ดังนั้นจึงสามารถที่จะอาศัยไฟฟ้าเข้ามาช่วยในการแยกส่วนของเนื้อยางจากส่วนของเซรุ่มได้ โดยวิธีการจุ่มขั้วไฟฟ้าที่เป็นบวก (anode) ลงในน้ำยางที่ได้เติมสารเคมีช่วยทำให้น้ำยางคงตัวไว้แล้ว อนุภาคยางซึ่งมีประจุเป็นลบจะค่อยๆเคลื่อนไปรวมอยู่ทางขั้วบวกและลอยตัวสูงขึ้นสู่ผิวหน้าของน้ำยางในที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากความหนาแน่นของอนุภาคยางต่ำกว่าความหนาแน่นของเซรุ่ม อย่างไรก็ตามวิธีการทำน้ำยางให้ชั้นโดยใช้ไฟฟ้านี้เป็นวิธีที่ยุ่งยากและไม่ประหยัดจึงไม่เป็นที่นิยมกัน

(4) วิธีการปั่น

เครื่องปั่นน้ำยางชั้นมีอยู่ด้วยกันหลายแบบ แต่แบบที่นิยมใช้กันคือแบบ de Laval หลักการสำคัญของเครื่องประกอบด้วยการปั่นแยกน้ำยางโดยอาศัยเครื่องปั่นความเร็วสูงประมาณ 6,000 รอบต่อนาทีและภายในของเครื่องประกอบด้วยชุดจานแยก (separator discs) วางซ้อนๆกันจำนวนหลายชั้น น้ำยางสดซึ่งใส่แอมโมเนียมาแล้วจะถูกป้อนเข้าเครื่องผ่านที่จ่ายน้ำยาง (distributor) ลงสู่กันถึงปั่น และจากนี้น้ำยางจะไหลผ่านชุดของจานแยกซึ่งมีรูให้น้ำยางไหลเข้าสู่ภายในของถังปั่น ด้วยการปั่นความเร็วสูงทำให้น้ำยางจะถูกแยกออกเป็นสองส่วน ส่วนหนึ่งเป็นส่วนของเนื้อยางจะไหลเข้าหาศูนย์กลางของเครื่องปั่นและลอยตัวไหลออกตามทางออกด้านบนสู่ถังเก็บน้ำยางชั้น อีกส่วนหนึ่งของน้ำยางที่ถูกแยกจะเป็นส่วนของหางน้ำยาง (skim latex) ไหลออกจากศูนย์กลางเครื่องปั่นสู่ทางออกของหางน้ำยางและลงสู่ที่เก็บหางน้ำยาง

ปกติน้ำยางชั้นที่ได้จากเครื่องปั่นจะมีความเข้มข้นประมาณร้อยละ 60 ของเนื้อยางแห้ง อีกทางหนึ่งเป็นน้ำที่มียางแห้งปนอยู่ราวร้อยละ 3-5 เครื่องปั่นน้ำยางขนาดเล็กๆสามารถผลิตน้ำยางชั้นได้วันละ 200-250 แกลลอน และเครื่องขนาดใหญ่อาจผลิตน้ำยางชั้นได้ถึงวันละ 450 แกลลอน และปกติการเดินเครื่องปั่นจะทำติดต่อกันได้อย่างมากเพียงครั้งละ 6 ชั่วโมงเพราะจำต้องหยุดเครื่องเพื่อทำความสะอาดเครื่องปั่น ล้างพวกตม (sludge) ที่ติดเครื่องปั่น

ส่วนประกอบของเครื่องหมุนเหวี่ยงจะสัมผัสกับน้ำยางโดยตรง จึงต้องมีความต้านทานการกัดกร่อนของแอมโมเนีย ควรทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม ไม่ควรใช้โลหะทองแดง ทองเหลือง ทองสัมฤทธิ์ และแมงกานีส เพราะมีผลทำให้น้ำยางเสื่อมคุณภาพเร็วขึ้น[5]

น้ำยางชั้นที่ใช้แอมโมเนียในการรักษาสภาพเพียงอย่างเดียว จะต้องใช้ปริมาณแอมโมเนียสูงถึง 0.7% น้ำยางชั้นชนิดนี้เรียกว่า "HA latex" (high ammonia latex) ส่วนน้ำยางที่ใช้แอมโมเนียเล็กน้อยประมาณ 0.2% ร่วมกับสารอื่น เช่น ZnO/TMTD (zinc oxide/tetramethylthiuram disulfide) 0.02% หรือกรดบอริก 0.2% หรือแซนโตไบรต์ (santobrite) 0.2% เรียกว่า "LA latex" (low ammonia latex)

ในด้านคุณภาพของน้ำยางชั้น ค่า volatile fatty acid (VFA) เป็นดัชนีสำคัญของคุณภาพเนื่องจากปริมาณ VFA ในน้ำยางชั้นมีสาเหตุมาจากแอมโมเนีย ทำให้เกิดการไฮโดรไลซิสของไขมัน ได้แก่ neutral lipids, glycolipids และ phospholipids ด้วย นอกจากนั้นในระหว่างการเก็บอาจมีจุลินทรีย์เข้าไปย่อยสลายสารไม่ใช่ยางที่เป็นอาหารโดยกระบวนการหมัก (fermentation) แล้วปลดปล่อยกรดอินทรีย์ทำให้น้ำยางเป็นกรดเพิ่มขึ้น จะมีผลให้อนุภาคยางจับตัวเป็นก้อนและสูญเสียสภาพได้ง่าย น้ำยางชั้นจะเกิดการบูดและมีกลิ่นเหม็นขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.4 ข้อกำหนดทางเทคนิคของน้ำยางชั้น 60% ตามมาตรฐาน ISO และชนิดดีพิเศษ (High Quality) [8]

คุณสมบัติ	ISO		น้ำยางชั้นชนิดดีพิเศษ	
	HA	LA	HA	LA
Total solid content (%) min.	61.5	61.5	61-61.5	61-61.5
Dry rubber content (%) min.	60.0	60.0	60-60.2	60-60.2
Non-rubber content (%) min.	2.0	2.0	1.3-1.5	1.3-1.5
ความเป็นต่าง (%NH) min.	0.6	0.29	0.7-0.73	0.22-0.26
Mechanical stability (sec) min.	650	650	1000-1600	1000-1600
Coagulum content (%)	0.05	0.05	0.002-0.005	0.002-0.005
Copper (mg/kg of tsv.) max.	8	8	0-3	0-3
Manganese (mg/kg of tsv.) max.	8	8	0-3	0-3
Sludge content (%) max.	0.1	0.1	0.01-0.05	0.01-0.05
Volatile fatty acid (VFA) max.	0.20	0.20	0.01-0.02	0.01-0.02
KOH number max.	1.0	1.0	0.4-0.6	0.4-0.6
สีดูด้วยตาเปล่า	ไม่มีสีฟ้า,เทา	ไม่มีสีฟ้า,เทา	ขาว	ขาว
กลิ่น	ไม่เหม็น	ไม่เหม็น	กลิ่นหอม	กลิ่นหอม
<u>การทดสอบเพิ่มเติม</u>				
Phosphate (mg/kg tsv.) max.	-	-	100	100
Specific gravity	-	-	0.94-0.95	0.94-0.95

HA : high ammonia latex

LA : low ammonia latex

2.6 การเก็บรักษาน้ำยาง

น้ำยางสดหลังจากการกรีดยางต้นยาง จะคงสภาพเป็นน้ำยางอยู่ได้ช่วงระยะเวลาหนึ่งไม่เกิน 6 ชั่วโมง ต่อจากนั้นน้ำยางจะเริ่มจับตัวเป็นเม็ดเล็กๆ คล้ายเม็ดพริก แล้วค่อยๆ หนืดขึ้น อนุภาคยางจะเริ่มจับตัวกันเป็นก้อนใหญ่ขึ้น จนกระทั่งน้ำยางเกิดการสูญเสียสภาพ โดยน้ำยางจะถูกแยกออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นเนื้อยาง และส่วนที่เป็นซีรัม ในเวลาต่อมา น้ำยางจะเริ่มเกิดการบูดเน่า และมีกลิ่นเหม็น

ปัจจัยสำคัญที่ทำให้ น้ำยางเกิดการสูญเสียสภาพคือ สภาพแวดล้อม อุณหภูมิ การเจริญเติบโตของแบคทีเรียในน้ำยาง ความเสถียรของน้ำยางแต่ละพันธุ์ซึ่งเกี่ยวข้องกับปริมาณธาตุโลหะอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำยาง และการแตกของสารลูทอยด์หลังการกรีดยาง ดังนั้นเพื่อป้องกันการสูญเสียสภาพของน้ำยาง ไม่ให้อนุภาคของเม็ดยางในน้ำยางเกิดการรวมตัวกันเองตามธรรมชาติ จึงใส่สารเคมีลงไปในน้ำยางเพื่อเก็บรักษาน้ำยาง[7]

2.6.1 สมบัติของสารเคมีที่ใช้ในการเก็บรักษาน้ำยาง

สารเคมีที่ใช้ในการเก็บรักษาน้ำยางควรมีสมบัติดังนี้

- (1) มีความสามารถ หรือยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ซึ่งมีอยู่ในน้ำยางอาจเรียกสารนี้ว่า สารฆ่าแบคทีเรีย
- (2) เป็นสารที่เพิ่มความเสถียรของอนุภาคยางให้อยู่ในสภาพของคอลลอยด์ได้ โดยการเพิ่มประจุระหว่างอนุภาคยาง และน้ำที่อยู่รอบๆ ผิวของอนุภาคยาง มีสภาพของประจุเป็นลบ มีฤทธิ์เป็นด่าง ดังนั้นสารเคมีที่ใช้ในการเก็บรักษาน้ำยางจึงควรมีฤทธิ์เป็นด่าง หรือเป็นพวกสารเสถียร
- (3) เป็นสารซึ่งสามารถทำให้อนุมูลของโลหะหนักไม่ว่องไวต่อปฏิกิริยา หรือเกิดการตกตะกอนเป็นเกลือที่ไม่ละลายน้ำเช่น อนุมูลของโลหะแคลเซียม หรือแมกนีเซียม เป็นต้น
- (4) มีความสามารถทำปฏิกิริยากับสารพวกคาร์โบไฮเดรต ซึ่งมีอยู่ในน้ำยาง ทำให้ไม่มีสารที่เป็นอาหารของแบคทีเรียเหลืออยู่
- (5) ไม่ทำให้คุณภาพของยางเช่น สีของยางเปลี่ยนแปลง
- (6) ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ กลิ่นไม่รุนแรงจนเกินไป สะดวก ปลอดภัยในการเก็บรักษา และขนส่ง
- (7) ราคาถูก

