

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ยางธรรมชาติ (natural rubber ; NR)

ยางธรรมชาติหรือยางพาราส່วนมากเป็นยางที่ได้มาจากต้นยางพารา (*Hevea brasiliensis*) ซึ่งเป็นไม้ป่าที่มีต้นกำเนิดจากกลุ่มแม่น้ำอเมซอนในทวีปอเมริกาใต้ น้ำยางสดที่กรีดได้จากต้นยางพารามีลักษณะเป็นสีขาวขุ่นและมีเนื้อยางแห้ง (dry rubber content; DRC) ประมาณ 30 %w/w แขนงลอยอยู่ในน้ำปริมาณของเนื้อยางแห้งขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์ยาง อายุต้นยาง และฤดูกาล โดยทั่วไปยางธรรมชาติสามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบใหญ่ ๆ ได้แก่

2.1.1 น้ำยาง

อยู่ในรูปสารละลายและสารแขวนลอย ส่วนที่เหลือจะเป็นส่วนที่เป็นยาง (rubber hydrocarbon) ในลักษณะของอนุภาคแขวนลอยอยู่ในส่วนที่เป็นของเหลว แต่ละอนุภาคจะมีประจุไฟฟ้าลบซึ่งผลักกันให้อนุภาคเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา และไม่จับตัวกันเป็นก้อน เนื่องจากน้ำยางสดที่กรีดได้จากต้นยางดังภาพที่ 2.1 มีปริมาณน้ำมากเกินไป ไม่เหมาะที่จะนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์และยังทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องนำน้ำยางที่ได้นี้มาผ่านกระบวนการปั่นเหวี่ยง (centrifugation) เพื่อลดปริมาณน้ำในน้ำยางจนกระทั่งได้น้ำยางที่มีปริมาณยางแห้งเพิ่มขึ้นจาก 30 %w/w เป็น 60 %w/w เรียกน้ำยางที่ได้นี้ว่า น้ำยางข้น (concentrated latex) แต่เนื่องจากเนื้อยางมีสารอินทรีย์ต่าง ๆ เช่น โปรตีน และ ฟอสโฟไลปิด (phospholipid) ผสมอยู่ในปริมาณเล็กน้อย ซึ่งสารอินทรีย์เหล่านี้สามารถถูกย่อยสลายด้วยเชื้อจุลินทรีย์หรือแบคทีเรียได้เป็นแก๊สชนิดต่าง ๆ เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สมีเทน หรือสารประกอบที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ดังนั้นน้ำยางจึงสามารถบูดเน่าและส่งกลิ่นเหม็นได้ จึงต้องเติมสารแอมโมเนียที่มีความเข้มข้นสูงถึง 0.7 % น้ำยางชนิดนี้มีชื่อว่า high ammonia latex หรือ HA latex ส่วนน้ำยางพาราเติมแอมโมเนียที่มีความเข้มข้นต่ำเพียง 0.2 % ก็จำเป็นที่ต้องใช้สารอื่น ๆ รวมด้วย เช่น ZnO/TMTD 0.02 % หรือใช้กรดบอริค 0.2 % santobrite 0.2 % เป็นต้น ซึ่งน้ำยางชนิดหลังนี้เรียกว่า low ammonia latex หรือ LA latex



ภาพที่ 2.1 น้ำยางสด

น้ำยางชั้นส่วนหนึ่งจะถูกส่งออกสู่ตลาดต่างประเทศ ส่วนที่เหลือจะถูกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมยาง โดยทั่วไป ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากน้ำยางจะต้องเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถกำจัดน้ำออกได้ง่าย นั่นคือ ผลิตภัณฑ์นั้นต้องบางหรือมีรูพรุนเพื่อให้น้ำระเหยออกได้ง่ายตามรูพรุนเหล่านั้น ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้แก่ ถุงมือยาง ถุงยางอนามัย ลูกโป่ง จุกหัวนม เป้าหล่อเป้าปูพลาสติก ฟองน้ำที่นอน และหมอนฟองน้ำ เป็นต้น

2.1.2 ยางแห้ง

ยางแห้งได้จากการนำน้ำยางสดมาเติมกรด (นิยมใช้กรดอะซีติก กรดฟอร์มิก หรือกรดซัลฟิวริก) เพื่อให้อนุภาคน้ำยางจับตัวกันเป็นของแข็งแยกตัวจากน้ำ จากนั้นทำการไล่ความชื้นออกจากเนื้อยางเพื่อป้องกันการเกิดเชื้อรา ยางแห้งมีหลายรูปแบบได้แก่

2.1.2.1 ยางแผ่น (rubber sheet)

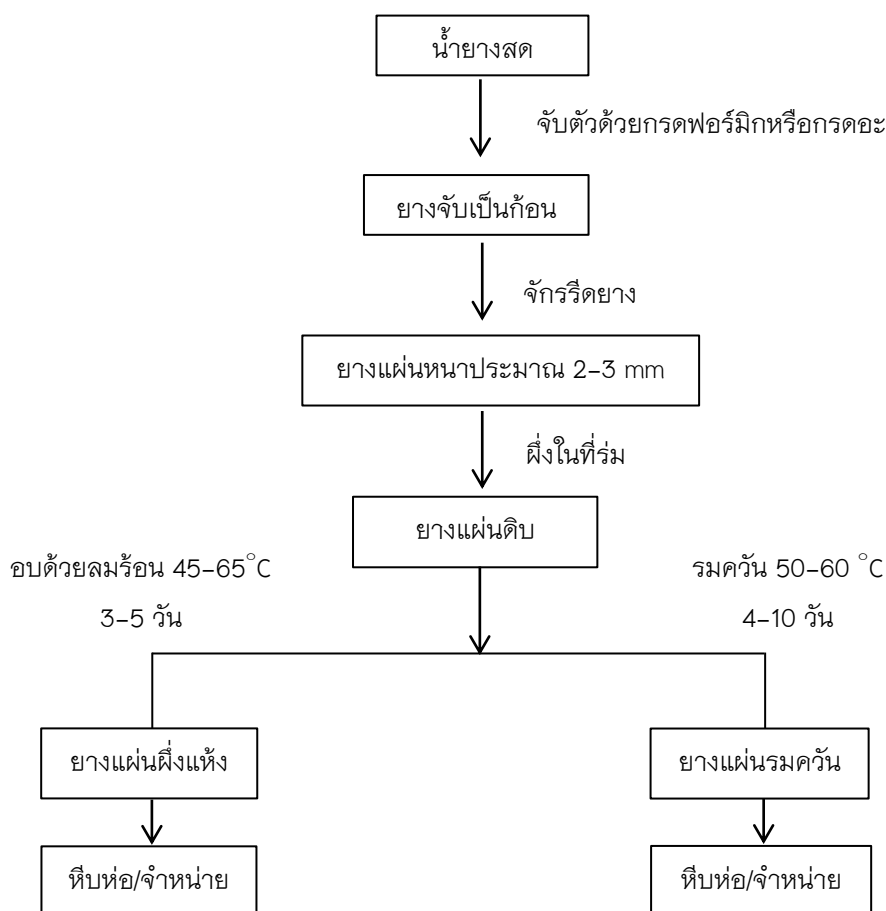
ยางแผ่นได้จากการนำน้ำยางสดมาใส่ในตะก่ง จากนั้นเติมน้ำเพื่อเจือจางน้ำยางให้มีปริมาณเนื้อยางเพียงประมาณ 12–18 % ก่อนทำการเติมกรดเพื่อให้ยางจับตัวกันและแยกตัวออกจากน้ำ หากทำการเจือจางมากก็จำเป็นต้องใช้กรดมากขึ้นเช่นกัน โดยทั่วไป อนุภาคของน้ำยางจะเริ่มจับตัวกันหลังจากที่ค่า pH ของน้ำยางอยู่ในช่วง 4.8–5.1 เรียกจุดนี้ว่า “จุดไอโซอิเล็กทริก (isoelectric point)” หลังจากนั้นจึงนำยางที่ได้ไปรีดให้เป็นแผ่นด้วยเครื่องรีดแบบ 2 ลูกกลิ้ง นำไปล้างน้ำ แล้วจึงทำให้ยางแห้ง ซึ่งการทำให้ยางแห้งนี้อาจทำได้ 2 วิธีคือ

(1) นำไปตากแดดหรือผึ่งในอาคารร้อนเพื่อไล่ความชื้น ยางที่ได้เรียกว่า ยางแผ่นไม่รมควัน (air dried sheet; ASD)

(2) นำไปอบรมควันที่อุณหภูมิประมาณ 60–70 °C เป็นเวลาประมาณ 2–3 วัน (หรืออาจนานกว่านี้) ซึ่งยางที่ได้เรียก ยางแผ่นรมควัน (rubber smoked sheet; RSS) ยางแผ่นรมควันแบ่งออกเป็นชั้นต่าง ๆ ด้วยสายตา (ตามปริมาณสิ่งสกปรกหรือสิ่งปนเปื้อนในยาง) ตั้งแต่ชั้นที่ 1 ซึ่งจัดว่าเป็นเกรดที่ดีที่สุด ถึงชั้นที่ 5 ซึ่งเป็นเกรดที่ต่ำที่สุด ส่วนยางแผ่นไม่รมควันมีชั้นเดียวหากตกชั้นก็ต้องนำไปรมควันต่อไป ภายหลังจากที่ยางแห้งสนิท ยางแผ่นเหล่านี้ก็จะถูกนำมาอัดให้เป็นก้อน ๆ ละประมาณ 113 Kg และก่อนส่งออกจำหน่ายก็จะมีการทาวัลลัคัม (talc) ที่บริเวณพื้นผิวของก้อนยางเพื่อป้องกันการเกาะติดกันในระหว่างการขนส่ง ปัจจุบัน ประเทศไทยส่งออกยางพาราในรูปแบบยางแผ่นรมควันมากที่สุดของโลก โดยมีคู่ค้าหลักได้แก่ สหรัฐอเมริกา จีน ญี่ปุ่น ฯลฯ ยางพาราแผ่นมีลักษณะดังภาพที่ 2.2 และกระบวนการผลิตยางแผ่นดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.2 ยางพาราแผ่นแห้ง



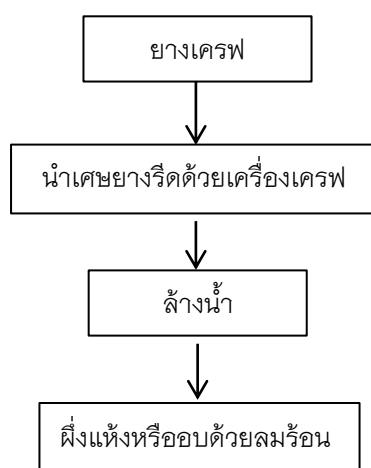
ภาพที่ 2.3 กระบวนการผลิตยางแผ่น

2.1.2.2 ยางเครฟ (crepe rubber)

ยางเครฟส่วนใหญ่เป็นยางที่ได้จากการนำเศษยาง (เช่น ยางก้นถ้วย เศษยางที่บนเปลือกไม้ หรือติดบนดิน หรือเศษยางจากยางแผ่นรมควัน เป็นต้น) ไปรีดในเครื่องเครฟ (creping machine) พร้อมทั้งใช้น้ำทำความสะอาดเอาสิ่งสกปรกต่าง ๆ ออกจากยางในระหว่างการรีด จากนั้นจึงนำยางแผ่นที่ได้ไปผึ่งลมให้แห้ง โดยทั่วไปยางเครฟที่ผลิตได้มีหลายรูปแบบ เช่น brown crepe; flat bark crepe และ blanket crepe เป็นต้น ซึ่งยางเครฟเหล่านี้สีค่อนข้างเข้มและมีความบริสุทธิ์แตกต่างกันมากขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิต

ส่วนยางเครฟขาวซึ่งจัดเป็นยางเครฟเกรดพิเศษที่ผลิตมาจากน้ำยางโดยทั่วไปแล้ว ในน้ำยางจะมีสารเบต้าแคโรทีน (β -carotene) ทำให้น้ำยางมีสีเหลืองอ่อน ดังนั้น หากต้องการผลิตยางเครฟที่มีสีขาวจึงจำเป็นต้องกำจัดสารให้สีดังกล่าวออกไปโดยการฟอกสีน้ำยาง