2.6.2 ชนิดของสารเคมีเก็บรักษาน้ำยาง

สารเคมีที่ใช้ในการเก็บรักษาน้ำยางสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท ตามระยะเวลาในการเก็บรักษา คือ

2.6.2.1 สารเคมีเก็บรักษาน้ำยางในระยะสั้น

การเก็บรักษาน้ำยางโดยวิธีนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรักษาน้ำยางให้คงสภาพในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ซึ่งอาจเป็นเวลาเพียง 2 - 3 วันเท่านั้น ก่อนที่จะนำน้ำยางนั้นมาแปรรูปเป็นยางแห้งหรือน้ำยางข้นต่อไป สารเคมีที่ใช้ในการเก็บรักษาน้ำยางนี้เรียกว่า สารป้องกันการจับตัว ได้แก่ แอมโมเนีย โซเดียมซัลไฟด์ โพร์มาลดีไฮด์ เป็นต้น

2.6.2.2 สารเคมีเก็บรักษาน้ำยางในระยะเวลานาน

สารเคมีชนิดนี้ส่วนใหญ่จะใช้เพื่อเก็บรักษาน้ำยางข้น ให้คงสภาพเป็นของเหลวไม่ให้เกิดการบูดเน่าหรือมีกลิ่นเหม็น น้ำยางอาจต้องถูกลำเลียงไประยะทางไกลๆ เช่น ส่งออกสู่ต่างประเทศ หรือน้ำยางที่เก็บไว้ในคลังเก็บสินค้าก่อนนำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์ สารเคมีที่ใช้ในการเก็บรักษาน้ำยางนี้เรียกว่า สารรักษาสภาพน้ำยาง ได้แก่ แอมโมเนีย และแอมโมเนียใช้ร่วมกับสารเคมีอื่น สารเคมีที่ใช้ร่วมกันนี้เรียกว่า สารรักษาสภาพน้ำยางทุติยภูมิ (secondary preservative) ได้แก่ ซิงค์ออกไซด์ กรดบอริก โซเดียมเพนตะทอลอโรฟิเนต เป็นต้น

2.6.3 สารเคมีเก็บรักษาน้ำยางสดเพื่อทำน้ำยางข้น

น้ำยางสดสำหรับทำน้ำยางข้นจำเป็นต้องมีวิธีการเก็บ และรวบรวมน้ำยางให้ดี ไม่ให้แบคทีเรียที่มีอยู่ในบรรยากาศหรือตามเปลือกของต้นยางเข้าไปในน้ำยาง การป้องกันน้ำยางสูญเสียสภาพโดยการใส่แอมโมเนียลงไปในน้ำยาง หรือการใช้แอมโมเนียร่วมกับสารเคมีอื่น

2.6.3.1 แอมโมเนีย

แอมโมเนียสำหรับเก็บรักษาน้ำยางสดเพื่อทำน้ำยางข้น จำเป็นต้องมีปริมาณสูงพอที่จะระงับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้ โดยใช้ปริมาณร้อยละ 0.1 ขึ้นไป หากใส่ต่ำกว่าร้อยละ 0.05 จะมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียสูงขึ้น และกรดไขมันระเหยได้ของน้ำยางสูงขึ้นด้วย คาดว่าเนื่องจากการเพิ่มแอมโมเนียปริมาณเพียงเล็กน้อย ทำให้น้ำยางธรรมชาติซึ่ง

ปกติมีค่า pH เท่ากับ 6.5 เพิ่มขึ้นจนมีค่า pH สูงประมาณ 8 มีผลทำให้น้ำยางอยู่ในสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

ในทางปฏิบัติจะใส่ปริมาณร้อยละ 0.3 – 0.5

การเพิ่มปริมาณของแอมโมเนียในน้ำยาง มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ทำให้ปริมาณกรดระเหยง่ายซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการสลายสารอาหารในน้ำยางโดยแบคทีเรียลดลง

โดยทั่วไปจะพบว่า เมื่อใช้ปริมาณแอมโมเนียเท่ากัน น้ำยางสดที่เก็บรวบรวมมาจากสวนยางขนาดใหญ่มีค่ากรดไขมันระเหยได้ต่ำกว่าน้ำยางที่เก็บรวบรวมมาจากสวนยางขนาดเล็ก เนื่องจากสวนยางขนาดใหญ่มีการสุกัาภิบาลของน้ำยางสดที่ดีกว่า

เมื่อทำน้ำยางสดเป็นน้ำยางข้นแล้ว จำเป็นต้องมีการเก็บรักษาน้ำยางโดยใช้แอมโมเนียในปริมาณสูงขึ้น เช่น

ใช้แอมโมเนียปริมาณร้อยละ 0.7 ของน้ำยาง เรียกว่าน้ำยางข้นนี้ว่า แอมโมเนียสูง (HA) หรือ

ใช้แอมโมเนียปริมาณร้อยละ 0.2 ของน้ำยางร่วมกับสารเคมีช่วยอื่น เรียกว่าน้ำยางข้นนี้ว่า แอมโมเนียต่ำ (LA)

2.6.3.2 แอมโมเนียร่วมกับสารเคมีอื่น

การใช้แอมโมเนียปริมาณต่ำร่วมกับสารเคมีอื่น ซึ่งเรียกรวมกันว่า สารรักษาสภาพน้ำยางทุติยภูมิ ได้แก่ ซิงค์ออกไซด์ โซเดียมเพนตะคลอโรฟิเนต กรดบอริก ซิงค์ไดอัลคิลไดไฮโอคาร์บาเมต (ZDC) เตตระเมทิลไทูเรมไดซัลไฟต์ (TMTD) เป็นต้น

(1) โซเดียมเพนตะคลอโรฟิเนต

สารนี้เรียกย่อๆ ว่า SPP เป็นสารที่ใช้ฆ่าแบคทีเรียได้ดี มีชื่อทางการค้าว่า santabrite ของบริษัท มอนซันโต

SPP เป็นที่รู้จักใช้ในการเก็บรักษาน้ำยางมานานตั้งแต่ปี พ.ศ. 2481 และเริ่มมีการจำหน่ายใช้ในทางการค้าในปี พ.ศ. 2504 สามารถป้องกันการจับตัวของน้ำยางได้ดี โดยใช้ร่วมกับแอมโมเนีย

น้ำยางข้นที่เก็บรักษาด้วยสารเคมีชนิดนี้ มีชื่อเรียกว่า LA – SPP

การเก็บรักษาน้ำยางข้นด้วยแอมโมเนียร่วมกับ SPP นั้น สามารถเก็บรักษาน้ำยางได้นาน น้ำยางมีความเสถียรสูง จนอาจมีปัญหาในการนำน้ำยางนี้มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์

ภัณฑ์ทำให้ยางมีสีคล้ำ นอกจากนั้นสารเคมี SPP ยังเป็นอันตรายต่อการนำมาทำผลิตภัณฑ์ประเภทอาหาร และยาด้วย จึงไม่นิยมใช้ในปัจจุบัน

(2) กรดบอริก

กรดบอริกใช้เป็นสารเก็บรักษาน้ำยางมานานตั้งแต่ปี พ.ศ. 2499 ใช้ร่วมกับแอมโมเนียในการเก็บรักษาน้ำยางชั้น โดยเติมกรดลอริกลงไปใต้น้ำยางด้วยเพื่อให้ยางมีความเสถียรขึ้น

น้ำยางชั้นที่เก็บรักษาโดยใช้สารเคมีนี้จะได้อย่างแผ่นสีจาง สวย แต่มีข้อเสียคือ ความเสถียรของน้ำยางต่อซิงค์ออกไซด์จะต่ำ ทำให้เมื่อน้ำยางนี้ไปทำเป็นผลิตภัณฑ์แล้วจะคงรูปช้าเพราะว่า ความเป็นกรดใต้น้ำยางทำให้การคงรูปช้า

น้ำยางที่เก็บรักษาด้วยสารเคมีนี้เรียกว่า LA – BA

(3) ซิงค์ไดออคไซด์ไฮดรอกไซด์ (ZDC)

สารเคมีนี้เป็นที่รู้จักใช้ในการเก็บรักษาน้ำยางมานานตั้งแต่ปี พ.ศ. 2491 และมีการผลิตขึ้นเพื่อใช้ในการค้าในปี พ.ศ. 2497 ใช้เก็บรักษาน้ำยางชั้นร่วมกับแอมโมเนียปริมาณต่ำ และใส่กรดลอริกลงไปเพื่อทำให้ความเสถียรของน้ำยางเพิ่มขึ้น

น้ำยางที่เก็บรักษาโดยใช้สารเคมีนี้มีความเสถียรต่ำ ไม่สามารถเก็บได้นาน (ยกเว้นหากใส่กรดลอริกลงไปมาก)

น้ำยางที่เก็บรักษาน้ำยางด้วยสารเคมีนี้เรียกว่า LA – ZDC

(4) ซิงค์ออกไซด์

ซิงค์ออกไซด์มีการค้นคว้าเพื่อใช้ในการเก็บรักษาน้ำยางมานานแล้วตั้งแต่ปี พ.ศ. 2508 เนื่องจากพบว่าการใช้แอมโมเนียปริมาณต่ำเพียงอย่างเดียวไม่สามารถควบคุมให้มีกรดไขมันระเหยได้คงที่ในระดับต่ำได้ จำเป็นต้องใส่สารเคมีอื่นร่วมด้วย