ด้วยสารเคมี เช่น xylyl mercaptane (0.05 wt %) หรือ tolyl mercaptane (0.05 wt %) และ sodium bifufite (0.05–0.075 wt %) ก่อนที่จะทำการเติมกรดเพื่อให้ยางจับตัวกันเป็นก้อน กระบวนการผลิตดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 กระบวนการผลิตยางเครฟ

2.1.2.3 ยางแท่ง (technically classified rubber)

เนื่องจากยางแผ่นและยางเครฟมีการจัดชั้นด้วยสายตาซึ่งให้ผลที่ไม่แน่นอน ด้วยเหตุนี้อุตสาหกรรมยางส่วนใหญ่ในปัจจุบันจึงเริ่มเปลี่ยนมาใช้ยางแท่ง หรือยางก้อนเป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางแทน ทั้งนี้เนื่องจากยางแท่งเป็นยางที่มีคุณภาพสม่ำเสมอกว่ายางแผ่นและยางเครฟ ผ่านการทดสอบและจัดชั้นเพื่อรับรองคุณภาพตามหลักวิชาการ การจัดชั้นของยางแท่งจะพิจารณาจากปริมาณของสิ่งสกปรกที่มีอยู่ในยางเป็นสำคัญ นอกจากนั้นก็พิจารณาตัวแปรอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น ปริมาณเถ้า ดัชนีความอ่อนตัว ฯลฯ ปัจจุบันประเทศไทยมีมาตรฐานยางแท่งเรียกว่า standard thai rubber smoked sheet (ST.RSS) ซึ่งแต่เดิมเรียกว่า thai tested rubber (TTR) ข้อกำหนดในมาตรฐานยางแท่ง ST.RSS ซึ่งจะเห็นได้ว่ายางแท่งของไทยเป็นหลายเกรดโดยอาศัยปริมาณสิ่งสกปรกเป็นเกณฑ์ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานยางแผ่นรมควัน ST.RSS กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

สมบัติ	ST.RSSA	ST.RSSB	ST.RSSC
ปริมาณสารปนเปื้อน (ไม่เกิน; %)	0.050	0.075	0.100
ปริมาณเถ้า (ไม่เกิน; %)	0.60	0.60	0.60
ปริมาณไนโตรเจน (ไม่เกิน; %)	0.60	0.60	0.60
ปริมาณสารระเหย (ไม่เกิน; %)	1.00	1.00	1.00
ความอ่อนตัวเริ่มแรก (ไม่ต่ำกว่า)	35	35	35
ดัชนีความอ่อนตัวเริ่มแรก (ไม่ต่ำกว่า)	60	60	60
ความหนืด 50 ML (1' + 4') 100 C (ไม่ต่ำกว่า)	50	50	50

หมายเหตุ ST.RSS คือ standard thai rubber smoked sheet

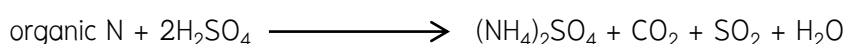
ที่มา: ปรีดีเปรม ทศนกุล และคณะ, (2549)

(1) ปริมาณสารปนเปื้อน คือ ปริมาณสารที่ได้จากการกรองด้วยตะแกรงขนาด 325 เมช หรือ 44 ไมโครเมตร สารที่กรองได้ประกอบด้วยเศษดิน เปลือกไม้ ใบไม้และชนิดของสารปนเปื้อนต่าง ๆ ที่มีอยู่ในเนื้อยาง มีความสำคัญต่อการแปรรูปและคุณภาพของยางเป็นอย่างมาก

(2) ปริมาณเถ้าเป็นตัวบ่งชี้ปริมาณแร่ธาตุที่มีอยู่ในยาง เป็นพวกสารอนินทรีย์ เช่น ฟอสเฟสของโพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียมและธาตุอื่น ๆ นอกจากนี้อาจเป็นสารพวกซิลิกา หรือซิลิเกตในยางรวมทั้งเป็นสารที่เกิดจากการปะปนจากภายนอก

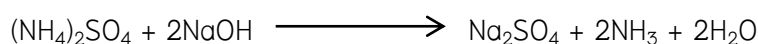
(3) ปริมาณไนโตรเจน การวิเคราะห์หาไนโตรเจนโดยวิธี Kjeldahl เป็นวิธีใช้กันอย่างกว้างขวางทั่วไปเป็นวิธีที่ทำให้สารประกอบไนโตรเจนเปลี่ยนสภาพเป็นสารประกอบที่เป็นไอในรูปของ NH_3 และใช้เทคนิคการไทเทรตเพื่อวิเคราะห์ปริมาณ NH_3 การวิเคราะห์หาไนโตรเจนโดยวิธี Kjeldahl ประกอบด้วยขั้นตอน 3 ขั้นตอน ดังนี้

การย่อยสารอินทรีย์ (digestion) ไนโตรเจนในตัวอย่างดินซึ่งอยู่ในรูปสารอินทรีย์จะเปลี่ยนรูปเป็น $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ภายใต้การทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริกเข้มข้นที่ร้อน โดยมีสารเร่งปฏิกิริยาซึ่งเป็นสารผสมที่ประกอบด้วย K_2SO_4 (หรือ Na_2SO_4) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ และ Se ดังปฏิกิริยา

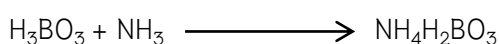


K_2SO_4 (หรือ Na_2SO_4) มีคุณสมบัติช่วยยกระดับของจุดเดือดให้สูงขึ้น ส่วน $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ และ Se ช่วยเร่งปฏิกิริยาโดยทำให้อินทรีย์วัตถุสลายเร็วขึ้น โดย K_2SO_4 (หรือ Na_2SO_4) มีคุณสมบัติช่วยยกระดับจุดเดือดของ H_2SO_4 จาก $330\text{ }^{\circ}C$ ไปอยู่ที่ $360\text{--}390\text{ }^{\circ}C$ ในขั้นตอนของการย่อยตัวอย่างจะเกิดการสูญเสียไนโตรเจนได้หากอุณหภูมิที่ใช้ย่อยสูงเกินกว่า $400\text{ }^{\circ}C$

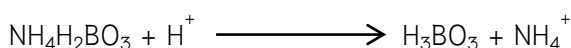
การกลั่น (distillation) $NH_4^+ - N$ ในสารละลายตัวอย่างที่ย่อยได้จะถูกนำมากลั่นกับเบสได้ NH_3 ดังปฏิกิริยา



NH_3 ที่ได้จากการกลั่นจะถูกดักจับด้วยกรดบอริก ดังปฏิกิริยา



การไทเทรต (titration) นำสารละลายที่ได้จากการดักจับ NH_3 ด้วยกรดบอริกและอินดิเคเตอร์ในขั้นตอนการกลั่นซึ่งอยู่ในรูปการ ammonium borate ($NH_4H_2BO_3$) ไปไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริกที่จุดยุติจะมีการเปลี่ยนรูปกลับคืนมาเป็น boric acid (H_3BO_3) ที่ pH 5 ดังปฏิกิริยา (พัชรี วีรจินดาขจร, 2552, หน้า 79)



ในการกลั่นแยกแอมโมเนียที่เดิมสารบัพเฟอร์ และปรับให้มีค่า pH 9.5 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ สาเหตุที่ต้องทำการกลั่นที่ pH 9.5 เพราะว่าที่ pH ดังกล่าวไอออนแอมโมเนียมที่มีทั้งหมดจะเปลี่ยนรูปเป็นแก๊สแอมโมเนีย ซึ่งแยกตัวออกจากน้ำได้ง่าย และในขณะที่ไอออนแอมโมเนียมเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียจะให้กรด (วิไลลักษณ์ กิจชนะพานิช, 2553, หน้า 6-7)

(4) ปริมาณสารระเหย คือ ความชื้นที่มีอยู่ในยาง ถ้าปริมาณความชื้นในยางสูงยางจะขึ้นราได้ง่าย มีกลิ่นเหม็น และเกิดปัญหาระหว่างกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์

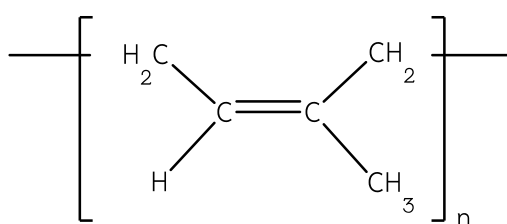
(5) ความอ่อนตัวเริ่มต้นและดัชนีความอ่อนตัวของยาง ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นของยาง (P_o) เป็นค่าที่ใช้ประมาณขนาดของโมเลกุลของยาง ยางที่มีค่า P_o สูง แสดงว่ามีขนาดของโมเลกุลสูง ยางที่ถูกออกซิไดซ์มากจะนิ่ม ค่า P_o ต่ำ ส่วนค่าดัชนีความอ่อนตัวของยาง

เป็นค่าที่แสดงว่ายางที่ทดสอบนั้นมีความต้านทานต่อการออกซิเดชันที่อุณหภูมิ 140 °C เป็นเวลา 30 นาที กรณียางที่ทนต่อการออกซิเดชันสูง โมเลกุลจะทนต่อการถูกออกซิไดซ์ หรือมีความต้านทานของยางดีต่อการแตกหักของโมเลกุลยางที่อุณหภูมิสูง

(6) ความหนืด เป็นสมบัติทางกายภาพ โดยความหนืดของยางจะสัมพันธ์กับน้ำหนักโมเลกุลของยาง ยางที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงจะมีค่าความหนืดสูงด้วย

2.1.3 โครงสร้างของยางธรรมชาติ

ยางธรรมชาติมีชื่อทางเคมีคือ ซิส-1,4-พอลิไอโซพรีน (cis-1,4-polyisoprene) กล่าวคือในโมเลกุลยาง 1 โมเลกุลจะประกอบด้วยหน่วยของไอโซพรีน (C_5H_8) มาต่อกันเป็นสายยาว (แบบเส้นตรง) โดยทั่วไปยางธรรมชาติมีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยอยู่ในช่วง 200,000– 400,000 และมีการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุลที่กว้างมาก ยางธรรมชาติมีความหนาแน่นเท่ากับ 0.93 g/cm^3 ที่อุณหภูมิ 20 °C และมีอุณหภูมิของการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (glass transition temperature; T_g) ประมาณ -72 °C นั้นหมายความว่าหากนำยางธรรมชาติไปเก็บไว้ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า -72 °C สมบัติของยางธรรมชาติจะเปลี่ยนจากที่เคยยืดหยุ่นไปเป็นของแข็งเปราะเช่นเดียวกับแก้ว



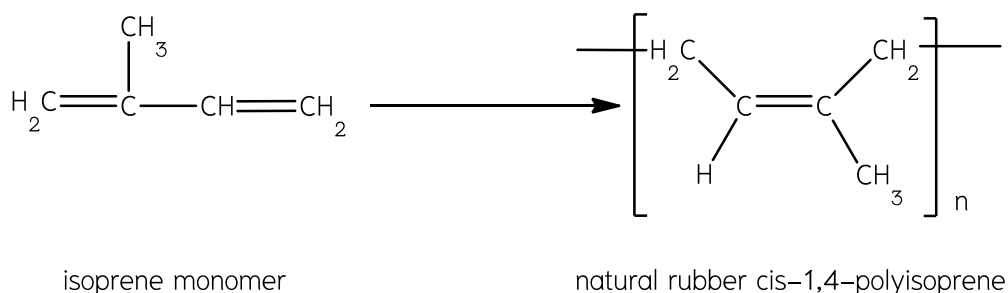
ภาพที่ 2.5 โครงสร้างทางเคมีของ isoprene

ที่มา: ดร.พงษ์ธร แซ่อูย. (2548).

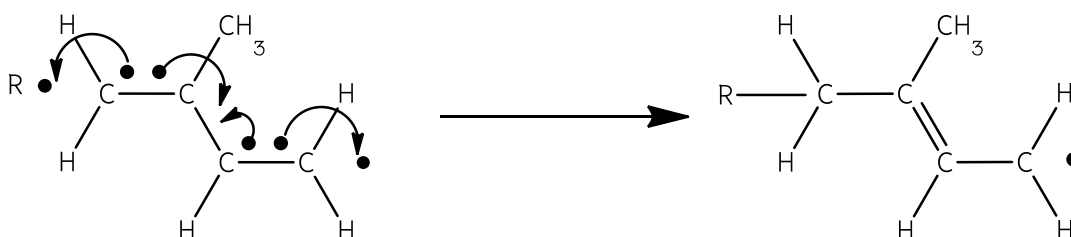
จากภาพที่ 2.5 จะเห็นว่าใน 1 หน่วยของไอโซพรีนจะมีพันธะคู่และหมู่แอลฟาเมทิลีน (α -methylene) ที่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาการคงรูปด้วยกัมมันตอยู่ อย่างไรก็ตาม พันธะคู่เหล่านี้ยังสามารถเกิดปฏิกิริยากับสารอื่น ๆ ได้อีก เช่น ออกซิเจน หรือโอโซน ทำให้ยางเสื่อมสภาพ หรืออาจทำให้ยางทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจน คลอรีน ไฮโดรเจนคลอไรด์ เป็นต้น ซึ่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างยาง (ที่ตำแหน่งพันธะคู่) กับสารเคมีต่าง ๆ เหล่านี้จะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

โดยทั่วไป ยางธรรมชาติมีโครงสร้างการจัดเรียงตัวของโมเลกุลแบบอสัณฐาน (amorphous) แต่ในบางสภาวะ เช่น ที่อุณหภูมิต่ำหรือเมื่อยางถูกยืด โมเลกุลของยางบางส่วนสามารถจัดเรียงตัวได้อย่างค่อนข้างเป็นระเบียบ ยางจึงสามารถเกิดผลึก (crystallize) ได้

จากภาพที่ 2.6 น้ำยางพาราจะอยู่ในรูปของ isoprene monomer เมื่อเติมกรดลงไป (H^+) ที่ได้จากการแตกตัวของกรดจะไปเร่งปฏิกิริยาตรงตำแหน่งพันธะคู่ทำให้เกิดอะนุมูลอิสระพร้อมที่จะสร้างสายพอลิเมอร์กับ isoprene monomer อื่น ๆ ต่อเป็นสายพอลิเมอร์ และแยกตัวออกจากน้ำ ซึ่งมีกลไกการเกิดปฏิกิริยาดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.6 โครงสร้างของยางธรรมชาติ



ภาพที่ 2.7 กลไกการเกิดปฏิกิริยา cis-1,4-polyisoprene

2.1.4 สมบัติทั่วไปของยางธรรมชาติ

2.1.4.1 ความยืดหยุ่น (elasticity)

สมบัติความยืดหยุ่นเป็นลักษณะเด่นอีกประการหนึ่งของยางธรรมชาติ กล่าวคือยางธรรมชาติที่คงรูปแล้วจะมีความยืดหยุ่นสูง เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำกับยางหมดไป ยางจะกลับคืนสู่รูปร่างและขนาดเดิม (หรือใกล้เคียง) ได้อย่างรวดเร็ว

2.1.4.2 ความเหนียวติดกัน (tack)

ยางธรรมชาติ (ในสภาพที่ยังไม่คงรูป) มีคุณสมบัติเยี่ยม ในด้านความเหนียวติดกันซึ่งเป็นสมบัติสำคัญของการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอาศัยการประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เช่น ยางล้อรถยนต์ เป็นต้น

2.1.4.3 ความทนทานต่อแรงดึง (tensile strength)

เนื่องจากโมเลกุลของยางธรรมชาติมีความเป็นระเบียบสูงจึงทำให้ยางธรรมชาติสามารถแตกหักได้ง่ายเมื่อถูกยืด ซึ่งผลึกที่เกิดขึ้นจะช่วยเสริมความแข็งแรงให้กับยาง ดังนั้นยางธรรมชาติจึงมีค่าความทนทานต่อแรงดึงสูงมากโดยไม่ต้องใช้สารเติมเสริมแรงเข้าช่วย (≥ 20 MPa) การเติมสารตัวเติมเสริมแรงลงไปก็จะช่วยความทนทานต่อแรงดึงสูงขึ้น ซึ่งสมบัตินี้จะแตกต่างจากยางสังเคราะห์ส่วนใหญ่ที่มักมีค่าความทนทานต่อแรงดึงต่ำ จึงไม่สามารถนำไปใช้งานในทางวิศวกรรมได้ นอกจากจะมีการเติมสารตัวเติมเสริมแรงเข้าช่วยเท่านั้น

2.1.4.4 ความทนทานต่อการฉีกขาด (tear strength)

เนื่องจากยางธรรมชาติสามารถแตกหักได้เมื่อถูกยืด ดังนั้นยางธรรมชาติจึงมีความทนทานต่อการฉีกขาดสูงมากทั้งที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิสูง การเติมสารตัวเติมเสริมแรงลงไปก็จะช่วยให้ค่าความทนทานต่อการฉีกขาดของยางสูงขึ้น

2.1.4.5 สมบัติเชิงพลวัต (dynamic properties)

ยางธรรมชาติมีสมบัติเชิงพลวัตที่ดี ยางมีการสูญเสียพลังงานในรูปความร้อนต่ำในระหว่างการใช้งาน นอกจากนี้ยางธรรมชาติยังมีความต้านทานต่อการล้าตัว (fatigue resistance) ที่สูงมากอีกด้วย

2.1.4.6 ความต้านทานต่อการขัดถู (abrasion resistance)

ยางธรรมชาติมีค่าความต้านทานต่อการขัดถูสูง แต่ยังไม่ค่อยกว่ายางสไตรีนบิวตาไดอีน (SBR) เล็กน้อย อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับยางสังเคราะห์ชนิดอื่น ๆ พบว่ายางธรรมชาติมีค่าความต้านทานต่อการขัดถูอยู่ในกลุ่มที่สูงมากดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การจัดกลุ่มของยางตามค่าความต้านทานต่อการชำรุด

กลุ่มที่	ความต้านทานต่อการชำรุด	ประเภท
1	สูงมาก	-ยางพอลิยูรีเทน (AU/EU) -ยางบิวตาไดอิน (BR) -ยางสไตรีนบิวตาไดอิน (SBR) -ยางไนไตรล์ (NBR) -ยางธรรมชาติ (NR)
2	สูง-สูงมาก	-ยางเอทิลีนโพรพิลีนไดอิน (EPDM) -ยางคลอโรพรีน (CR) -ยางคลอโรซัลโฟเนตพอลิเอทิลีน (CSM)
3	สูง	ยางบิวไทล์ (IIR) < ยางเอทิลีนอะครีเลต (ethylene acrylic elastomer) และ ยางเอทิลวินิลอะซิเตต (ethyl vinyl acetate elastomer)
4	ต่ำ	ยางซิลิโคน (Q)

ที่มา: ดร. พงษ์ธร แซ่อูย, (2548, หน้า 11)

2.1.4.7 ความเป็นฉนวนไฟฟ้า (insulation)

ยางธรรมชาติมีความเป็นฉนวนไฟฟ้าสูงมาก โดยมีค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (specific resistivity) สูงถึง 10^{15} หรือ 10^{16} ohm.cm

2.1.4.8 ความทนทานต่อของเหลวและสารเคมี (liquid and chemical resistance)

เนื่องจากองค์ประกอบของยางธรรมชาติเป็นสารไฮโดรคาร์บอนที่ไม่มีขั้ว ดังนั้นยางดิบจึงละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว เช่น เบนซีน เฮกเซน และโทลูอีน เป็นต้น ความสามารถในการละลายนี้จะลดลงถ้ายางเกิดการคงรูป เนื่องจากการเชื่อมโยงทางเคมีของโมเลกุลเกิดเป็นโครงสร้างตาข่าย 3 มิติ ในยางคงรูปจะไปขัดขวางกระบวนการละลายของยาง ยางคงรูปจึงเกิดแค่การบวมตัวในตัวละลายเหล่านี้เท่านั้น อย่างไรก็ตาม การบวมตัวของยางดังกล่าวจะทำให้สมบัติเชิงกลของยางด้อยลง ด้วยเหตุนี้ยางธรรมชาติจึงไม่ทนต่อน้ำมันปิโตรเลียมหรือตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วต่าง ๆ แต่ยางจะทนทานต่อของเหลวที่มีขั้ว เช่น อะซิโตน หรือแอลกอฮอล์ นอกจากนี้ยางธรรมชาติยังทนต่อการดและเบสเจือจางได้ดี แต่ไม่ทนต่อการดไนตริกและกรดซัลฟิวริกเข้มข้น

2.1.4.9 การเสื่อมสภาพเนื่องจากความร้อน โอโซน และแสงแดด (aging properties)

เนื่องจากโมเลกุลของยางธรรมชาติมีพันธะคู่อยู่มาก ทำให้ยางว่องไวต่อการทำปฏิกิริยากับออกซิเจน (ปฏิกิริยาออกซิเดชัน) โดยมีแสงและความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนั้นยางธรรมชาติจึงถูกออกซิไดส์ได้ง่าย นอกจากนี้ ยางธรรมชาติยังไม่ทนต่อโอโซนเพราะเมื่อยางถูกยืดและได้รับโอโซนนาน ๆ จะเกิดรอยแตกขนาดเล็กจำนวนมากที่บริเวณพื้นผิวในทิศตั้งฉากกับทิศทางการยืดตัวของยาง ด้วยเหตุนี้ในระหว่างการผลิตผลิตภัณฑ์จึงต้องมีการเติมสารเคมีบางชนิด (สารป้องกันการเสื่อมสภาพ) (antidegradants) และไข (wax) ลงไปเพื่อยืดอายุการใช้งานของยางธรรมชาติ

2.1.4.10 การหักงอที่อุณหภูมิต่ำ (low temperature flexibility)

ยางธรรมชาติยังคงรักษาสสมบัติความยืดหยุ่นหรือความสามารถในการหักงอได้แม้ในอุณหภูมิต่ำมาก ๆ ซึ่งยางที่มีสมบัตินี้ที่ดีกว่ายางธรรมชาติมีเพียง 2 ชนิดคือ ยางบิวตาไดอิน (BR) และยางซิลิโคน (Q)

2.1.4.11 compression set

ยางธรรมชาติมีค่า compression set ค่อนข้างต่ำทั้งที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิสูงปานกลาง อย่างไรก็ตาม compression set ที่อุณหภูมิต่ำของยางธรรมชาติจะสูงขึ้น เนื่องจากยางอาจเกิดการตกผลึกทำให้ความยืดหยุ่นของยางเริ่มสูญเสียไป ในขณะที่ค่า compression set ที่อุณหภูมิสูงของยางธรรมชาติจะมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากยางธรรมชาติไม่ทนต่อความร้อน ยางจึงเกิดการเสื่อมสภาพ ซึ่งจะส่งผลทำให้สมบัติ compression set ต่ำลง

2.1.4.12 การกระด้างกระดอน (rebound resilience)

ยางธรรมชาติมีสมบัติการกระด้างกระดอนสูง (สูงกว่ายางชนิดอื่น ๆ ทั้งหมด ยกเว้น BR) และในระหว่างการเปลี่ยนแปลงของรูปร่าง ยางจะสูญเสียพลังงานในรูปของความร้อนน้อย (มี hysteresis ต่ำ) ยางธรรมชาติจึงมีความร้อนสะสมต่ำเมื่อถูกใช้งานในเชิงพลวัต ยางชนิดนี้จึงเหมาะที่จะใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางที่มีขนาดใหญ่ เช่น ยางรถบรรทุกหรือยางล้อเครื่องบิน เพราะหากใช้ยางที่มีความร้อนสะสมสูงก็อาจจะทำให้ยางเกิดการระเบิดได้ง่าย

2.1.4.13 อุณหภูมิของการใช้งาน (service temperature)