(5) ซิงค์ออกไซด์ร่วมกับเตตระเมทิลไทยูเรมไดซัลไฟด์

สารเคมีนี้เริ่มมีการค้นคว้าเพื่อใช้ในการเก็บรักษายางมานาน ตั้งแต่ก่อนปี พ.ศ. 2518 โดยใช้ร่วมกับแอมโมเนีย

การเก็บรักษาน้ำยางข้นโดยใช้สารเคมีทั้ง 3 ชนิดนี้ สามารถเพิ่มเวลาการเก็บรักษาให้นานขึ้นโดยปริมาณของซิงค์ออกไซด์ และเตตระเมทิลไทยูแรมไดซัลไฟด์ ปริมาณสูงขึ้นเล็กน้อยเช่น

ใช้ปริมาณของแอมโมเนียร้อยละ 0.2 ร่วมกับซิงค์ออกไซด์ร้อยละ 0.05 และเตตระเมทิลไทยูแรมร้อยละ 0.05 และจะต้องใส่กรดลอริกลงไปด้วยอีกร้อยละ 0.04 เพื่อให้ความเสถียรของน้ำยางสูงขึ้น

น้ำยางข้นที่เก็บรักษาโดยใช้สารเคมีนี้ มีชื่อเรียกว่า LA – TZ

สารใช้ TMTD และซิงค์ออกไซด์ ร่วมกับแอมโมเนียเพื่อเก็บรักษาน้ำยางสดจะต้องมีความระมัดระวัง ในการใช้ เนื่องจากสาร TMTD และซิงค์ออกไซด์เป็นสารที่ทำให้โมเลกุลของยางเกิดพันธะทางเคมีได้ โดยหากใส่ปริมาณสูงเพียงพอจะทำให้ยางเกิดการจับตัวเป็นก้อนเม็ดเล็กๆ กระจายอยู่ทั่วไปในน้ำยางที่อุณหภูมิสูง

2.7 สารเคมีผสมน้ำยาง

สารเคมีที่ใช้กับน้ำยาง และผลิตภัณฑ์น้ำยางมีหลายชนิดซึ่งใช้ในหน้าที่ต่างๆ กัน ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะสารเคมีที่จำเป็นในการทดลอง และสารเคมีที่เกี่ยวข้องเท่านั้น ซึ่งพอจะแบ่งเป็นข้อได้ดังนี้⁽⁷⁾ คือ

2.7.1 สารคงรูป หรือตัวกระทำคงรูป

(1) กำมะถัน (sulphur)

สารตัวแรกที่สำคัญในการทำผลิตภัณฑ์ยางคือ กำมะถัน ซึ่งใช้เป็นตัวกระทำคงรูป การทำยางคงรูป หรือวัลคาไนซ์หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสมบัติของยางจากการมีสมบัติของสภาพพลาสติกสูงไปเป็นยางที่มีสมบัติสภาพยืดหยุ่นสูงขึ้น ด้วยการเชื่อมต่อของโมเลกุลยางเป็นลักษณะ 3 มิติ ด้วยสารเคมีที่เหมาะสม

ปกติโมเลกุลของยางจะมีลักษณะเป็นสายตรง ไม่มีกิ่ง มีสมบัติเปลี่ยนแปลงได้ง่ายตามอุณหภูมิและแรงกระทำจึงไม่เหมาะในการนำไปประยุกต์ใช้ เมื่อผ่านการคงรูปแล้วจะทำให้โมเลกุลของมันเชื่อมติดกันเป็นร่างแหใน 3 มิติ ทำให้มันเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ยากมีสมบัติยึด

หยุ่นเพิ่มขึ้นคือ เมื่อยืดออกด้วยแรงมันจะยืดตามแรงกระทำแต่เมื่อหยุดแรง (ปล่อย) มันจะกลับสู่สภาพเดิมของมัน ซึ่งเป็นลักษณะเด่นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้มากมาย

ลักษณะการเชื่อมโยงของโมเลกุลจะเป็นพันธะ C - C หรือพันธะ C - S - C ก็ได้ขึ้นอยู่กับสารเคมีที่ใช้ และอาจจะเชื่อมโยงกันระหว่างโมเลกุล หรือภายในโมเลกุลเดียวกัน ดังรูปที่ 2.4



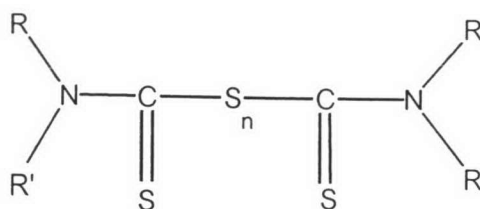
รูปที่ 2.4 การเชื่อมโยงกันระหว่างโมเลกุล และภายในโมเลกุลเดียวกัน

กำมะถันเป็นสารเคมีคงรูปที่ใช้ได้ทั้งกับยางธรรมชาติ และยางสังเคราะห์เช่น พอลิไอโซพรีน สไตรีนบิวทอะไดอิน ปริมาณที่ใช้ในน้ำยางประมาณ 0.5 - 2 ส่วน ต่อเนื้อยางแห้ง 100 ส่วน (phr, part per hundred rubber) กำมะถันที่ใช้ในน้ำยางจะเป็นกำมะถันบดละเอียดมาก หรือใช้ในรูป กำมะถันคอลลอยด์

ในสภาพคอลลอยด์โมเลกุลของกำมะถันมีขนาดเล็กและกระจายตัวสม่ำเสมอ แต่กำมะถันเป็นสารเคมีที่ทำให้เป็นคอลลอยด์ได้ยาก ในปี 1961 มีการค้นพบสารเคมีที่ได้จากการเผากำมะถัน กับเอทานอลอะมีน ได้สารเคมีที่ละลายน้ำได้สามารถใช้แทนกำมะถันได้ดี การเผากำมะถันกับเอทานอลอะมีนที่ 100 องศาเซลเซียส จะให้สารละลายที่มีกำมะถันกระจายตัวอยู่ประมาณร้อยละ 7-9 อนุมูลพอลิซัลไฟด์ และสารละลายเกลือของซิงค์อะมีน พบว่าสารละลายเกลือของซิงค์อะมีนเหมาะสมจะเป็นสารกระตุ้นปฏิกิริยาแทนซิงค์ออกไซด์เพราะมีอัตราการกระตุ้นปฏิกิริยาเท่ากันแต่สารละลายเกลือของซิงค์อะมีนช่วยรักษาสภาพน้ำยางได้

(2) ไทยูแรมพอลิซัลไฟด์

ไทยูแรมพอลิซัลไฟด์ เป็นสารที่มีโครงสร้างโมเลกุลดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 โครงสร้างโมเลกุลของไทยูแรมพอลิซัลไฟด์

อาจใช้เป็นสารคงรูปโดยไม่ต้องใช้กำมะถันก็ได้ วิธีนี้ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีสมบัติต้านทานต่อการเสื่อมสภาพเนื่องจากความร้อน หรือในกรณีที่ต้องการป้องกันการเสื่อมสภาพเนื่องจากทองแดง (copper catalysed oxidation)

การใช้ไทยูแรมพอลิซัลไฟด์ และซิงค์ออกไซด์เป็นการทำยางคงรูปโดยไม่ต้องใช้กำมะถันมักจะใช้เฉพาะในกรณีอุณหภูมิสูงถึง 140 องศาเซลเซียส เท่านั้น ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าขนาด 100 องศาเซลเซียส จะให้ปฏิกิริยาช้ามากจนไม่เป็นที่น่าสนใจ ยกเว้นในกรณีใช้ ไทโอยูเรีย ช่วยกระตุ้น ปฏิกิริยาของการคงรูปของน้ำยางเร็วขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพที่ 100 องศาเซลเซียส

สมบัติการต้านทานต่อการเสื่อมสภาพเนื่องจากความร้อน และการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากยางที่ทำให้คงรูปด้วยสารเคมีไทยูแรมที่มีไทโอยูเรีย เป็นสารกระตุ้นปฏิกิริยายังคงให้สมบัติการต้านทานต่อการเสื่อมสภาพเนื่องจากความร้อน และการเก็บ แล้วยังมีข้อดียิ่งขึ้น เมื่อใช้ป้องกันการเสื่อมสภาพ หรือเติมสารพวกไดโรโอคาร์บาเมตด้วย และยางที่ได้ยังคงสภาพการป้องกันการถูกออกซิไดส์ด้วยทองแดง

นอกจากนี้ยังมีสาร บิวทิลแซนโทโรเจนไดซัลไฟด์ ที่ใช้ร่วมกับ ไดโรโอคาร์บาเมตในการทำยางคงรูปที่โดยไม่ต้องใช้กำมะถัน

(3) สารอื่นๆ

นอกจากทั้งสองกลุ่มที่กล่าวมาแล้วยังมีสารอื่นๆ ที่ทำให้ยางคงรูปเช่น เปอร์ออกไซด์ ชนิดที่เป็นอินทรีย์สาร และไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ซึ่งจะไม่กล่าวในที่นี้

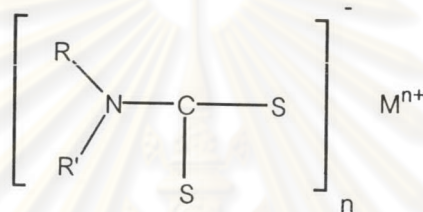
2.7.2 สารเร่งปฏิกิริยาของยาง (accelerator)

การทำยางให้คงรูปโดยใช้กำมะถันเพียงตัวเดียวพบว่าต้องใช้ปริมาณของกำมะถันสูง และลดประสิทธิภาพของการเกิดปฏิกิริยา ดังนั้นจึงได้ใช้สารเคมีช่วยเร่งปฏิกิริยาของการคงรูป สารเคมีที่เร่งปฏิกิริยาการทำยางคงรูปมีหลายชนิดด้วยกัน ในที่นี้จะอธิบายตามกลุ่มของสารเคมีบางกลุ่มที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ยางแบบจุ่มเท่านั้น

(1) ไดโรโकार์บาเมต

ไดโรโकार์บาเมตเป็นสารเคมีที่มีโครงสร้างดังรูปที่ 2.6 สารเคมีในกลุ่มนี้มีหลายตัวด้วยกัน แต่ที่นิยมใช้กันกับน้ำยางอย่างกว้างขวางมีซิงค์ไดเอทิลไดโรโकार์บาเมต (ZDEC) และซิงค์ไดบิวทิลไดโรโकार์บาเมต (ZBDC)

ข้อเสียของกลุ่มนี้คือว่าในสารนี้มีซิงค์อยู่ ดังนั้นสารนี้จึงทำให้น้ำยางหนืดขึ้นได้ในกรณีของเกลือของโซเดียมเช่น NaBDC มีสมบัติทำให้ยางคงรูปที่อุณหภูมิต่ำ และคงรูปเร็วเช่นการทำยางคงรูปในอุณหภูมิห้อง



รูปที่ 2.6 โครงสร้างโมเลกุลสารกลุ่มไดโรโकार์บาเมต

สัดส่วนการใช้สารไดโรโकार์บาเมต ต่อเนื้อยางแห้ง 100 ส่วน

ซิงค์ออกไซด์	0.5 ถึง 5.0
กำมะถัน	1.0 ถึง 1.5
ไดโรโकार์บาเมต	0.5 ถึง 1.5

ปริมาณการเพิ่มของสารหนึ่งสารใด จะเพิ่มอัตรา และสถานะในการคงรูปยาง แต่ไม่มีผลต่อความทนแรงดึงของยางมากนัก ในน้ำยางที่ใช้สารไดโรโकार์บาเมต เป็นสารเร่งปฏิกิริยาอาจไม่ต้องใช้ซิงค์ออกไซด์ก็ได้ แต่ถ้าใช้ซิงค์ออกไซด์ช่วยกระตุ้นปฏิกิริยาจะทำให้ยางมีค่าความทนแรงดึง ความสามารถยืดได้เพิ่มขึ้น และยังให้ผลไม่ทำให้แรงดึงจนขาดลดลงอันเกิดจากการใช้เวลาทำยางคงรูปมากเกินไป (over vulcanized) อีกด้วย ปริมาณของซิงค์ออกไซด์ทำให้น้ำยางหนืดขึ้น ดังนั้นเพื่อลดความหนืดของน้ำยางอาจใช้ซิงค์สเตียเรตหรือ ซิงค์คาร์บอเนตแทนซิงค์ออกไซด์ แต่การเตรียมซิงค์สเตียเรต หรือ ซิงค์คาร์บอเนต กระจายในน้ำทำได้ยากกว่าซิงค์ออกไซด์ ซิงค์คาร์บอเนตที่มีอนุภาคเล็กยังให้น้ำยางที่ได้มีลักษณะโปร่งใสดีกว่าซิงค์ออกไซด์ธรรมดา

ปัญหาอีกข้อหนึ่งของสารไดไฮโอคาร์บาเมตคือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มักจะมีตำหนิอันเนื่องมาจากสารทองแดงได้ง่าย แม้ว่าในน้ำยางจะมีทองแดงเพียงเล็กน้อยก็ตาม จะทำให้ผลิตภัณฑ์เป็นสีน้ำตาลได้ แม้แต่แผ่นยางที่ยังไม่แห้ง เมื่อถูกกับทองแดงจะทำให้เปลี่ยนสีได้เช่นกัน

สารเคมีที่นิยมใช้มากมี 2 ชนิดคือ

ZDC เป็นสารสีขาวไม่มีกลิ่นไม่ละลายน้ำ เป็นสารเร่งปฏิกิริยาที่เร็วมาก (ultra fast accelerator) ในอุณหภูมิที่ใช้ 120 – 135 องศาเซลเซียส เร่งปฏิกิริยาด้วยไทอะโซล และซิงค์ออกไซด์ แม้จะไม่มีซิงค์ออกไซด์ก็ทำให้ยางคงรูปได้ แต่ถ้ามีซิงค์ออกไซด์จะให้สมบัติทางกายภาพที่ดีกว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสมบัติด้านทานต่อการเสื่อมสภาพเนื่องจากการเก็บได้ดี สีไม่ตก ไม่เปลี่ยนสีของยาง

ปริมาณการใช้ร้อยละ 0.5 – 0.75 ร่วมกับกำมะถันร้อยละ 0.25 – 1 ถ้าใช้ร่วมกับสารเร่งตัวที่ 2 เช่น กลุ่มไทอะโซลร้อยละ 0 – 0.5

ZBDC เป็นผงสีเหลืองอ่อนไม่ละลายน้ำ ให้สมบัติการคงรูปของยางที่ช้ากว่า และปลอดภัยกว่า ZDC อุณหภูมิคงรูปที่ 95 – 110 องศาเซลเซียส ต้องใช้ซิงค์ออกไซด์ และกำมะถันเช่นเดียวกับ ZDC อาจไม่ใช้ซิงค์ออกไซด์ แต่ถ้าจะใช้สมบัติจะดีกว่า และสามารถเร่งปฏิกิริยาด้วยกลุ่มไทอะโซล

ปริมาณการใช้ร้อยละ 0.5 – 1.5 ในกำมะถันร้อยละ 0.25 – 1 อาจใช้ร่วมกับไทอะโซลร้อยละ 1 – 1.5

(2) ไทอะโซล

สารในกลุ่มไทอะโซลนี้มักจะใช้เป็นสารเร่งปฏิกิริยาควบคู่ร่วมกับสารปฏิกิริยาตัวอื่นๆ เช่น ร่วมกับไดไฮโอคาร์บาเมต ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีโมดูลัสดีขึ้น สารในตระกูลนี้ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมน้ำยางชั้นได้แก่ ซิงค์เมอร์แคปโตเบนซิทไทอะโซล (ZMBT) มักใช้ควบคู่กับ ZDC ในปริมาณ ZDC 1 ส่วน ต่อ ZMBT 0.25 – 0.5 ส่วน ในเนื้อยาง 100 ส่วนโดยน้ำหนัก ผลของการใช้ ZMBT ร่วมกับ ZDC ทำให้สมบัติโมดูลัสของยางดีขึ้น แต่เวลาที่ใช้ในการคงรูปยังคงเท่าเดิม ความทนแรงดึงของยางที่ได้ของ ZDC เพียงอย่างเดียวจะไม่ค่อยมีผลต่อสมบัติความทนแรงดึงของยาง แม้ว่าจะอบยางให้คงรูปนานเกินไป (over cure) กรณีของการใช้ ZMBT ร่วมกับ ZDC ในอัตรา 0.25 ต่อ 0.75 ก็ให้สมบัติการคงรูปเช่นเดียวกัน

ในกรณีที่ใช้ ZMBT ต่อ ZDC ในอัตราส่วน 0.5 ต่อ 0.5 ทำให้ค่าแรงดึงสูงมากกว่า ZDC อย่างเดียวมากที่จุดคงรูปพอดี แต่เมื่อยางถูกคงรูปมากขึ้นจะมีค่าตกลงมามาก

ส่วนค่าโมดูลัสที่ใช้ ZDC อย่างเดียว 1 ส่วน ต่อเนื้ออย่างแห้ง 100 ส่วน จะให้ผลโมดูลัสต่ำกว่าที่ใช้ควบคู่กับ ZMBT มาก

ลักษณะของสาร ZMBT เป็นผงสีขาว ไม่ละลายน้ำ

(3) ไทยูแรม

ในระบบก้ำมะถัน สารไทยูแรมเป็นสารเร่งปฏิกิริยาที่ตัวมันเองไม่ไวต่อปฏิกิริยา แต่เมื่อใช้ร่วมกับสารเร่งปฏิกิริยาไดโอคาร์บาเมตได้ สมบัติความทนแรงดึงของยางธรรมชาติที่ได้จากการใช้ปฏิกิริยา เตตระเมทิลไทยูแรมไดซัลไฟด์ (TMTD) เปรียบเทียบกับ ZDC ZMDC และ ZBDC จะเห็นได้ว่า TMTD ให้สมบัติความทนแรงดึงด้อยกว่าสารในตระกูลไดโอคาร์บาเมต ข้อดีของสารเคมีในตระกูลไทยูแรมคือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการคงรูปด้วยสารเร่งปฏิกิริยาในตระกูลนี้ให้สมบัติทนต่อการเสื่อมสภาพได้ดีกว่า และไม่เกิดการเสื่อมสภาพเนื่องจากทองแดง (copper strain) ดังได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อของไดโอคาร์บาเมต

ปัจจุบันได้ใช้สารไทยูแรมร่วมกับสารไทโอยูเรีย ซึ่งให้สมบัติในการคงรูปดีขึ้น แต่ใช้ในอุณหภูมิต่ำประมาณ 70 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ต่ำมาก บางครั้งก็ใช้ประโยชน์ได้ไม่มากนัก การกระตุ้นปฏิกิริยาไทอะโซลเช่น กรณีการใช้ เบนซ์ไทอะซิลไดซัลไฟด์ (MBTS) กับ ไซโคเอ็กซิลเบนซ์ทอะซิลซัลฟิโนไมด์ (CBS) ด้วยไทโอยูเรีย ทำให้ปฏิกิริยาการคงรูปไวขึ้น ปฏิกิริยานี้ทำได้ที่ 100 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นที่น่าสนใจในการพัฒนาสูตรส่วนผสมน้ำยางกับสารเคมีเพื่อให้แผ่นฟิล์มยางที่ได้ไม่เกิดการเสื่อมสภาพเนื่องจากทองแดงได้เพราะ สารเคมีเหล่านี้ไม่มีไดโอคาร์บาเมต การเร่งปฏิกิริยาการคงรูปได้จากไดโอคาร์บาเมตที่เกิดขึ้นระหว่างปฏิกิริยาของสารประกอบไทยูแรม และพอลิซัลไฟด์

สารเคมีที่นิยมใช้ในตระกูลไทยูแรมก็มี TMTD กับ เตตระเมทิลไทยูแรมโมโนซัลไฟด์ (TMTM)