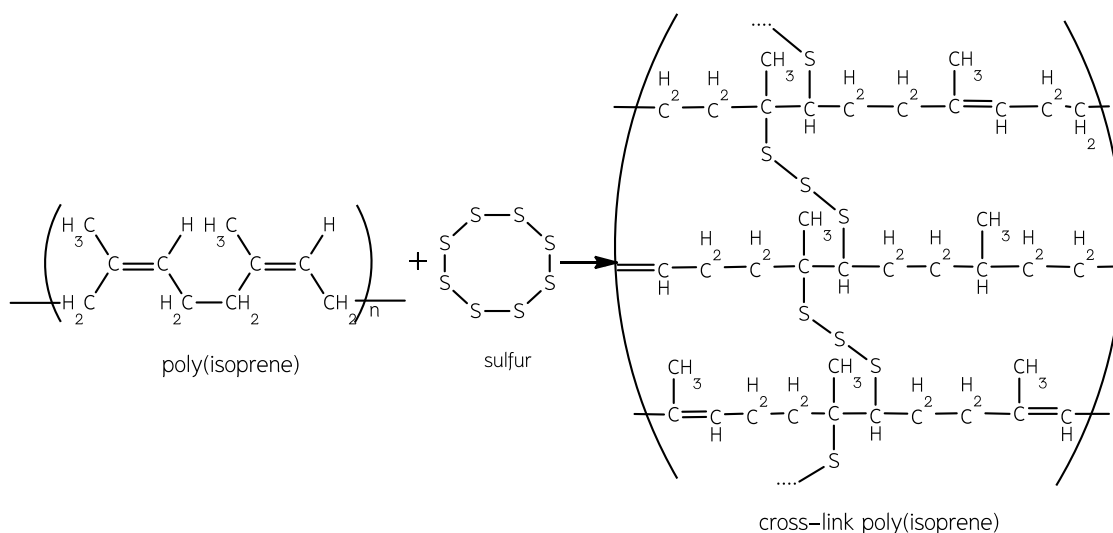
ยางธรรมชาติสามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิตั้งแต่ -55°C จนถึง 70°C อย่างไรก็ตาม หากเก็บไว้ในที่อุณหภูมิต่ำนาน ๆ ยางอาจเกิดการตกผลึกซึ่งจะทำให้ยางแข็งขึ้นและสูญเสียความยืดหยุ่นไป แต่เมื่ออุณหภูมิการใช้งานสูงเกินไป สมบัติเชิงกลต่าง ๆ ก็จะต้อง

ลงเนื่องจากความร้อนจะทำให้ยางเกิดการเสื่อมสภาพ ในบางกรณีที่มีการออกสูตรผสมเคมี ยางได้อย่างเหมาะสม 90 °C หรืออาจสูง 100 °C (ในกรณีที่ยางได้รับอุณหภูมิสูงเป็นช่วง ๆ เท่านั้น)

2.1.5 การผสมยางเคมี

ยางดิบจะมีขีดจำกัดในการใช้งานเนื่องจากมีสมบัติเชิงกลต่ำและมีลักษณะทางกายภาพที่ไม่เสถียร โดยสมบัติต่าง ๆ จะแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างมาก กล่าวคือ ยางจะอ่อนตัวและเหนียวเมื่อร้อน แต่จะแข็งเปราะเมื่ออุณหภูมิต่ำ ด้วยเหตุนี้ การใช้ประโยชน์จากยางจำเป็นต้องมีการผสมยางกับสารเคมีต่าง ๆ เช่น กำมะถัน ผงเขม่าดำ และสารตัวเร่งปฏิกิริยา เป็นต้น หลังจากการผสมยางเคมี ยางผสมที่ได้หรือเรียกกันโดยทั่วไปว่า ยางคอมพาวด์ (rubber compound) จะถูกนำไปขึ้นรูปที่แม่พิมพ์ภายใต้ความร้อนและความดัน กระบวนการนี้เรียกว่ากระบวนการคงรูปร่างหรือในทางเทคนิคจะเรียกว่ากระบวนการวัลคาไนเซชัน (vulcanization) ยางที่ผ่านกระบวนการดังกล่าวแล้วจะเรียกว่า “ยางสุกหรือยางคงรูป (vulcanizate)” ซึ่งสมบัติของยางคงรูปที่ได้นี้จะเสถียร ไม่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิมากนักและมีสมบัติเชิงกลดีขึ้น

วัลคาไนเซชัน (vulcanization) คือ การที่ยางทำปฏิกิริยากับกำมะถันในปริมาณที่เหมาะสมที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดหลอมเหลวของกำมะถัน โดยกำมะถันที่นำมาทำปฏิกิริยาดังนี้ จะสร้างพันธะโคเวเลนต์เชื่อมระหว่างโซ่พอลิเมอร์ให้เป็นโมเลกุลเดียวกันทำให้ยางมีคุณภาพคงตัวในอุณหภูมิต่าง ๆ มีความยืดหยุ่นได้ดีมากขึ้น ทนความร้อนและแสงแดด ละลายในตัวทำละลายได้ยากขึ้น เช่น ปกติยางธรรมชาติเมื่อได้รับความร้อนจะเหนียวและอ่อนตัว แต่เมื่ออุณหภูมิต่ำลงจะแข็งและเปราะฉะนั้นจึงต้องปรับคุณภาพของยางธรรมชาติก่อนนำมาใช้ประโยชน์ ปฏิกิริยานี้ถูกค้นพบโดยบังเอิญโดย ชาร์ลส์ กูดเยียร์ (Charles Goodyear) ดังภาพที่ 2.8 (พรพรรณ นิธิอุทัย, 2528)



ภาพที่ 2.8 กลไกการเกิดวัลคาไนเซชัน

แม้ว่ายางธรรมชาติสามารถคงรูปได้ด้วยเพอร์ออกไซด์หรือการใช้รังสีที่มีพลังงานสูง แต่ระบบการคงรูปด้วยกำมะถันก็ยังคงเป็นระบบที่ใช้กันมากในอุตสาหกรรมยาง เมื่อเปรียบเทียบกับยางสังเคราะห์ ยางธรรมชาติต้องการปริมาณกำมะถันมากกว่าแต่ต้องปริมาณสารตัวเร่งปฏิกิริยาน้อยกว่า เพราะในยางธรรมชาติมีสารประกอบอินทรีย์บางตัวที่สามารถเร่งปฏิกิริยา คงรูปได้

ยางธรรมชาติเป็นของแข็งที่มีความเหนียวและมีความหนืดสูง การผสมสารเคมีเข้ากับยางจึงเป็นไปได้ยาก ด้วยเหตุนี้ ก่อนการผสมเคมีจึงต้องทำการบดยางหรือลดความหนืดของยางโดยการตัดโมเลกุลของยาง (ลดน้ำหนักโมเลกุล) ด้วยกระบวนการเชิงกล นั่นคืออาศัยแรงการเฉือน ในเครื่องรีดแบบ 2 ลูกกลิ้ง (two-roll mill) หรือในเครื่องผสมระบบปิด (internal mixer) ขั้นตอนการบดยางเพื่อลดความหนืดของยางก่อนผสมเคมีนี้เรียกว่า “มาสติเคชัน (mastication)” ปกติการบดยางที่อุณหภูมิห้องจะให้ประสิทธิภาพการบดที่ดีเพราะยางจะมีความหนืดสูงส่งผลทำให้เกิดแรงเฉือนสูง โมเลกุลยางก็จะเกิดการฉีกขาดได้ดี แต่ที่อุณหภูมิสูง ยางจะมีความหนืดลดลงซึ่งจะส่งผลทำให้แรงเฉือนที่เกิดขึ้นในระหว่างการผสมลดลงด้วย ประสิทธิภาพในการบดยางอันเนื่องมาจากแรงเชิงกลลดลง แต่ในบางครั้งก็สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการบดยางที่อุณหภูมิสูงได้เช่นกันโดยการเติมสารแปบไทเซอร์ (peptizer) ลงเล็กน้อย เพราะสารเคมีดังกล่าวจะช่วยทำให้โมเลกุลของยางที่ถูกตัดขาดไปแล้วไม่สามารถกลับเข้าไปทำปฏิกิริยารวมตัวกันใหม่

เนื่องจากการบดขยี้ที่มากเกินไปจะทำให้ยางอ่อนเกินไป ซึ่งทำให้ยางไม่สามารถรับสารตัวเติมได้ในปริมาณมาก ยางคงรูปที่ได้จึงมีความยืดหยุ่น สมบัติเชิงกล และสมบัติเชิงพลวัตที่ไม่ดี ดังนั้นการบดขยี้จึงควรทำเท่าที่จำเป็น (ใช้เวลาให้สั้นที่สุดเท่าที่จะทำได้) เพราะนอกจากจะทำให้ยางคงรูปที่ได้มีสมบัติที่ดีแล้ว ยังช่วยลดต้นทุนในการผลิตอีกด้วย

2.2 การผลิตยางพาราแผ่นแห้ง

2.2.1 กระบวนการผลิตยางพาราแผ่นแห้ง

2.2.1.1 การเก็บรวบรวมน้ำยาง ต้องเช็ดด้วยยางให้สะอาด ก่อนที่จะใช้รองรับน้ำยาง ทำความสะอาดถังเก็บน้ำยาง ก่อนใช้ทุกครั้ง

2.2.1.2 การทำความสะอาดเครื่องมือ ต้องทำความสะอาดเครื่องมือทำยางแผ่นทุกชนิดก่อนและหลังการใช้งานแล้ว เนื่องจากความสะอาดเป็นสิ่งสำคัญที่สุดในการผลิตยางแผ่นคุณภาพดีเครื่องมือทำยางแผ่นควรให้เปียกน้ำทุกครั้งก่อนการใช้งาน เพื่อความสะดวกในการทำความสะอาดหลังการใช้งานเสร็จ ซึ่งเครื่องมือที่จำเป็นในการทำยางแผ่น ได้แก่ เครื่องกรองลวดเบอร์ 40 และ 60 ตะกั่ว สำหรับใส่และน้ำยาง กระจบอง ตวง น้ำยาง และน้ำ ใบพายสำหรับกวนน้ำยาง ภาชนะผสมน้ำกรด ใต๋ขนาดยาง เครื่องรีดชนิดเรียบและชนิดดอก

2.2.1.3 การกรองน้ำยาง กรองโดยใช้เครื่องกรองลวดเบอร์ 40 และ 60 เพื่อเอาสิ่งสกปรกออก โดยวางเครื่องกรองซ้อนกัน 2 ชั้น เบอร์ 40 อยู่ด้านบน และเบอร์ 60 อยู่ด้านล่าง

2.2.1.4 การตวงน้ำยางใส่ตะกั่วตวงน้ำยางที่ตวงเรียบร้อยแล้วใส่ในตะกั่วที่สะอาด ตะกั่วละ 3 L

2.2.1.5 การผสมน้ำกับน้ำยางเติมน้ำสะอาดลงในตะกั่วที่ใส่น้ำยางไว้แล้วตะกั่วละ 2 L จะได้อัตราส่วนผสมระหว่างน้ำยางกับน้ำในอัตราส่วน 3:2 ส่วน (อัตราส่วนผสมอาจเปลี่ยนแปลงได้ถ้าหากน้ำยางเจือจาง เนื่องจากเก็บน้ำยางขณะฝนตก)

2.2.1.6 การผสมน้ำกรด ใช้กรดฟอร์มิค 2 ช้อนแกงผสมน้ำสะอาด 3 กระจบองนมข้นหวาน แล้วกวนให้เข้ากันโดยใช้กรดเทใส่น้ำในภาชนะกระเบื้องเคลือบพลาสติก

2.2.1.7 การใช้น้ำกรดผสมน้ำยาง ใช้ใบพายกวนน้ำยางในตะกั่ว 2-3 ครั้ง จึงตวงน้ำกรดที่ผสมแล้ว 1 กระจบองนมข้นหวาน เทลงในน้ำยางให้ทั่วตะกั่ว ขณะที่เทน้ำกรดใช้ใบพายกวนยางไปมาประมาณ 6 ครั้ง

2.2.1.8 การกวาดฟองน้ำยาง ขณะกวนน้ำยางจะมีฟองเกิดขึ้น ใช้ใบพายกวาดฟองน้ำยางออกจากตะกั่วให้หมด เก็บรวบรวมใส่อภาชนะเพื่อขายเป็นเศษยาง ถ้าไม่กวาด

พองน้ำยางออก เมื่อนำยางไปรมควันจะทำให้เห็นเป็นรอยจุดอากาศในแผ่นยาง ยางที่ได้คุณภาพต่ำกว่าที่ควรจะเป็น

2.2.1.9 การใช้วัตถุปิดฝาตะกุง ควรใช้แผ่นสังกะสี หรือวัสดุอื่นปิดฝาตะกุงเพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นละอองหรือสิ่งสกปรกตกลงไปในน้ำยางที่กำลังจะจับตัว ทิ้งไว้ประมาณ 30-40 นาที

2.2.1.10 การนวดแผ่นยาง เมื่อยางจับตัวแล้ว ก่อนนำไปนวดควรใช้น้ำสะอาดหล่อไล่ทุกตะกุง เพื่อความสะดวกในการเทแท่งยางออกจากตะกุง การนวดยางควรนวดแผ่นยางบนโต๊ะที่สะดวก ซึ่งปูพื้นด้วยอลูมิเนียมหรือสังกะสี นวดด้วยมือหรือไม้กลม

2.2.1.11 การรีดแผ่นยางด้วยเครื่องมือรีดเรียบ นำแผ่นยางที่นวดแล้วเข้าเครื่องรีดเรียบ 1-2 ครั้ง โดยให้แผ่นยางบางประมาณ 3-4 mm

2.2.1.12 การรีดแผ่นยางด้วยเครื่องรีดดอก หลังการนำแผ่นยางเข้าเครื่องรีดเรียบแล้ว ก็นำแผ่นยางเข้าเครื่องรีดดอก เพื่อช่วยให้แผ่นยางแห้งเร็ว

2.2.1.13 การล้างแผ่นยาง แผ่นยางที่รีดดอกแล้ว ควรล้างด้วยน้ำสะอาดเพื่อล้างน้ำกรดและสิ่งสกปรกที่ติดอยู่ตามผิวของแผ่นยางออกให้หมด

2.2.1.14 การผึ่งแผ่นยาง ควรนำมาผึ่งไว้ในร่ม ไม่ควรผึ่งตากแดด เพราะจะทำให้ยางแผ่นเสื่อมคุณภาพได้ง่าย

2.2.1.15 การเก็บแผ่นยางเพื่อรอจำหน่าย หลังจากการผึ่งยางแผ่นไว้ประมาณ 6 ชั่วโมง ก็เก็บรวมยางแผ่นโดยพาดไว้บนราวในโรงเรือนเพื่อรอจำหน่าย

ซึ่งกล่าวโดยสรุปได้ว่าเมื่อชาวสวนได้น้ำยางสดที่รีดได้จากผิวของต้นยางพารา มาแล้ว ก็จะกรองน้ำยางสดผ่านตะแกรงเพื่อแยกเอาเศษผงหรือสิ่งสกปรกออก จากนั้นก็ผสมกับกรดอะซิติก (CH_3COOH) หรือกรดฟอร์มิก (CH_2O_2) ที่เจือจางเพื่อให้น้ำยางสดจับตัวเป็นก้อน จากนั้นก็นำไปรีดให้เป็นแผ่นบาง ๆ ด้วยลูกกลิ้ง ทั้งนี้เพื่อเป็นการกำจัดน้ำและกรดที่ยังหลงเหลืออยู่ ออกจนยางแผ่นหนาประมาณ 2-3 mm แล้วนำไปผึ่งไว้ในที่ร่มจะได้ยางแผ่นดิบ (un-smoked sheet) ซึ่งสามารถนำมาแปรรูปต่อได้ 2 ทางคือ การทำยางตากแห้ง โดยการผึ่งแดด 1 วัน แล้วผึ่งต่อในร่มประมาณ 7 วัน หรืออบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 45-46 °C ประมาณ 3-5 วัน บรรจุหีบห่อ รอการจำหน่าย และการทำยางแผ่นรมควัน โดยการเข้าโรงรมควัน อุณหภูมิประมาณ 50-60 °C นาน 4-10 วัน แล้วบรรจุหีบห่อรอการจำหน่าย ในการรมควันจะใช้ควันจากไม้สด ๆ ควันนี้จะทำให้แผ่นยางกลายเป็นสีน้ำตาล ขณะเดียวกันควันก็ช่วยการป้องกันไม่ให้เกิดราบนแผ่นยางได้ ยางที่ได้นี้เรียกว่ายางดิบ (crepe rubber) หรือยางแผ่นรมควัน ซึ่งจะถูกส่งไปสู่ผู้ผลิตสินค้าประเภทต่าง ๆ ต่อไป

2.2.2 การศึกษาคุณภาพยางแผ่น

2.2.2.1 ยางแผ่นดิบคุณภาพดี ดังนี้

- (1) มีความสะอาดและปราศจากฟองอากาศตลอดแผ่น
- (2) มีความหนาของแผ่นยางไม่เกิน 3 mm
- (3) มีความชื้นในแผ่นยางไม่เกิน 3 %
- (4) เนื้อยางแห้งใส มีสีสม่ำเสมอตลอดทั้งแผ่น
- (5) มีความยืดหยุ่นดี และมีลายดอกเห็นเด่นชัดตลอดทั้งแผ่น

มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อแผ่น 800–1,200

(6) แผ่นยางเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดกว้าง 38–46 cm และมีความยาว 80–90 cm

2.2.2.2 ยางแผ่นดิบคุณภาพดี ความชื้น 3–5 % ดังนี้

- (1) มีความสะอาด และมีฟองอากาศอยู่ในแผ่นยางได้บ้างเล็กน้อย
- (2) มีความหนาของแผ่นยางไม่เกิน 4 mm ในแผ่นยางไม่เกิน 5 %
- (3) เนื้อยางแห้ง มีสีสม่ำเสมอตลอดทั้งแผ่น หรืออาจมีสีคล้ำค่อนข้าง

ทึบไม่โปร่งใสเท่าที่ควร

- (4) มีความยืดหยุ่นดีและมีลายดอกเห็นเด่นชัด
- (5) มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อแผ่น 1,000–1,500 g
- (6) แผ่นยางเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดความกว้าง 38–46 cm และความยาว 80–90 cm หรือรูปทรงของแผ่นยางเหมาะสำหรับการนำไปรมควัน

2.2.2.3 ยางแผ่นดิบ ความชื้น 5–7 % ดังนี้

- (1) แผ่นยางสะอาด หรือมีสิ่งสกปรก และฟองอากาศเล็กน้อย
- (2) ความชื้นในแผ่นยางไม่เกิน 7 %
- (3) มีความยืดหยุ่นดี และลายดอกเด่นชัด
- (4) มีสีคล้ำ หรือดำค่อนข้างทึบ ไม่โปร่งใส
- (5) มีราสนิม ราดำ ปนเปื้อนในแผ่นยางได้บ้างเล็กน้อย
- (6) แผ่นยางเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดความกว้าง 38–46 cm และ

ความยาว 80–90 cm

2.2.2.4 ยางแผ่นดิบ ความชื้น 7–10 % ดังนี้

- (1) แผ่นยางสะอาด หรือมีสิ่งสกปรก และฟองอากาศเล็กน้อย

- (2) ความชื้นในแผ่นยางไม่เกิน 10 %
- (3) มีความยืดหยุ่น และลายดอกชัดเจน
- (4) มีสีคล้ำ หรือดำดำค่อนข้างทึบ ไม่โปร่งใส
- (5) มีราสนิม ราดำปนเปื้อนในแผ่นยางเล็กน้อย
- (6) แผ่นยางเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดความกว้าง 38–46 cm และมีความยาว 80–90 cm

ความยาว 80–90 cm

2.2.2.5 ลักษณะยางแผ่นดิบที่คุณภาพต่ำกว่ามาตรฐานไม่รับเข้าตลาดกลางยางพารา ดังนี้

- (1) สิ่งสกปรกและฟองอากาศในแผ่นยางมากตลอดทั้งแผ่น
- (2) เสียความยืดหยุ่น เนื้อยางเปื่อยง่าย หรือมีรูพรุน
- (3) เนื้อยางแห้งไม่สม่ำเสมอ มีความชื้นในแผ่นยางมากกว่า 3 % (ยางคุณภาพ) เนื้อยางแห้งไม่สม่ำเสมอ มีความชื้นในแผ่นยางมากกว่า 5 % (ยางแผ่นดิบชั้น 3–5 %)
- (4) แผ่นยางมีความหนาหรือบางมากเกินไป
- (5) แผ่นยางเหนียวเยิ้ม มีกลิ่นเหม็น สีคล้ำ หรือดำดำตลอดทั้งแผ่น
- (6) มีราสนิม ราดำปนเปื้อนในแผ่นยางมาก หรือมีราหนาแน่นเห็นได้ชัด
- (7) รูปแผ่นไม่ได้ขนาดมาตรฐาน ลักษณะแผ่นยางเล็ก หรือใหญ่มากเกินไป หรือเป็นเศษเสี้ยวของแผ่นยาง

2.2.2.6 คุณภาพยางแผ่นด้านกายภาพ

สามารถตรวจสอบมาตรฐานของสถาบันวิจัยยางกรมการเกษตร (สำนักงาน กองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง) ได้ดังนี้

- (1) แผ่นยางสะอาด ไม่มีรอยคราบน้ำกรด หรือเหนียวเยิ้ม เมื่อยกแผ่นยางขึ้นส่องดูต้องไม่มีสิ่งสกปรก หรือจุดต่างดำเจือปนในเนื้อยางและต้องไม่มีจุดฟองอากาศ
- (2) แผ่นบาง ความหนาของแผ่น 2.8–3.2 mm แผ่นยางเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ความกว้าง 38–46 mm ยาว 80–90 mm และมีน้ำหนักต่อแผ่นประมาณ 1,000–1,500 g
- (3) เนื้อยางแห้งใส สีของแผ่นยางสม่ำเสมอเป็นสีเดียวกันตลอดแผ่น ลักษณะสีเหลืองทองหรือเหลืองอ่อน
- (4) แผ่นยางมีลายดอกนูนเด่นชัด มีความยืดหยุ่นดี เมื่อดึงแผ่นยางออกดูเนื้อยางจะต้องไม่ขาดง่ายหรือเป็นรูพรุน

แต่คุณสมบัติโดยละเอียดที่มีการแยกแยะมาตรฐานของคุณภาพยางไว้
อย่างชัดเจนที่กำหนดไว้โดยกรมวิชาการเกษตรโดยตรง ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 คุณภาพของยางแผ่นดิบ

ลำดับ	รายการ	คุณภาพของยางแผ่นดิบชั้นที่			
		1	2	3	4
1	ความสะอาดของแผ่น (%)	100	100	100	100
	-สิ่งสกปรกในแผ่น	0	เล็กน้อย	เล็กน้อย	มีบ้าง
	-ฟองอากาศในแผ่น	0	เล็กน้อย	เล็กน้อย	มีบ้าง
2	ความหนาของแผ่น (mm)	≤3	≤4	≤4	≤4
3	ความชื้นในแผ่นยาง (%)	≤1.5	≤2	≤3	≤4.5
4	สีของเนื้อยาง	ใส	สม่ำเสมอ	ไม่ใสนัก	ไม่ใส
	-ความคล้ำ	0	อาจมีบ้าง	คล้ำ	คล้ำ
	-รอยด่างดำ	0	อาจมีบ้าง	ค่อนข้างทึบ	ทึบ
5	แผ่นยืดหยุ่น	ดี	ดี	ดี	ดี
	-ลายดอกแผ่นที่ปรากฏ	ชัด	ชัด	ชัด	ชัด
6	น้ำหนักแผ่น (g)	800-1,200	1,000-1,200	≤1,500	≤1,500
7	รูปแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้า (cm)				
	-กว้าง	38-46	38-46	38-46	38-46
	-ยาว	80-90	80-90	80-90	80-90