TMTD เป็นผงสีขาวไม่มีกลิ่น ไม่ละลายน้ำ ในน้ำยางธรรมชาติใช้ร้อยละ 0.5 – 1.5 ร่วมกับก้ำมะถันร้อยละ 0.5 – 2 แผ่นยางที่ได้จะมีลักษณะใส

TMTM เป็นผงสีเหลืองอ่อนๆ ไม่ละลายน้ำ ให้ปฏิกิริยาที่เริ่มต้นช้า แต่เร็วในยางธรรมชาติ ต้องใช้ร่วมกับซิงค์ออกไซด์ อาจใช้ปริมาณก้ำมะถันน้อยได้ ปริมาณใช้ในยางธรรมชาติ ถ้าเป็นสารเร่งตัวแรกจะใช้ร้อยละ 0.15 – 0.3 ร่วมกับก้ำมะถัน สำหรับให้ผลิตภัณฑ์ที่ทนต่อการเสื่อมสภาพใช้ TMTM ร้อยละ 2 – 3 ร่วมกับก้ำมะถัน กรณีใช้เป็นสารเร่งปฏิกิริยาตัวที่ 2 จะใช้ร้อยละ 0.1 – 0.25 กับเมอร์แคปโตเบนซ์ไทอะโซล หรือไดเบนซ์ไทอะโซลไดซัลไฟด์ และก้ำมะถันร้อยละ 2 – 5

(4) สารเคมีเร่งปฏิกิริยาอื่นๆ

นอกจากสารเคมีดังกล่าวข้างต้นแล้วยังมีสารเร่งปฏิกิริยาอื่นๆ ที่ใช้ในปฏิกิริยาควบรูปน้ำยางได้เช่น ไดฟีนิลควอนนิติน หรือสารในตระกูลควอนนิติน สามารถใช้ในปฏิกิริยาน้ำยางได้ ทำให้ปฏิกิริยาการควบรูปไม่มีค่าเสื่อมลงเมื่อเกิดการควบรูปนานขึ้น ผลของแรงต้านแรงดึงมีไม่มากนัก แต่นิยมใช้ในยางแห้งที่เป็นผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่มากกว่า ส่วนอีกตระกูลหนึ่งคือ แซนเทต ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เร็วมาก และใช้ในอุณหภูมิต่ำไม่เหมาะกับน้ำยางแบบจุ่ม

2.7.3 สารป้องกันการเสื่อมสภาพ

สารป้องกันการเสื่อมสภาพที่ใช้กับยางมี 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ ชนิดที่เป็นเอมีน และฟีนอล เป็นสารที่ใส่ลงไปในผลิตภัณฑ์ยางเพื่อป้องกันการถูกออกซิไดส์ของโมเลกุลของยางที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ถุงมือยางจะเป็นพวกฟีนอล สารในตระกูลนี้ส่วนใหญ่ไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์เปลี่ยนสี หรือสีตก แต่การป้องกันสู่ตระกูลเอมีนไม่ได้ สารในตระกูลนี้มีมากมาย ที่จะกล่าวนี้เป็นพวกที่อยู่ในกลุ่มอนุพันธ์ของฟีนอล ที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์แบบจุ่ม

2 - 2' - เมทิลีน - บิส - (4 - เมทิล - 6 - เทอ - บิวทิลฟีนอล) เป็นผลึกสีขาวมีจุดหลอมเหลวที่ 125 - 133 องศาเซลเซียส ความถ่วงจำเพาะ 1.04 ไม่มีผลต่อการควบรูป ไม่เกิดการบวม (หมายถึง การที่สารเคมีเคลื่อนย้ายจากภายในออกมายังผิวนอกผลิตภัณฑ์ และตกผลึกบนผิวของผลิตภัณฑ์นั้นๆ สารตัวนี้ไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์สีตก แต่จะให้ยางที่มีสีขาว เปลี่ยนสีเล็กน้อย เมื่อถูกแสง ปริมาณการใช้ร้อยละ 0.24 - 1.5 นอกจากนี้แล้วยังมี 2,2' - เมทิลีน - บิส - (4 - เอทิล - 6 - เทอ - บิวทิลฟีนอล) และ 4,4' - บิวทิลิดีน - บิส - (6 - เทอ - บิวทิล - เอ็ม - คีโซล)

นอกจากนี้ยังมีสารเคมีที่ผลิตโดยบริษัท อิมพีเรียล เคมีคัล อินดัสเตียล จำกัด ในการค้าชื่อว่า Nonox WSL ซึ่งเป็นสารเคมีที่ไม่เปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ยางที่ได้ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของสารอัลคิลเลตฟีนอล ซึ่งมีสมบัติการป้องกันการเสื่อมสภาพเนื่องจากความร้อน และแสงอย่างกลางๆ เป็นของเหลวสีเหลืองไม่มีปัญหาเรื่องการทำให้กระจายในน้ำในลักษณะเป็นอิมัลชัน ใช้ในรูปอิมัลชันกับน้ำยาง และหยุดสารเคมีที่กระจายในน้ำจะแทรกเข้าในน้ำยางอย่างรวดเร็วเมื่อยางถูกทำให้แข็ง ปริมาณการใช้ร้อยละ 0.5 - 1

2.7.4 สารเพิ่ม และสี

จุดประสงค์ในการใช้สารเพิ่มในผลิตภัณฑ์จากน้ำยางเพื่อลดต้นทุนการผลิตอย่างเดียวไม่ช่วยให้เพิ่มสมบัติทางกายภาพเช่นเดียวกับการใช้คาร์บอนแบลคในยางแห้ง อาจใช้ดินขาว

(kaolinite clay) เพื่อเพิ่มความแข็งเท่านั้น กรณีถุงมือทางการแพทย์จะไม่ใช้สารเพิ่มเลย แต่อาจใช้ในการผลิตถุงมือใช้งานบ้านได้

สี ที่ใช้ในน้ำยางเลือกได้ตามต้องการทั้งชนิดที่เป็นอินทรีย์สาร และอนินทรีย์สาร นอกจากนี้สารเพิ่มชนิดต่างๆ ยังสามารถใช้เป็นสีได้เช่น สีขาวใช้ไททาเนียมไดออกไซด์ ไลโทโพน ซิงค์ออกไซด์ ส่วนสีดำใช้คาร์บอนแบล็ค สำหรับผลิตภัณฑ์ถุงมือทางการแพทย์จะไม่ใส่สี

2.7.5 สารเสถียร และสารช่วยการผลิต

สารเสถียร เป็นสารเคมีตัวแรกที่ใส่ลงในน้ำยางผสมสารเคมีเพื่อเพิ่มความเสถียรภาพของน้ำยางก่อนที่จะเติมสารเคมีอื่นๆ เพื่อป้องกันการจับตัวของน้ำยาง สารเคมีในกลุ่มนี้มีหลายชนิดด้วยกัน บางครั้งสารตัวเดียวกันอาจทำหน้าที่หลายอย่างเช่น เป็นสารช่วยให้เกิดการกระจายของสารเคมี หรืออนุภาคของยางในน้ำให้ดีขึ้น ทำหน้าที่สารเสถียร และยังทำหน้าที่เป็นสารลดแรงตึงผิวของน้ำกับสารเคมี หรือสารทำให้เปียก เป็นสารที่ทำให้เกิดฟอง การจำแนกสารนี้ตามหน้าที่จึงทำได้ยากเช่น สารที่มีชื่อการค้าว่า Vulcastab LW จะมีสมบัติเป็นทั้งสารอิมัลชัน สารเสถียร และสารทำให้เปียก สารเคมีในกลุ่มนี้มีทั้งที่เป็นอนุมูล การใช้สารต้องเลือกให้ถูกกับน้ำยาง ในกรณีน้ำยางธรรมชาติซึ่งมีอนุมูลเป็นลบ จะต้องเลือกให้เหมาะกับน้ำยางด้วย

นอกจากนี้ยังมีสารช่วยในการผลิตอื่นๆ คือ น้ำมันแร่ และเอสเทอร์ที่ไม่ระเหย ใช้เป็นสารช่วยให้เกิดความนุ่มในผลิตภัณฑ์ไซ และปิโตรเลียมเยลลี่ ใช้ในส่วนประกอบของน้ำยางผสมสารเคมีเพื่อให้ผิวของผลิตภัณฑ์เรียบตามต้องการ และยังสามารถช่วยลดฟองที่เกิดขึ้นด้วย

2.8 ยางแผ่นรมควัน

กรรมควันให้ยางแห้งนั้นได้กำเนิดมาตั้งแต่เริ่มรู้จักนำยางมาใช้ประโยชน์โดยที่ชาวอินเดียในแถบอมซอนจะทำให้ยางแห้งโดยวิธีรวบรวมแผ่นยางและอังบนควันไฟ กรรมวิธีโบราณนี้ต่อมาก็ได้มีการดัดแปลงและปรับปรุงปฏิบัติกันจนทุกวันนี้

2.8.1 การผลิตยางแผ่นรมควัน

กรรมวิธีของการทำยางแผ่นรมควัน เริ่มจากการรวบรวมน้ำยาง แล้วแยกส่วนที่เป็นน้ำออกได้เป็นเนื้อยางในลักษณะที่ออกจำหน่ายได้ โดยมีความเหมาะสมกับการขนย้ายตลอดจนประหยัดค่าขนส่ง ซึ่งขั้นตอนต่างๆ ได้แก่ การรวบรวมน้ำยาง การทำให้น้ำยางจับตัว การใช้เครื่องรีดยาง การอบยางให้แห้ง การจัดชั้นยาง ตลอดจนการบรรจุหีบห่อ เหล่านี้ต่างมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน

ขั้นตอนที่ 1 การรวบรวมน้ำยาง

การกรีดยางเพื่อให้ได้น้ำยางคุณภาพดีมีความสะอาดจำเป็นต้องรักษาความสะอาดด้วยรองน้ำยาง และชั้นรองน้ำยาง และต้องดึงเศษยางที่ติดอยู่ตามรอยกรีดยางตามชั้นรองน้ำยางและตามด้วยถ้วยรองน้ำยางออกเสียก่อนลงมือกรีดยาง และเมื่อเก็บน้ำยางไปแล้วก็ควรคว่ำถ้วยและเขวนไว้ ไม่ควรใช้น้ำล้างรอยกรีดยางและถ้วยรองแล้วเทน้ำล้างลงในถังน้ำยาง ถังเก็บน้ำยางต้องสะอาดเช่นกัน และไม่ควรถังถังน้ำยางให้ถูกแสงแดด

การที่ต้องรักษาความสะอาดดังกล่าวแล้วนี้เพราะปกติแล้วน้ำยางเมื่อไหลออกจากรอยกรีดยางก็จะเริ่มผสมปะปนกับอนุภาคของเปลือกและเยื่อของต้นยาง ขณะเดียวกันพวกจุลินทรีย์ต่างๆ ในอากาศจะตกผสมลงในน้ำยาง ทั้งนี้เพราะถ้วยรองยางไม่มีฝาปิด โอกาสที่สปอร์ของจุลินทรีย์จะตกผสมลงในน้ำยางจึงเป็นไปได้ง่าย น้ำยางที่อุณหภูมิสูงและมีสิ่งสกปรกเจือปนอยู่จะเกิดการบูดเน่าขึ้น ซึ่งในกรณีของน้ำยางเกิดการบูดเน่า น้ำยางจะจับตัวเป็นเม็ดเล็กๆ ซึ่งชาวบ้านเรียกว่า น้ำยางเกิดเป็นเม็ดพริก และปรากฏการณ์เช่นนี้คือการจับตัวโดยธรรมชาติของน้ำยาง (natural coagulation) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่ไม่ประสงค์จะให้เกิดขึ้นในขณะรวบรวมน้ำยาง แต่อย่างไรก็ตามการป้องกันไม่ให้เกิดขึ้นเป็นสิ่งที่ยาก

ขั้นตอนที่ 2 การกรองน้ำยางและภาชนะใส่น้ำยาง

น้ำยางสดที่เก็บรวบรวมมาจากสวนเมื่อเข้าสู่โรงงานผลิตยางดิบ กรรมวิธีแรกคือการกรองเอาสารอื่นๆ ออกจากน้ำยาง โดยปกติแล้วน้ำยางสดจะเหนียวหนืดสูงเกินกว่าจะกรองได้ง่ายๆ ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องทำให้เจือจางด้วยน้ำก่อน และขนาดตะแกรงสำหรับกรองน้ำยางโดยทั่วไป ใช้ขนาด 40, 60, 80 เมช ตะแกรงทำด้วยสะแตนเลสใช้กับน้ำยางที่มีแอมโมเนีย และใช้ตะแกรงที่ทำด้วยเหล็กธรรมดากับน้ำยางสดที่ไม่ใส่แอมโมเนีย

การสร้างถังผสมน้ำยาง เพื่อปล่อยให้ผ่านน้ำยางที่ผ่านการกรองด้วยตะแกรงครั้งหนึ่งแล้วได้มีโอกาสตกตะกอนสิ่งสกปรกหรือสิ่งแปลกปลอมอื่นๆ ที่ไม่ใช่ยาง นอกจากจะเป็นการช่วยให้น้ำยางมีความบริสุทธิ์มากขึ้นแล้ว ยังช่วยให้น้ำยางซึ่งมาจากสวนที่มียางต่างพันธุ์กันได้ผสมรวมเป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งย่อมจะเป็นการช่วยให้น้ำยางมีการจับตัวอย่างสม่ำเสมอทำให้น้ำยางมีคุณสมบัติที่ดี

(uniform coagulum) โดยปกติเมื่อทำให้น้ำยางเจือจางแล้วจะปล่อยให้ น้ำยางนิ่ง เพื่อให้สิ่งสกปรกได้ตกตะกอน ซึ่งใช้เวลาประมาณ 10 – 20 นาที ถึงรวมน้ำยางนี้มีท่อให้น้ำยางไหลออก โดยท่อจะอยู่เหนือกันดั้มเล็กน้อย ดังนั้นเมื่อเปิดท่อออก น้ำยางส่วนบนที่สะอาดจะไหลออกจากท่อ ส่วนน้ำยางกันดั้มส่วนที่อยู่ต่ำกว่าระดับท่อจะถูกปล่อยออกที่ก๊อกกันดั้ม การปล่อยน้ำยางที่สะอาดจากถังรวมน้ำยางไปลงถังที่ทำให้ยางจับตัวนั้น หากต้องการกรองสิ่งสกปรกซึ่งอาจหลงเหลืออยู่อีกครั้งจะทำได้โดยให้น้ำยางผ่านตะแกรงอีกครั้งก่อนลงสู่ถังที่ทำให้ยางจับตัว

ตะกอนสำหรับน้ำยางจับตัว โดยทั่วไปทำด้วยอลูมิเนียมและมีแผ่นอลูมิเนียมสำหรับแบ่งเป็นช่องๆ ขนาดที่นิยมใช้กันคือ ขนาด 305 x 91.5 x 40.5 เซนติเมตร ปกติจะแบ่งเป็นช่องๆ โดยแผ่นอลูมิเนียม ซึ่งจะซอยเป็น 75 ช่อง ตะกอนจะจุน้ำยางได้ครั้งละ 975 ลิตร

ขั้นตอนที่ 3 การเตรียมน้ำยาง

การทำน้ำยางสดให้ได้มาตรฐาน หมายถึงการทำน้ำยางให้มีปริมาณเนื้อยางแห้งมาตรฐาน standard DRC (Dry Rubber Content) ซึ่งโดยปกติการนำน้ำยางไปทำเป็นยางแผ่นจะต้องทำให้มีปริมาณเนื้อยางแห้งมาตรฐานประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ วิธีการที่จะทำให้น้ำยางมีปริมาณเนื้อยางแห้งได้มาตรฐาน โดยการทำให้น้ำยางเจือจางลงด้วยน้ำก่อนกระบวนการทำให้น้ำยางจับตัว

การที่จะเติมน้ำลงไปในน้ำยางเพื่อให้ได้เปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งมาตรฐานตามต้องการนั้น ก่อนอื่นจะต้องทำการวัดหาเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งของน้ำยางที่เก็บจากสวนด้วยเครื่องไฮโดรมิเตอร์ hydrometer (ที่เรียกกันว่า Metrolac, Simplexometer or Latexometer) วัดหาวิธีการวัดโดยตักน้ำยางสดจากสวนมา 1 ส่วนผสมกับน้ำ 2 ส่วน แล้วจุ่มไฮโดรมิเตอร์ลงในน้ำยางผสมน้ำนี้ ค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดมาคูณด้วย 3 ผลลัพธ์จะเป็นเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งของน้ำยางจากสวน จากนี้ก็จะสามารถคำนวณหาปริมาณน้ำที่จะเติมลงในน้ำยางจากสวน เพื่อให้ได้เปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งที่ต้องการ

อย่างไรก็ตามเครื่องมือดังกล่าวนี้ จะได้ผลลัพธ์ที่ไม่ถูกต้องเสมอไป กล่าวคือ เครื่องดังกล่าวนี้จะให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องก็เฉพาะกับน้ำยางที่มีเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งที่แท้จริงราวๆ 35% ดังนั้นจึงไม่แนะนำให้ใช้ไฮโดรมิเตอร์ วัดปริมาณเนื้อยางแห้งเมื่อต้องการคิดค่าจ้างการรียางให้กับคนรีด ซึ่งเมื่อต้องการทราบปริมาณเนื้อยางแห้งที่ถูกต้องแน่นอนควรใช้วิธีในห้องปฏิบัติการโดยมีหลักการทำให้น้ำยางรัดตัวด้วยกรด แล้วรีดเป็นแผ่นบางๆ ตากหรืออบให้แห้ง แล้วชั่งหาน้ำหนัก จะได้ผลที่ดีกว่าใช้เครื่องไฮโดรมิเตอร์

ดังนี้

การคำนวณหาปริมาณน้ำที่จะเติมลงในน้ำยางเพื่อให้เจือจาง เขียนเป็นสูตรได้

$$V_w = \frac{V_f \times D_f}{D_s} - V_f$$

เมื่อ	V_w	เป็น	ปริมาตรของน้ำที่ใช้เติมลงในน้ำยาง
	V_f	เป็น	ปริมาตรน้ำยางจากสวน
	D_f	เป็น	เปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งเดิม
	D_s	เป็น	เปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งที่ต้องการ

ขั้นตอนที่ 4 การทำให้น้ำยางจับตัว

สารเคมีมาตรฐานที่ใช้ทำให้น้ำยางจับตัว (Standard Coagulant) ได้แก่ กรดฟอร์มิก สำหรับกรดอื่นๆที่ใช้กัน ได้แก่ กรดกรดซัลฟูริก กรดอะซิติก เป็นต้น การใช้กรดฟอร์มิก ทำให้น้ำยางจับตัว ในการการทำยางแท่ง ยางแผ่นรมควัน ยางแผ่นผึ่งแห้ง จะทำให้กรดเจือจาง 2% น้ำหนัก/ปริมาตร (w/v) แล้วจึงเติมลงในน้ำยางที่ทำให้มีเนื้อยางแห้งได้มาตรฐาน ปริมาณของ กรดที่ใช้จะเป็นปริมาณที่ทำให้น้ำยางมีความเป็นกรด-ด่าง, pH 4.6-4.9 โดยทั่วไปจะใส่กรด ประมาณ 0.4% โดยน้ำหนักของเนื้อยางแห้ง

เมื่อยางเริ่มเกิดการจับตัวจะมีลักษณะเป็นก้อนขาวนุ่ม หลังจากยางเกิดการรวมตัวเป็นก้อนโดยสมบูรณ์แล้ว จะมีเซรัมซึ่งมีลักษณะเป็นของเหลวใสเหลืออยู่ ใส่น้ำเพิ่มลงไป ในก้อนยางจับตัว โดยให้น้ำคลุมผิวยาง เพื่อป้องกันไม่ให้ผิวยางสัมผัสกับอากาศ ทำใหยางไม่ถูกออกซิไดซ์ตรงผิวจนมีสีคล้ำหรือเป็นรอยดำ นอกจากนี้ น้ำที่เติมลงไปจะช่วยล้างกรดที่อาจเหลือปะปน อยู่ในก้อนยางให้ออกไป