ที่มา: (มนิรัตน์ วินัย สุตยั้งใจ, 2551, หน้า 23)

2.3 กรดในการผลิตยางพาราแผ่นแห้ง

ในการผลิตยางพาราแผ่นแห้งขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญคือการเลือกใช้กรดในการทำให้น้ำยางจับตัวกันเป็นก้อนก่อนที่จะนำไปรีดให้เป็นแผ่น กรดที่ใช้จะเป็นกรดเจือจางที่มีความเข้มข้น 2-5 % แล้วแต่ชนิดของกรด คุณสมบัติของกรดในการทำให้น้ำยางจับตัวนั้นแตกต่างกันออกไป เช่น ในปัจจุบันกรมวิชาการเกษตรแนะนำให้เกษตรกรใช้กรดฟอร์มิค เพราะทำให้น้ำที่เหลืออยู่ในยางก้อนน้อยกว่าการใช้กรดซัลฟิวริก แต่เมื่อระยะเวลาในการผึ่งยางมากขึ้น เปอร์เซ็นต์ความชื้นของยางก้อนที่ทำให้จับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกจะระเหยออกไปได้เร็วกว่ายางก้อนที่ทำให้จับตัวด้วยกรดฟอร์มิค แต่หลังจากผึ่งยางเกิน 5 วันขึ้นไป การใช้กรดทั้ง 2 ชนิด ไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์เนื้อยางแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งเมื่อพิจารณาราคากรดทั้ง 2 ชนิด กรดซัลฟิวริก มีราคาต่ำกว่าราคากรด

ฟอร์มิคมาก ในขณะที่เดียวกันเมื่อพิจารณาถึงคุณภาพยางก้อนที่ผลิตด้วยกรดซัลฟิวริก น่าจะมีปริมาณซัลเฟอร์ตกค้างมากกว่ายางก้อนที่ผลิตด้วยกรดฟอร์มิค ซึ่งถ้านำไปผลิตเป็นยางแท่ง และผลิตภัณฑ์ยางจะทำให้เกิดความเสียหายต่อขบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยางต่อไปได้ ในงานวิจัยนี้ได้พยายามเสนอทางเลือกในการใช้ชนิดของกรดในการทำยางแผ่น จึงได้เปรียบเทียบคุณสมบัติของกรดที่มีการนำมาใช้ดังนี้

2.3.1 กรดฟอร์มิค

เรียกตามระบบว่า กรดเมทาโนอิก (methanoic acid) เป็นกรดที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนนัก มีสูตรโมเลกุล CH_2O_2 ในธรรมชาติพบในพวกมดและผึ้ง เพื่อใช้สำหรับป้องกันตัว และพบได้ในการเผาไหม้จากยานพาหนะที่เชื้อเพลิงจากเมทานอลและเอทานอลที่มีน้ำผสมอยู่ โดยที่คำว่า “formic” ได้มาจากคำในภาษาละตินว่า formica ซึ่งแปลว่ามดนั่นเอง กรดนี้ค้นพบโดย จอห์น เรย์ นักธรรมชาติวิทยาชาวอังกฤษ เมื่อปี พ.ศ. 2214 เป็นบุคคลแรกที่ทราบถึงการสกัดกรดฟอร์มิค โดยการกลั่นมดจำนวนมาก ต่อมา โซเซฟ หลุยส์ เก-ลูซัก นักเคมีชาวฝรั่งเศส ได้ค้นพบวิธีการสังเคราะห์กรดฟอร์มิคจากกรดไซยานิก และต่อมา marcellin merthelot นักเคมีชาวฝรั่งเศสได้ค้นพบวิธีสังเคราะห์จากคาร์บอนมอนอกไซด์ และใช้วิธีนี้มาจนปัจจุบัน

กรดฟอร์มิกละลายได้ดีในน้ำและสารละลายอินทรีย์เกือบทุกชนิดที่มีขั้ว และละลายได้ในไฮโดรคาร์บอน คุณสมบัติโดยทั่วไปจะเหมือนกับสารเคมีอื่น ๆ ในกลุ่มคาร์บอกซิลิกแอซิด แต่ที่พิเศษกว่าตัวอื่นคือสามารถทำปฏิกิริยากับอัลเคนได้ ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากันจะทำให้เกิดเอสเทอร์ กรดฟอร์มิคได้มาจากผลพลอยได้จากการผลิตสารเคมีอื่น เช่น การผลิตกรดอะซีติก ส่วนใหญ่จะใช้กรดฟอร์มิคในการป้องกันแบคทีเรียของอาหารสัตว์ เช่น เมื่อนำกรดฟอร์มิคไปฉีดพ่นบนฟางหรือหญ้าของสัตว์จะทำให้เสียค่าลงและยังคงคุณค่าทางอาหารไว้ได้นานกว่าไม่ฉีดพ่น มีการใช้ในการป้องกันหนูในกลุ่มผู้เลี้ยงผึ้ง ในอุตสาหกรรมผ้าและการฟอกหนังสัตว์ อุตสาหกรรมน้ำหอม และอุตสาหกรรมสารทำความสะอาดครัวเรือน และใช้ในการทำให้น้ำยางพาราจับตัวกันเป็นก้อน

ข้อควรระวังในการใช้งานของกรดฟอร์มิคคือต้องระวังไม่ให้ผิวหนังหรือดวงตาสัมผัสกับกรดหรือไอของกรดที่มีความเข้มข้นสูง เพราะจะทำให้ผิวหนังไหม้ และสูญเสียการมองเห็นได้อย่างถาวร การสูดดมไอระเหยจะทำให้เกิดความระคายเคืองในระบบทางเดินหายใจ และกรดนี้สามารถกำจัดออกจากร่างกายผ่านกระบวนการเมตาบอลิซึมได้ค่อนข้างง่าย แต่ในการทดลองกับสัตว์พบว่าป็นสารเคมีที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมหรือสารมะเร็ง และถ้าได้รับในความเข้มข้นที่สูง ๆ อาจทำให้ไตเสียหายได้

กรดฟอร์มิกที่เกษตรกรสวนยางนิยมใช้ในปัจจุบันเป็นชนิดที่เข้มข้นสูง 90 % ขึ้นไป ใช้ในอัตราส่วนกรดฟอร์มิก 30 mL ต่อน้ำสะอาด 1,200 mL หรือเตรียมกรดฟอร์มิกในอัตราส่วน น้ำหนักกรด 2-5 g ผสมในน้ำสะอาด 100 mL (ความเข้มข้นประมาณ 2-5 %) แล้วกวาดให้เข้ากัน โดยเทกรดลงในน้ำที่ใส่ไว้ในภาชนะที่เป็นกระเบื้องเคลือบ กรดฟอร์มิก 94 % จะมีราคาประมาณ 60-70 บาท/Kg เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำส้มสายชูกลั่นที่มีความเข้มข้น 5 % ราคาที่ 10-70 บาท/kg และน้ำส้มสายชูหมัก 10-20 บาท/kg

2.3.2 กรดอะซิติก

กรดอะซิติก มีสูตรโมเลกุลคือ $C_2H_4O_2$ แต่มักเขียนเป็น CH_3COOH หรือ CH_3CO_2H เพื่อให้เห็นโครงสร้างที่ชัดเจนขึ้น กรดอะซิติกจัดเป็นสารประกอบเคมีอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่มีอยู่ใน น้ำส้มสายชู คือให้รสเปรี้ยวและกลิ่นฉุน การค้นพบกรดอะซิติกมีมานานแล้วโดยเฉพาะอย่างยิ่งใน กระบวนการผลิตเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ เช่น เบียร์หรือไวน์ ที่ผู้ผลิตมักสังเกตเห็นการเกิดกรดขึ้น เมื่อลืมหิ้งเบียร์หรือไวน์ที่สัมผัสกับอากาศ เพราะว่าจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดกรดอะซิติกนี้มีอยู่ทั่วไปใน โลกนี้ ในการผลิตกรดอะซิติกสามารถผลิตทั้งแบบสังเคราะห์และแบบชีวภาพ การผลิตด้วยวิธีชีวภาพ นั้นมีประมาณ 10 % แม้ว่าจะน้อยแต่เป็นการผลิตเพื่อประโยชน์ทางอาหาร

คุณสมบัติทางเคมีของกรดอะซิติก คือ ไฮโดรเจนอะตอมในกลุ่มของคาร์บอกซิล ($R-COOH$) ในคาร์บอกซิลิกแอซิด เช่น กรดอะซิติกให้ไฮโดรเจน (H^+) ที่แสดงถึงคุณสมบัติความเป็นกรด กรดอะซิติกแข็งตัวที่อุณหภูมิต่ำกว่า $16.7^\circ C$ มีลักษณะเป็นผลึกใส กรดชนิดนี้มีฤทธิ์กัดกร่อน ไอของ กรดสามารถทำให้ตาและจมูกระคายเคือง สามารถกัดกร่อนโลหะได้หลายอย่าง เช่น เหล็ก แมกนีเซียม หรือสังกะสี แต่ก็ยังมีฤทธิ์เป็นกรดอ่อน หากละลายน้ำ เมื่อกรดอะซิติกเป็นของเหลวจะมีคุณสมบัติคล้าย น้ำและเอทานอลซึ่งมีขั้ว สามารถละลายได้ดีในสารละลายทั้งแบบมีขั้วและไม่มีขั้วเช่น น้ำ คลอโรฟอร์ม และเฮกเซน ด้วยคุณสมบัตินี้เองกรดอะซิติกจึงเป็นที่นิยมในการใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรม เช่น การ ใช้ในการผลิตขวดเครื่องดื่ม ผลิตภัณฑ์พลาสติก การทำกาวไม้ และในด้านการผลิตผ้าและเส้นใยสังเคราะห์ ใน ด้านอุตสาหกรรมอาหาร กรดอะซิติกใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหารเพื่อควบคุมความเป็นกรด (มณีรัตน์ วินัย สุตย์ตั้งใจ, 2551, หน้า 24)

2.4 น้ำส้มควันไม้

น้ำส้มควันไม้ เป็นของเหลวสีน้ำตาลใส มีความเป็นกรด และมีกลิ่นของควันไฟไหม้ ได้ จากการควบแน่นของควันที่เกิดในระหว่างการกลั่นสลายไม้ทำให้โมเลกุลของไม้เกิดปฏิกิริยา เปลี่ยนเป็นสารเคมีต่าง ๆ กว่า 200 ชนิด โดยมีองค์ประกอบหลักคือ กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก ฟอร์มัลดีไฮด์ เมทานอล อะซิโตน ทาร์ เป็นต้น จึงทำให้มีคุณสมบัติการใช้งานอย่างกว้างขวาง

ทั้งในการเกษตร ปศุสัตว์ อาหาร ยา ฯลฯ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศไทยที่นิยมใช้ในด้าน การเกษตรและปศุสัตว์เพื่อช่วยย่อยและโรคท้องเสีย เป็นต้น อย่างไรก็ตามข้อมูลทาง วิทยาศาสตร์และในงานวิจัยประเทศไทยที่จะสนับสนุนคุณสมบัติดังที่ได้กล่าวอ้างข้างต้น ยังคง มีน้อยมากหรือแทบไม่มีเลย นอกจากนี้ น้ำส้มควันไม้ยังเป็นสารที่คณะกรรมการอาหารและยา ของสหรัฐอเมริกา (FDA) อนุญาตให้ใช้สำหรับแต่งกลิ่นควันในอาหาร ทั้งสามารถใช้เคลือบผิว ไม้เพื่อป้องกันมอด แมลงและรา เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอาง ทดแทนสารเคมีบางชนิดได้ ดังนั้นการผลักดันการใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเคมีทดแทน หรือเป็นสารเติมแต่งเพื่อปรับ คุณภาพการผลิตในระดับอุตสาหกรรมและชุมชนจึงเป็นเรื่องที่มีความเป็นไปได้สูงมาก

ปัจจุบันเครือข่ายการผลิตน้ำส้มควันไม้ได้ขยายตัวอย่างรวดเร็ว เพราะการผลิตน้ำส้ม ควันไม้ไม่มีการลงทุนที่ไม่สูงมากนัก วัตถุดิบหาได้ง่ายในท้องถิ่น เทคโนโลยีการผลิตไม่ซับซ้อน สามารถผลิตในระดับชุมชนได้ รวมทั้งมีคุณสมบัติการใช้งานกว้าง แต่งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ น้ำส้มควันไม้ในประเทศไทยยังมีน้อยมาก อาจนำไปสู่การพัฒนาการใช้น้ำส้มควันไม้ใน อุตสาหกรรมเฉพาะทางได้ เช่น อุตสาหกรรมสารเติมแต่งเพื่อปรับปรุงคุณภาพยางแผ่นและยาง แท่ง เป็นต้น ทั้งนี้เป็นเพราะน้ำส้มควันไม้เป็นแหล่งสารเคมีที่ได้จากธรรมชาติ คือ กระบวนการ เผาถ่าน

2.4.1 กระบวนการคาร์บอนในเซชัน

เป็นกระบวนการหนึ่งที่ใช้สลายไม้ด้วยความร้อนและได้ผลิตภัณฑ์ที่สามารถแบ่ง ออกกว้าง ๆ ได้ 4 ชนิด คือ

2.4.1.1 ถ่าน (ของแข็ง) เป็นผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ที่ได้จากการกลั่นสลายไม้ มี คาร์บอนเป็นองค์ประกอบ

2.4.1.2 น้ำส้มควันไม้ (ของเหลว) ได้จากการควบแน่นของแก๊สที่ได้จากการเผา ไหม้ ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบหลักได้แก่ กรดอะซิติก เมทานอล และอะซีโตน นอกจากนี้ ยังมีสารอื่นอีกหลายชนิด

2.4.1.3 น้ำมันดิน (ของเหลว) สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ น้ำมันดินที่ เป็นสารละลายในน้ำส้มควันไม้และน้ำมันดินที่เป็นตะกอน ซึ่งเป็นสารที่ไม่ละลายและมีความ หนาแน่นสูงกว่าน้ำส้มควันไม้โดยทั่วไปน้ำมันดินที่มีจุดเดือดแตกต่างกันจะมีองค์ประกอบที่ แตกต่างกันไป เช่น น้ำมันดินที่ประกอบด้วยกลุ่มอัลดีไฮด์ คีโตน อีเทอร์ จะมีจุดเดือดต่ำกว่า น้ำมันดินกลุ่มฟีนอลิก

2.4.1.4 แก๊สที่ไม่ควบแน่น ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ มีเทน ไฮโดรเจน เป็นต้น

2.4.2 การเก็บน้ำส้มควันไม้

การผลิตน้ำส้มควันไม้ใช้น้ำมันอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาไหม้อยู่ในช่วง 250–600 °C ซึ่งทำให้ไม้ค่อย ๆ เปลี่ยนสภาพไปจากเดิม ให้ได้ผลผลิตออกมาหลายชนิด เช่น กรดอะซีติก เมทานอล อะซีโตน ทาร์ และแก๊สต่าง ๆ สำหรับกระบวนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอนคือ

2.4.2.1 อุณหภูมิไม่เกิน 200 °C เมื่อใกล้ถึงอุณหภูมิ 200 °C กลุ่มสารบางชนิด จะถูกไล่ออกมาพร้อมทั้งเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ กรดอะซีติก กรดฟอร์มิกเล็กน้อย เนื่องจากการสลายเฮมิเซลลูโลสแต่ยังมีสัดส่วนน้อยมาก คือไม่เกิน 5 %

2.4.2.2 ช่วงอุณหภูมิ 200–280 °C ช่วงนี้เฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลสจะแตกตัวมากขึ้น รวมทั้งลิกนินเริ่มสลายตัว เมื่ออุณหภูมิใกล้เซลลูโลสแตกตัวได้แก๊สต่าง ๆ เนื้อไม้เริ่มกลายเป็นถ่านอย่างช้า ๆ และเกิดปฏิกิริยาดูดความร้อน จึงต้องการเพิ่มความร้อนจากภายนอก

2.4.2.3 ช่วงอุณหภูมิ 280–500 °C องค์ประกอบไม่เกิดการสลายอย่างรวดเร็ว เกิดแก๊สต่าง ๆ หลายชนิดที่สามารถควบแน่นและเก็บไว้เป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้ เช่น น้ำส้มควันไม้ ทาร์ เป็นต้น ส่วนไม้ที่เหลือถูกเปลี่ยนสภาพโดยการจับตัวใหม่ของคาร์บอนกลายเป็นถ่าน

2.4.2.4 อุณหภูมิสูงกว่า 600 °C ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 500 °C ก่อนที่ไม้จะกลายเป็นถ่านหมด ไม้ส่วนนอกซึ่งกลายเป็นถ่านแล้ว อาจจะทำปฏิกิริยากับแก๊สที่ออกมาจากภายใน เกิดปฏิกิริยาการรวมตัวของแก๊สกับคาร์บอนและได้แก๊สต่าง ๆ เพิ่มขึ้นอีก ส่วนที่เป็นถ่านแล้วจะเกิดการสลายตัวบางส่วนทำให้ผลผลิตถ่านลดลงได้ (ผศ.ดร.จุไรวัลย์ รัตนะพิสิฐ และคณะ, 2550, หน้า 1–6)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มณีรัตน์ วินัย สุตันตังใจ (2551) ศึกษาการใช้ น้ำส้มสายชูจากน้ำมะพร้าวเป็นสารช่วยให้ยางจับตัวสำหรับการผลิตยางแผ่น มีวัตถุประสงค์เพื่อแปรรูปน้ำมะพร้าวให้เป็นน้ำส้มสายชูหมัก และเพื่อวิเคราะห์คุณภาพของยางแผ่นจากการใช้สารจับตัวที่ต่างกัน พร้อมกับวิเคราะห์น้ำเสียจากกระบวนการผลิตยางแผ่น ตัวอย่างที่ใช้คือน้ำมะพร้าวจากกลุ่มสตรีมะพร้าวแก้ว บ้านน้อย ต.เชียงคาน อ.เชียงคาน จ.เลย และกลุ่มเกษตรกรบ้านกกตู๋ ต.กกตู๋ อ.เมือง จ.เลย ดำเนินการศึกษาในช่วงเดือนมกราคม-ธันวาคม 2551 วิธีดำเนินการวิจัยคือการผลิต

น้ำส้มสายชูหมักโดยต้องปรับปริมาณกรด น้ำตาล พาสเจอร์ไรซ์ แล้วหมักให้เป็นแอลกอฮอล์ จากนั้นหมักต่อให้เป็นน้ำส้ม โดยในระหว่างการหมักจะตรวจวัดปริมาณของแข็งละลายได้ ค่า pH และปริมาณแอลกอฮอล์ เมื่อได้น้ำส้มสายชูแล้วใช้ทดลองการจับตัวของยางพาราในการทำยางพาราแผ่นเปรียบเทียบกับน้ำส้มสายชูเทียม น้ำส้มสายชูกลั่น และกรดฟอร์มิก ความเข้มข้น 2.5 และ 5 % โดยประเมินระยะเวลาในการจับตัว ความยากง่ายในการนวด-รีด และคุณภาพของยางแผ่นตามมาตรฐานของสถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร จากนั้นจะวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งในการทำยางพาราแผ่น ตามมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม ในดัชนี ค่า pH ค่าความสกปรกทางชีวเคมี (biochemical oxygen demand; BOD), ค่าปริมาณของแข็งแขวนทั้งหมด (suspended solid; SS) และค่าผลรวมของอินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจน (total kjeldahl nitrogen; TKN) ผลการศึกษาพบว่า ในการหมักขั้นที่หนึ่งปริมาณน้ำตาลของการหมักน้ำส้มปริมาณเริ่มต้นคือ 10 °Brix เมื่อสิ้นสุดการหมักมีค่า 4.0 °Brix ส่วนปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้น 10 %v/v ในการหมักขั้นที่สองพบว่าปริมาณกรดอะซิติกเพิ่มขึ้นเป็น 4.5 % และปริมาณแอลกอฮอล์ลดเหลือ 0 % ผลการทดสอบกับการจับตัวของยาง พบว่าน้ำส้มสายชูหมัก น้ำส้มสายชูเทียม น้ำส้มสายชูกลั่น ที่มีกรด 4.5-5 % มีคุณสมบัติด้านการทำให้ยางจับตัว การนวดและรีด ไม่แตกต่างจากกรดฟอร์มิกที่เกษตรกรใช้ตามปกติ แต่ถ้าความเข้มข้น 2.0-2.5 % จะใช้เวลาในการจับตัวเป็นสองเท่า โดยที่การนวดและรีดจะหนักกว่า แผ่นยางดิบที่ได้ทั้งหมดเมื่อเทียบกับมาตรฐานของกรมวิชาการเกษตรด้านความสะอาด น้ำหนัก สีและความยืดหยุ่น พบว่าไม่มีความแตกต่างกันโดยในเกรดเดียวกัน ได้ผลการวิเคราะห์น้ำทิ้งพบว่าดัชนีค่า pH ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ และปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด มีค่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ยกเว้นดัชนีด้านผลรวมของอินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจนที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

ผศ.ดร.จุไรวัลย์ รัตนะพิสิฐ และคณะ (2550) ศึกษากระบวนการไพโรไลซิสของชีวมวลจากไม้ยางพาราในเตาเผาที่ความดันบรรยากาศเพื่อผลิตน้ำส้มควันไม้ โดยน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากเตาเผาแบ่งออกเป็นสองส่วนขึ้นอยู่กับอุณหภูมิภายในเตา สำหรับ %ยิลด์ ของน้ำส้มควันไม้รวมอยู่ในช่วง 21.9-29.01 % ช่วง pH เท่ากับ 2.9-4.01 ช่วงความถ่วงจำเพาะเป็น 1.011-1.024 และช่วงอุณหภูมิเดือดเป็น 98-108 °C โดยพบว่าอัตราความร้อนส่งผลต่อ %ยิลด์น้ำส้มควันไม้ ในขณะที่ไม่มียิลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่า pH ค่าความถ่วงจำเพาะ และช่วงอุณหภูมิเดือด สำหรับสภาวะการผลิตที่เหมาะสม ณ ค่าอัตราความร้อน 1.4 °C/นาทิจ โดยมียิลสูงสุดท้าย 560 °C ใช้เวลาการเผา 390 นาที ให้ค่า %ยิลด์ เป็น 27.45 % น้ำส้มควันไม้ดิบจากเตาที่ได้ถูก

นำมากลั่นแยกออกเป็น 3 ส่วนตามช่วงอุณหภูมิเดือด โดยองค์ประกอบในน้ำส้มควันไม้ดิบและกลั่นถูกวิเคราะห์ด้วยเครื่อง gas chromatography–mass spectroscopy และเครื่อง gas chromatography โดยพบว่ากรดอะซีติกเป็นองค์ประกอบหลัก และได้เมทานอลในปริมาณที่สูงกว่าไม้ชนิดอื่น ๆ

พลชิต บัวแก้ว และคณะ (2550) ศึกษาการกำหนดมาตรฐานการผลิตยางแผ่นรมควันของไทยได้ทำการเก็บตัวอย่างยางแผ่นดิบและยางแผ่นรมควันจากทั่วทุกภาคของประเทศไทยเพื่อกำหนดมาตรฐานเชิงวิทยาศาสตร์ยางแผ่นรมควันขณะเดียวกันได้สร้างความเข้มแข็งให้สถาบันเกษตรกรผลิตยางแผ่นรมควันจากโรงงานต้นแบบจำนวน 9 โรงและการบำบัดน้ำเสียให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง เริ่มดำเนินตั้งแต่ตุลาคม 2548–กันยายน 2549 จากการศึกษาวิจัยพบว่าผลการทดสอบสมบัติเชิงวิทยาศาสตร์ของยาง RSS ชั้น 2–5 เมื่อเทียบกับภาคต่าง ๆ ค่าปริมาณสิ่งสกปรกจากภาคใต้และภาคตะวันออก ยาง RSS ชั้น 2 และ 3 โดยเฉลี่ยมีค่าต่ำกว่าทางภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่นัยสำคัญ 0.01 ขณะที่ยาง RSS ชั้น 5 ของทุกภาค ค่าปริมาณสิ่งสกปรกอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงเนื่องจากค่า Po, PRI และ Mooney ของยาง RSS ชั้นต่าง ๆ และจากทุกภาคยังอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันด้วย ผลการทดสอบยาง RSS ของแต่ละชั้นแต่ละภาคมารวมกันพบว่าค่าปริมาณสิ่งสกปรกของยาง RSS ชั้น 1 2 3 4 และ 5 อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน คืออยู่ที่ระดับ 0.036 0.027 0.028 0.037 และ 0.037 % ตามลำดับ นอกจากนี้ค่า Po PRI และ Mooney ของยาง RSS ชั้นต่าง ๆ อยู่ในระดับใกล้เคียงกันและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน การใช้คู่มือการผลิตยางแผ่นรมควันที่มีคุณภาพ พร้อมวิธีตรวจสอบและประเมินคุณภาพผลผลิตทำการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการให้กับสถาบันเกษตรกรทั้ง 9 แห่ง พบว่าสามารถความสูญเสียของผลผลิตได้ถึง 30 % ทำให้ผลผลิตคุณภาพดีขึ้นจากเดิม 60 % เป็น 90 % ผลจากการนำระบบคุณภาพไปใช้เป็นการยกระดับคุณภาพชีวิตทำให้เกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจการผลิตโดยใช้ระบบควบคุมคุณภาพเทียบเท่าโรงงานเอกชน เป็นการสร้างความเข้มแข็งให้กับสถาบันเกษตรกรให้สามารถยืนอยู่ได้ด้วยตนเองและจากการบำบัดน้ำเสียของโรงงานสหกรณ์กองทุนสวนยางที่ผลิตยางแผ่นรมควัน จำนวน 10 แห่ง พบว่าค่าความสกปรกของน้ำในเทอม BOD₅ อยู่ที่ระดับ 941 mg/L หลังการใช้น้ำหมักชีวภาพพบว่าประสิทธิภาพการบำบัดถึง 80.6 % ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ข้อมูลการออกระบบ

ปรีดีเปรม ทศนกุล และคณะ (2549) ศึกษาการพัฒนาคุณภาพและการผลิตยางแผ่นรมควันของเกษตรกร เป็นการสร้างฐานระบบควบคุมคุณภาพของโรงงานผลิตแผ่นยางรมควันของสถาบันเกษตรกรให้สามารถผลิตยางแผ่นรมควันที่มีต้นทุนต่ำสามารถแข่งขันเชิงธุรกิจกับ

ภาคเอกชนได้ และให้การดำเนินการอัดยางก้อนในโรงอัดก้อนยางตามที่มติคณะรัฐมนตรีได้อนุมัติให้กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ดำเนินการสร้างโรงงานยางอัดก้อนประสบผลสำเร็จ จึงได้พัฒนาและมาตรฐานการผลิตยางแผ่นรมควันในพื้นที่จังหวัดพัทลุง ระบุว่า ชุมพร สุราษฎร์-ธานี นครศรีธรรมราช ตรัง สงขลา ยะลา และบุรีรัมย์รวม 9 จังหวัด 25 โรงงาน ระหว่างเดือนเมษายน 2548-กันยายน 2548 จากการวิจัยพบว่ากลุ่ม/สหกรณ์ มีต้นทุนในการผลิตยางแผ่นรมควันเฉลี่ยเท่ากับ 3.42 บาท/kg มีมูลค่าเพิ่ม 2.02 บาท/kg ซึ่งมีต้นทุนสูงเมื่อเทียบกับเอกชน การพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานผลดีขึ้น 59.3 % และ 63.2 % ตามลำดับ ส่วนสภาพของห้องรมควันหลายแห่งชำรุด ไม่สามารถใช้การได้จำเป็นต้องปรับปรุงห้องรมควันให้มีประสิทธิภาพจากการประเมินจะต้องใช้งบประมาณในการซ่อมเตาและห้องรมควันประมาณห้องละ 100,000 บาท ด้านคุณภาพของยางแผ่นรมควัน ชั้น 1-5 ทางภาคใต้และยางแผ่นรมควันชั้น 1,2 และ 5 ทางภาคตะวันออก และยางแผ่นรมควันชั้น 3 และ 4 ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เทียบเท่ากับสมบัติของยาง ST.RSS A ตามร่างประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ส่วนยางแผ่นรมควันของเกษตรกรจำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือจากหน่วยงานภาครัฐ ฯ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ทั้งคุณภาพและปริมาณยางแผ่นรมควันของสถาบันเกษตรกรแข่งขันทางธุรกิจกับต่างประเทศ

สรรพเพชร บุญบัวมาศ และ นิภาวรรณ พงษ์พรหม (2555) ศึกษาการใช้ น้ำหมักชีวภาพเป็นสารจับตัวในกระบวนการผลิตยางต่อสมบัติยางแผ่นดิบและสมบัติยางวัลคาไนซ์โดยใช้น้ำหมักสับปะรดที่เตรียมจากมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี มหาวิทยาลัยนเรศวร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เปรียบเทียบกับการจับตัวยางด้วยกรดฟอร์มิคเจือจาง 3 % และน้ำหมักซูปเปอร์ชีวภาพตราดาวแดงเจือจาง 5 % การศึกษาประสิทธิภาพการจับตัวพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมในการจับตัวยางปริมาณ 100 ของสารจับตัวยางทั้ง 5 ชนิด คือ กรดฟอร์มิคเจือจาง 3 % น้ำหมักตราดาวแดงเจือจาง 5 % น้ำหมักสูตร มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี น้ำหมักสูตรมหาวิทยาลัยนเรศวรและน้ำหมักสูตรมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เท่ากับ 6.82, 4.09, 12.00, 20.00 และ 30.00 mL ตามลำดับ การศึกษาสมบัติของยางแผ่นดิบ ได้แก่ สีเบอร์โลวินบอนด์ ปริมาณสารระเหย ปริมาณเถ้า ปริมาณไนโตรเจน ค่าพลาสติกซีดี และค่ามูนิวิสโคซีดี พบว่ายางที่จับตัวด้วยน้ำหมักชีวภาพจากทั้ง 3 มหาวิทยาลัย ให้สมบัติที่ใกล้เคียงกับยางที่จับตัวด้วยกรดฟอร์มิค และเมื่อเตรียมยางคอมพาวด์จำนวน 2 สูตรไม่ผสมเขม่าดำ และสูตรผสมเขม่าดำ แล้วศึกษาสมบัติเชิงกลของยางวัลคาไนซ์ทั้งสองสูตร พบว่ายางที่จับตัวด้วยน้ำหมักซูปเปอร์ชีวภาพตราดาวแดงให้สมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลใกล้เคียงกับยางที่จับตัวด้วยกรดฟอร์มิคจากการทดลองทั้งหมดนี้จึงสามารถสรุปได้ว่าน้ำหมักชีวภาพสามารถใช้เป็นสารจับตัวยางทดแทนการใช้กรดฟอร์มิคได้

ปฐมพงษ์ เทียงเพชร และ วยากรณ์ เพ็ชฌุไพศิษฐ์ (2555) ศึกษาสมบัติหยาบกายภาพ และ สมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติที่จับตัวด้วยน้ำหมักชีวภาพ งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการใช้น้ำหมักชีวภาพซึ่งเตรียมได้จากผักผลไม้ 4 ชนิด ได้แก่ มะนาว มะม่วง และสับปะรด ต่อความสามารถในการจับตัวของยาง สมบัติกายภาพของยางแผ่นดิบ สมบัติของยางคอมพาวด์ (ทั้งสูตรที่มีเขม่าดำและไม่มีเขม่าดำ) และสมบัติเชิงกลของยางวัลคาไนซ์เปรียบเทียบกับยางที่จับตัวด้วยกรดฟอร์มิค จากผลการทดลองพบว่า น้ำหมักชีวภาพสามารถใช้จับตัวน้ำยางธรรมชาติเพื่อผลิตเป็นยางแผ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้ยางแผ่นดิบที่มีสมบัติใกล้เคียงกับกรดฟอร์มิค แต่เวลาในการคงรูปของยางคอมพาวด์ที่เตรียมได้จากยางที่จับตัวด้วยน้ำหมักชีวภาพ พบว่าใช้เวลาในการคงรูปน้อยกว่ายางที่จับตัวด้วยกรดฟอร์มิค ในขณะที่ยางคอมพาวด์สูตรที่มีเขม่าดำไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อทดสอบสมบัติเชิงกลของยางวัลคาไนซ์ที่จับตัวด้วยน้ำหมัก ก็ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทั้งสูตรที่มีเขม่าดำและไม่มีเขม่าดำ เมื่อเปรียบเทียบกับยางที่จับตัวด้วยกรดฟอร์มิค โดยยางสูตรที่มีเขม่าดำพบว่ามีสมบัติเชิงกลสูงกว่ายางสูตรที่ไม่มีเขม่าดำทุกด้านยกเว้นค่าการยืดจนขาด

กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2553) ศึกษาโปรตีนในน้ำยางธรรมชาติ เป็นสารอินทรีย์ที่ประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน ออกซิเจน และซัลเฟอร์ มารวมตัวกันเป็นพอลิเมอร์ที่มีหมู่อะมิโน (amino groups) หลายร้อยหมู่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะเพปไทด์ (peptide bonds) โดยปริมาณของโปรตีนที่พบอยู่ระหว่าง 1-1.8 % ซึ่งแตกต่างกันตามแหล่งที่มาของน้ำยาง เมื่อน้ำยางธรรมชาติมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ถุงมือยาง พบว่ามีผู้ใช้งานเกิดอาการแพ้ถุงมือยางนั้นถึง 17 % โดยอาจเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น การสัมผัสกับผงแป้งหรือสารเคมีที่ตกค้างอยู่ในถุงมือยาง การที่สารเคมีที่อยู่ในถุงมือยางซึมสู่ผิวหนังแล้วรวมตัวกับโปรตีนในร่างกาย และการรวมตัวกันของสารเคมีหรือผงแป้งในถุงมือยางกับโปรตีนที่มีสารก่อให้เกิดภูมิแพ้ในน้ำยางธรรมชาติ เมื่อมีการสัมผัสจึงมีอาการแพ้เกิดขึ้น อาการแพ้ส่วนใหญ่จะแสดงออกในรูปของผื่นคันและผิวหนังอักเสบ การกำจัดหรือการลดโปรตีน (deproteinisation) ในน้ำยางธรรมชาติเพื่อแก้ไขปัญหาอาการแพ้ สามารถทำได้โดยใช้วิธีเคมีกายภาพ หรือการใช้วิธีเคมีและกายภาพร่วมกัน แต่การลดโปรตีนก็มีทั้งผลดีและผลเสียต่อคุณสมบัติของน้ำยางธรรมชาติ ซึ่งเชื่อกันว่าโปรตีนในน้ำยางมีบทบาทสำคัญต่อคุณสมบัติการยืดหยุ่น (elasticity) ของยาง โดยมีข้อเสียคือ ทำให้ความเสถียรของน้ำยางลดลง (destabilization) และเปลี่ยนคุณสมบัติในการจับตัวเป็นก้อน (coagulation) ของน้ำยางแต่ข้อดีคือ โปรตีนจะช่วยรักษาความเสถียรของคอลลอยด์ในน้ำยาง (colloidal stability) ในขณะผลิตยาง นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของโปรตีนในน้ำยางธรรมชาติและ

ปริมาณของโปรตีนที่ทำให้เกิดอาการแพ้ เพื่อที่จะได้เตรียมน้ำยางธรรมชาติโปรตีนต่ำและแผ่นฟิล์มยางธรรมชาติโปรตีนต่ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