ขั้นตอนที่ 5 การรีดยาง

น้ำยางแผ่นเข้าเครื่องรีดยางชุดซึ่งประกอบด้วยลูกกลิ้งผิวเรียบ 4-5 คู่ และลูกกลิ้งลายดอกอีก 1 คู่สุดท้าย ต่อจากนั้นน้ำยางแผ่นมาล้างน้ำสะอาดอีกครั้ง แล้วผึ่งลมในที่ร่มให้สะเด็ดน้ำ เป็นเวลา 3-4 ชั่วโมงแล้วจึงนำไปรมควันหรืออบให้แห้งต่อไป

ขั้นตอนที่ 6 การรมควันยาง

การรมควันให้ยางนอกจากจะช่วยให้ยางแห้งแล้ว คาร์บอนไฟจากโรงรมควันมีสารพวกฟีนอลิก (phenolic) ช่วยป้องกันการเกิดรา การรมควันที่ถูกต้องจะทำให้ยางแห้งภายในเวลา 4 วัน ปัจจัยที่สำคัญของการรมควันคือ อุณหภูมิของโรงรม ต้องควบคุมให้คงที่ตลอดโรง ยางที่แห้งจะสามารถตรวจสอบได้โดยการส่องแผ่นยางกับแสง ยางที่แห้งแล้วสีจะใสตลอดทั้งแผ่น

2.8.2 การจัดชั้นยางแผ่นรมควัน

ตามหนังสือ The Green Book ได้กำหนดการแบ่งชั้นยางแผ่นรมควันด้วยสายตาได้ 5 ชั้น ดังนี้

(1) ยางแผ่นรมควันชั้น 1 พิเศษ (RSS 1 X)

ยางชนิดนี้ต้องเป็นยางแผ่นใสที่มีคุณภาพดีและมีความสม่ำเสมอตลอดทั้งแผ่น และแห้งสนิท ไม่มีรอยตำหนิ จุดดำดำหรือรอยเปื้อน ไม่มีเม็ดทรายหรือสิ่งสกปรกอื่นเจือปน ไม่มีราสนิมหรือราแดงบนผิวของยางแผ่น ยางแผ่นต้องไม่รมควันมากเกินไปจนมีสีคล้ำ และไม่เหนียวตรงจุดใดจุดหนึ่ง สำหรับแผ่นยางที่ใช้ห่อตรงผิวหน้าอาจมีฟองอากาศเล็กๆขนาดเท่าหัวเข็มหมุดกระจายอยู่เล็กน้อยได้

(2) ยางแผ่นรมควันชั้น 1 (RSS 1)

แผ่นยางต้องแห้งและสะอาด ไม่มีเม็ดทรายหรือสิ่งสกปรกอื่นเจือปนบนแผ่นยาง ไม่มีราสนิมหรือราแดงบนผิว แผ่นยางอาจรมควันไม่สม่ำเสมอเล็กน้อยได้ แต่ต้องไม่มีสีคล้ำจนเกินไป และไม่เหนียวตรงจุดใดจุดหนึ่ง บนผิวของยางแผ่นที่ใช้ห่อก้อนยางหรือตรงผิวของก้อนยางที่ติดอยู่กับยางที่ใช้ห่อ อาจมีราแห้งปะปนอยู่เล็กน้อย มีฟองอากาศเล็กๆขนาดเท่าหัวเข็มหมุดกระจายอยู่เล็กน้อย

(3) ยางแผ่นรมควันชั้น 2 (RSS 2)

แผ่นยางต้องแห้งและสะอาด ไม่มีตำหนิจากรอยเปื้อนและฟอง ไม่มีเม็ดทรายหรือสิ่งสกปรกอื่นเจือปนบน บนผิวของยางแผ่นที่ใช้ห่อก้อนยางหรือตรงผิวของก้อนยางอาจมีราแห้งปะปนอยู่เล็กน้อยได้ แต่ต้องปริมาณไม่เกินกว่า 5% ของตัวอย่างที่แสดงไว้ สีของยางแผ่นรมควันอาจจะไม่สม่ำเสมอได้

(4) ยางแผ่นรมควันชั้น 3 (RSS 3)

แผ่นยางต้องแห้ง สีอาจไม่ใส มีฟองอากาศเล็กๆ มีเศษผงสกปรกหรือเศษเปลือกต้นยางที่กรีดปะปนอยู่ปริมาณเล็กน้อยได้ แต่ต้องไม่มีรอยฟอง ไม่มีเม็ดทรายหรือสิ่งสกปรกปนขณะห่อยางก้อน บนผิวของยางแผ่นที่ใช้ห่อก้อนยางหรือตรงผิวของก้อนยางอาจมีราสนิมหรือรา

แดงและราแห้งปนอยู่เล็กน้อยได้ แต่ต้องปริมาณไม่เกินกว่า 10% ของตัวอย่างที่แสดงไว้ ไม่มีจุดรวมควันไม่แห้ง หรือจุดเหนียวบนยางแผ่น ยางอาจมีสีคล้ำบ้างแต่ไม่มีสีที่บจนดำ

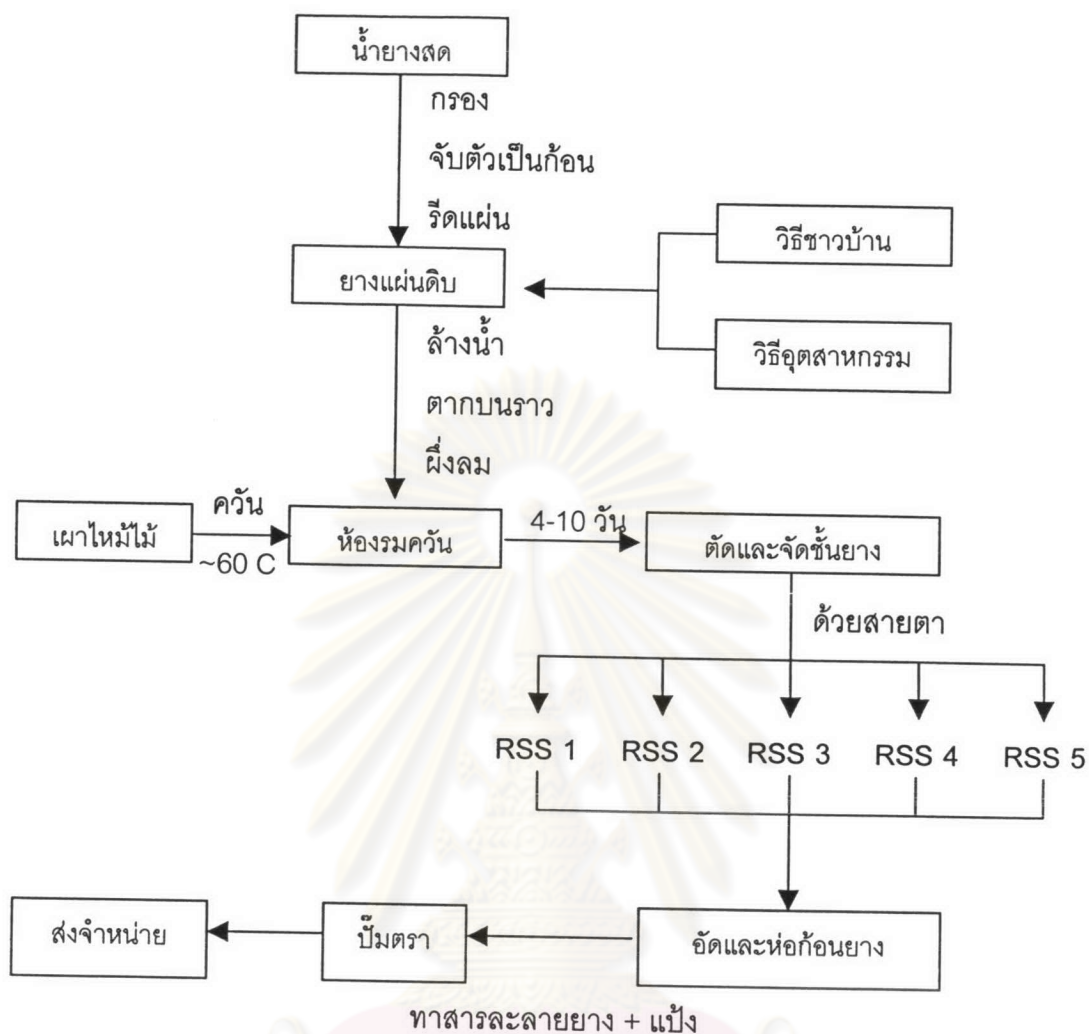
(5) ยางแผ่นรมควันชั้น 4 (RSS 4)

แผ่นยางต้องแห้ง มีฟองอากาศ เศษผงสิ่งสกปรกหรือเศษเปลือกต้นยางที่กรีดปะปนอยู่บนยางแผ่นบ้าง มีรอยเปื้อนจางๆ เหนียวเล็กน้อย บนยางแผ่นที่ใช้ห่อหรือภายในยางแผ่นรมควันอาจมีราสนิมหรือราแดงและราแห้งปนอยู่เล็กน้อยได้ แต่ต้องปริมาณไม่เกินกว่า 20% ของตัวอย่างที่แสดงไว้ แผ่นยางต้องไม่มีจุดเหนียว หรือจุดรวมควันไม่แห้ง ไม่มีตำหนิจากรอยพุพอง ไม่มีเม็ดทรายหรือสิ่งสกปรกอื่นปน ยางแผ่นอาจมีสีคล้ำได้ แต่สีไม่ที่บจนดำแบบฉุกไฟไหม้

(6) ยางแผ่นรมควันชั้น 5 (RSS 5)

ยางแผ่นต้องแห้ง มีฟองอากาศและเศษเปลือกไม้ขนาดค่อนข้างใหญ่ มีรอยพองเล็กๆ รอยเปื้อน สีคล้ำ เหนียวเหนอะหนะเล็กน้อยได้ บนแผ่นยางที่ใช้ห่อหรือภายในยางแผ่นรมควันอาจมีราสนิมหรือราแดงและราแห้งปนอยู่เล็กน้อยได้ แต่ต้องปริมาณไม่เกินกว่า 30% ของตัวอย่างที่แสดงไว้ แผ่นยางต้องไม่พุพองมากและไม่เหนียวจนเกินไป นอกจากสิ่งปะปนที่กล่าวมาแล้ว ยางแผ่นต้องไม่มีเม็ดทรายหรือสิ่งสกปรกอื่น สียางอาจคล้ำได้แต่ต้องไม่ที่บจนไหม้ดำ

ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.7 แผนผังการผลิตยางแผ่นรมควัน

2.9 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พงศธร คุณสกุล [10] ศึกษาหาวิธีการที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนออกจากยางพาราและการผลิตยางโปรตีนต่ำความหนืดคงที่จากน้ำยางสด 4 พันธุ์ พบว่าวิธีการที่เหมาะสม คือ การใช้เอนไซม์ปาเปนร้อยละ 0.3 ต่อน้ำหนักยางแห้ง ในถึงกวนขนาด 50 ลิตรที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส โดยใช้ไอน้ำในการทำให้ยางจับตัว ซึ่งสามารถลดไนโตรเจนในยางลงได้ประมาณร้อยละ 82-90 ขึ้นกับพันธุ์ยาง พบว่ายางที่มีโปรตีนต่ำจะมีค่าความหนืดมูนิ์หลังจากการเก็บ 10 เดือนค่อนข้างคงที่โดยเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยและมีค่าต่ำกว่ายางแผ่นรมควันธรรมดา ผลของเอนไซม์ไม่ได้มี

ผลต่อการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุลยาง ด้านการศึกษาการสุกของยาง พบว่าความหนืดยางโปรตีนต่ำมีค่าคงที่และจะเพิ่มเมื่อเวลายางเริ่มคงรูป และมีอัตราการสุกช้ากว่ายางที่ไม่สกัดโปรตีนที่ค่าความหนืดคงที่ ในด้านสมบัติทางวัลคาไนซ์ ยางโปรตีนต่ำที่มีค่าความหนืดคงที่ มีค่าแรงดึงยางจนขาด แรงฉีก และเปอร์เซ็นต์การยืดตัวสูงแต่ความแข็งและโมดูลัสที่ร้อยละ 300 ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับยางไม่สกัดโปรตีนออก

วรรณงาม วีระผาสุก [11] ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกวนในการกำจัดโปรตีนออกจากน้ำยางกับความหนืดมุณีเริ่มต้นของยางดิบที่ผลิตได้และศึกษาอัตราการเพิ่มของความหนืดมุณียางดิบโปรตีนต่ำระหว่างการเก็บ ผลการทดลองพบว่าอัตราการกวนที่เหมาะสมคือ 60 รอบต่อนาที เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือนยางดิบโปรตีนต่ำมีอัตราการเพิ่มของความหนืดมุณีน้อยที่สุดเท่ากับ 0.21 หน่วยมุณีต่อเดือน เมื่อเปรียบเทียบอัตราการเพิ่มของความหนืดมุณีของยางดิบโปรตีนต่ำระหว่างการเก็บระยะยาว 12 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้ยาง 3 พันธุ์พบว่าอนุภาคยางที่มีขนาดแตกต่างกันในยางแต่ละพันธุ์อาจเป็นผลทำให้การเพิ่มขึ้นของค่าความหนืดมุณีแตกต่างกันด้วย จากการศึกษาสมบัติทางวัลคาไนซ์ ของยางดิบ พบว่า ยางโปรตีนต่ำที่มีค่าความหนืดคงที่ที่ผลิตได้ มีค่าแรงดึงยางจนขาด แรงฉีก และเปอร์เซ็นต์การยืดตัวสูง แต่ความแข็งและโมดูลัสที่ร้อยละ 300 ลดลงเมื่อเทียบกับยางความหนืดคงที่ที่ไม่ได้สกัดโปรตีนออก

A. Subramaniam [12] ศึกษาสมบัติของยาง ได้แก่ มวลโมเลกุล การกระจายตัวของมวลโมเลกุลยางโดยใช้ GPC (Gel Permeation Chromatography) ค่า wallace plasticity ปริมาณเจล ค่า plasticity retention index การสกัดอะซีโตน และปริมาณไนโตรเจน ของยางหลายพันธุ์ พบว่ายางต่างพันธุ์กันจะมีสมบัติดังกล่าวต่างกันด้วย ยางที่มีมวลโมเลกุลเฉลี่ยต่ำจะมีการกระจายตัวของมวลโมเลกุลเป็นแบบ bimodal ซึ่งตำแหน่งของค่าสูงสุดอยู่ที่ 1×10^5 ถึง 2×10^5 และ 1×10^6 ถึง 2.5×10^6 ยางที่มีมวลโมเลกุลเฉลี่ยสูงจะมีการกระจายตัวของมวลโมเลกุลเป็นแบบ unimodal ซึ่งมีเนินหรือไหล่อยู่ที่ช่วงโมเลกุลต่ำ ค่าสัดส่วน Mw/Mn จะมีช่วงตั้งแต่ 2.8 – 10 ช่วงของมวลโมเลกุลจะอยู่ที่ 3×10^4 ถึง 10^7

G.M. Bristow [13] ศึกษาค่าความหนืดมุณีของยาง 3 ประเภท ได้แก่ RMR L SMR CV และ SMR 10 ในช่วงอุณหภูมิการทดสอบ 70 ถึง 110 องศาเซลเซียส จากการศึกษาพบว่ายางทั้งสามชนิดมีความหนืดมุณีลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้นจาก 70 ถึง 90 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิสูง

ขึ้นกว่า 90 องศาเซลเซียสค่าความหนืดมูนิมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งอาจเป็นผลมาจากเกิดการเชื่อมโยงกันระหว่างโมเลกุลมากขึ้นเนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิ

L.M.K. Tillekeratne และคณะ[14] ศึกษาการใช้แสงแดดตากแห้งยางสองชนิด ได้แก่ยางแผ่นและยางเครพ โดยมาจากแนวความคิดที่จะลดการเผาไหม้ไม้ฟืนในห้องรมควันสำหรับยางแผ่นและห่อเป่าลมร้อนสำหรับยางเครพ การทดลองสำหรับยางแผ่นทำการตากยางแผ่น 2 ตัวอย่างในแสงแดด 10 ถึง 15 ชั่วโมงเป็นเวลา 3 และ 4 วัน จากนั้นนำเข้าห้องรมควัน 1 และ 2 วัน ตามลำดับ เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ถูกรมควันเป็นเวลา 5 วัน การทดลองสำหรับยางเครพ ทำการตากแห้งตัวอย่างในแสงแดด 10 ถึง 15 ชั่วโมงเป็นเวลา 2 วัน เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่อบแห้งในห่อเป่าลมร้อนเป็นเวลา 3 วัน โดยศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางวัลคาไนซ์ จากการทดลองพบว่าการใช้แสงแดดไม่ได้เป็นผลเสียต่อสมบัติทางกายภาพของยางทั้งสองชนิด ด้านสมบัติทางวัลคาไนซ์พบว่าการใช้แสงแดดทำให้ยางมีอัตราการสุกช้ากว่ายางที่ไม่ใช้แสงแดดเล็กน้อย

2.10 สมมุติฐาน

งานวิจัยนี้มุ่งหวังจะหาสูตรยางแผ่นใหม่โดยใช้ส่วนผสมน้ำยางชั้นกับน้ำยางสดเป็นวัตถุดิบ โดยมีสมมุติฐานสองข้อคือ สมมุติฐานการจับก้อนของอนุภาคยาง และสมมุติฐานการเพิ่มขึ้นของมวลโมเลกุลเฉลี่ยของยาง โดยมีรายละเอียดของสมมุติฐานดังนี้

2.10.1 สมมุติฐานการจับก้อนของอนุภาคยาง

ในการเกิดการจับก้อนของน้ำยางธรรมชาติซึ่งมีลักษณะเป็นอนุภาคแขวนลอยอยู่ในของเหลว โดยขนาดของอนุภาคยางจะมีขนาดแตกต่างกันตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ การระเหยน้ำออกจะทำให้อนุภาคยางที่มีขนาดต่างๆกันเข้ามาใกล้แล้วจับตัวกันโดยอนุภาคยางที่มีขนาดใหญ่จะทำตัวคล้ายนิวเคลียสเป็นศูนย์กลางการจับตัวกัน การเติมน้ำยางชั้นซึ่งมีจำนวนอนุภาคยางขนาดใหญ่มากกว่าน้ำยางสดจะทำให้เกิดการจับตัวรวดเร็วขึ้นเพราะมีอนุภาคยางขนาดใหญ่ที่ทำตัวเป็นนิวเคลียสเพิ่มมากขึ้น

2.10.2 สมมติฐานการเพิ่มขึ้นของมวลโมเลกุลเฉลี่ยของยาง

ในกระบวนการผลิตน้ำยางชั้น น้ำยางสดจะถูกปั่นแยกน้ำออกมา การปั่นแยกนี้ทำให้ออนุภาคยางขนาดเล็กบางส่วนหลุดไปกับน้ำ ทำให้มวลโมเลกุลเฉลี่ยของน้ำยางชั้นสูงกว่าน้ำยางสดก่อนปั่น เมื่อผลิตยางแผ่นที่มีการผสมกันระหว่างน้ำยางชั้นกับน้ำยางสด น้ำยางชั้นจะช่วยเพิ่มมวลโมเลกุลเฉลี่ยเดิมและเปลี่ยนแปลงการกระจายตัวของมวลโมเลกุลยางของยางแผ่นที่ได้ทำให้สมบัติด้านความแข็งแรง และความหนืดเปลี่ยนแปลงไป



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย