



ชนิดของยาง

กลุ่มวิชาการ กองการยาง



คำนำ

เอกสารวิชาการเรื่อง “ชนิดของยาง” สำหรับใช้เป็นความรู้พื้นฐานเบื้องต้นเกี่ยวกับยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ และยางธรรมชาติในรูปแบบอื่น เอกสารนี้ได้รวบรวมจากข้อมูล และตำราต่างๆ ซึ่งหวังว่าจะเป็นประโยชน์ต่อเจ้าหน้าที่ของกองการยางที่มีการปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับการตรวจสอบยาง และการให้ใบอนุญาต รวมทั้งผู้สนใจต้องการรู้เรื่องยางเบื้องต้น

(นายธีรชาติ วิจิตชลชัย)

ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว

และแปรรูปผลิตภัณฑ์ยาง

ทำหน้าที่ผู้อำนวยการกองการยาง

สิงหาคม 2560

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
น้ำยาธรรมชาติ	1
ยางแผ่น (ยางแผ่นดิบ ยางแผ่นผึ่งแห้ง ยางแผ่นรมควัน)	11
ยางเครพ	16
ยางแท่ง	19
ยางสกีบล็อคและยางสกีมเครพ	24
ยางสังเคราะห์	26
ยางธรรมชาติดัดแปร	33
ยางคอมปาวด์	38
ยางมาสเตอร์แบช	40
ยางเบลนด์	42
ยางรีเคลม	44

น้ำยางธรรมชาติ (Natural Latexes)

พัชรา อินทะแสง

น้ำยางธรรมชาติ (Natural latexes) เกิดขึ้นจากกระบวนการเมตาบอลิซึม (Metabolism process) ในต้นไม้ โดยน้ำยางธรรมชาติ ที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรม มีแหล่งที่มาจากต้นยางพารา (Hevea Brasiliensis) แสดงตามภาพที่ 1 ซึ่งพบครั้งแรกในบริเวณเมซอนของอเมริกาใต้ นับจากศตวรรษที่ 19 และขยายการปลูกต้นไม้ชนิดนี้ไปยังพื้นที่แถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้



ภาพที่ 1 น้ำยางพารา

ที่มา: http://oknation.nationtv.tv/blog/home/user_data/file_data/201603/30/562566f64.jpg

น้ำยางสด (Fresh field latexes)

น้ำยางสด มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวหรือสีครีมอยู่ในสภาพสารแขวนลอยชนิดไฮโดรโซล (Hydrosol) หรือสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย มีความหนาแน่น 0.975 ถึง 0.980 กรัมต่อมิลลิกรัม มีความเป็นกรด-ด่าง ตั้งแต่ 6.5 – 7.0 โดยส่วนประกอบของน้ำยางแสดงในตารางที่ 1

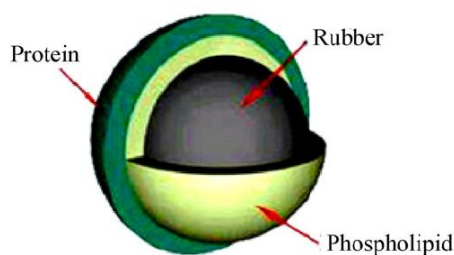
ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของน้ำยาง

ส่วนประกอบ	ร้อยละโดยน้ำหนัก
เนื้อยาง (ซิส1,4 - พอลิไอโซพรีน)	30 - 40
โปรตีน	2.0 - 2.5
เรซิน	1.0 - 2.0
เถ้า	0.7 - 0.9
น้ำตาล	1.0 - 1.5
น้ำ	55 - 65

ส่วนประกอบของน้ำยางสดแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่เป็นเนื้อยาง (Rubber phase) และส่วนที่เป็นน้ำ (Aqueous phase) มีรายละเอียด ดังนี้

ส่วนที่เป็นเนื้อยาง (Rubber phase)

ส่วนของเนื้อยางส่วนใหญ่ประกอบด้วยไฮโดรคาร์บอน ไขมัน โปรตีน และอออนของโลหะบางชนิดเช่น แมกนีเซียม โพแทสเซียม และทองแดง โดยอนุภาคยางที่เป็นสารไฮโดรคาร์บอนมีชื่อเรียกทางเคมีว่าพอลิไอโซพรีน (Polyisoprene; $(C_5H_8)_n$) มีโครงสร้างเป็น ซิส-1,4-พอลิไอโซพรีนเป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ มีความหนาแน่นประมาณ 0.92 กรัมต่อมิลลิลิตร และมีลักษณะเป็นโมเลกุลใหญ่ รูปร่างของอนุภาคส่วนใหญ่เป็นรูปกลม และรูปแปรขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ประมาณ 0.02 – 3.00 ไมโครเมตร ภายนอกอนุภาคห่อหุ้มด้วยไขมันฟอสโฟไลปิด (Phospholipid) และโปรตีน โดยฟอสโฟไลปิดเป็นตัวที่ยึดระหว่างไฮโดรคาร์บอนและสารโปรตีน ตามที่แสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ส่วนประกอบของอนุภาคยาง

ที่มา: Surface Nanostructure of Hevea Brasiliensis Natural Rubber Latex Particles

ไขมัน (Lipid) ที่ประกอบอยู่ในส่วนของอนุภาคยางเป็นสารพวกลสเตอรอล (Sterol) และเอสเทอร์ของสเตอรอล (Sterol ester) ประมาณ 0.40 ร้อยละโดยน้ำหนัก ไขมัน (Fat) และขี้ผึ้ง (Wax) เช่น ไอโคซิล แอลกอฮอล์ (Eicosyl alcohol) ประมาณ 0.60 ร้อยละโดยน้ำหนัก และฟอสโฟไลปิด เช่น เลซิธิน (Lecithin) ประมาณ ร้อยละ 2.00 โดยน้ำหนัก สำหรับฟอสโฟไลปิดนั้นถูกดูดซับอยู่รอบอนุภาคยาง ส่วนไขมันพวกลอื่นอยู่ในส่วนของไฮโดรคาร์บอน

โปรตีนเป็นสารประเภทกรดอะมิโน มีส่วนของหมู่อะมิโน (Amino group; $-NH_2$) กับหมู่คาร์บอกซิลิก (Carboxylic group; $-COOH$) ซึ่งหมู่ฟังก์ชันทั้งสองส่วนนี้ส่งผลทำให้โปรตีนมีสมบัติเป็นแอมโฟเทอริก (Amphoteric) คือ มีได้ทั้งประจุบวกและประจุลบ โดยขึ้นอยู่กับสภาพของตัวกลาง กล่าวคือในสภาพที่ตัวกลางเป็นกรด โปรตีนจะแสดงประจุเป็นบวก ในสภาพที่ตัวกลางเป็นด่างโปรตีนจะแสดงสภาพเป็นลบ และในสภาพที่ตัวกลางเป็นกลาง ปริมาณประจุบวกและประจุลบของโปรตีนเท่ากัน ซึ่งเรียกว่า จุดไอโซอิเล็กตริก (Isoelectric point)

ส่วนที่เป็นน้ำ (Aqueous phase)

ส่วนที่เป็นน้ำเรียกว่าซีรัม (Serum) ซึ่งมีค่าความหนาแน่นประมาณ 1.02 กรัมต่อมิลลิลิตร ประกอบด้วยสารเคมีต่างๆ ดังนี้

- คาร์โบไฮเดรต ส่วนใหญ่เป็นพวกลแอล-เมทิลโนสิทอล ((l)-Methylinositol)
- โปรตีนและกรดอะมิโน โปรตีนที่สำคัญได้แก่ อัลฟา-โกลบูลิน (α -Globulin) และฮีวิน (Hevein) อัลฟา-โกลบูลิน

- ส่วนอื่นๆ ได้แก่สารพวกที่มีส่วนประกอบของไนโตรเจนอิสระ เช่น โคลีน (Choline) และเอทิลเอมีน (Ethylamine)
- ส่วนลูทอยด์ (Lutoid) และสารอื่นๆ

ปริมาณเนื้อมะพร้าวแห้งของน้ำยางธรรมชาติในสภาพน้ำยางสด มีค่าไม่แน่นอน โดยมีค่าประมาณ ร้อยละ 25-35 โดยน้ำหนัก หรือบางพันธุ์ ที่อาจสูงถึง ร้อยละ 45 โดยน้ำหนัก และเนื่องจากน้ำยางสดมีปริมาณเนื้อมะพร้าวแห้งไม่สูงทำให้ เป็นอุปสรรคในการขนย้ายน้ำยางสดจากแหล่งเพาะปลูกไปยังโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์ เนื่องจากต้องขนส่งน้ำยางสดที่ปริมาณ ร้อยละ 70 โดยน้ำหนัก ซึ่งนับเป็นการสิ้นเปลือง ค่าขนส่งและพื้นที่จัดเก็บ ดังนั้น จึงมีการวิจัยและพัฒนา การทำให้น้ำยาง นั้นมีความเข้มข้นขึ้น เรียกว่า น้ำยางข้น

น้ำยางข้น (Concentrated Latexes)

น้ำยางข้น เกิดจากการวิจัยและพัฒนาเพื่อทำให้น้ำยางมีความเข้มข้น ในเชิงปริมาณเกิดขึ้นเมื่อประมาณ ค.ศ.1930 เพื่อลดความยุ่งยากเรื่องการเก็บและขนส่งน้ำยาง อีกทั้ง กำจัดสารอื่นที่ไม่ใช่ยาง ออก ส่งผลให้น้ำยางข้นที่ได้มีคุณภาพสม่ำเสมอ เหมาะแก่การนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์เชิงอุตสาหกรรม

วิธีการสำคัญสำหรับการผลิตน้ำยางข้นประกอบด้วย 4 วิธี ดังต่อไปนี้

วิธีการระเหยน้ำ (Evaporation)

วิธีการระเหยน้ำ ทำได้โดยการเติมสารที่ทำให้ น้ำยางมีความเสถียร (Stabilizers) ประเภทต่างและสบู่ช่วย เช่น Potassium soap เพื่อเพิ่มความเสถียรก่อนที่จะ ทำให้น้ำระเหยออกด้วยความร้อน จะได้ น้ำยางข้นซึ่งมี ส่วนที่เป็นของแข็งทั้งหมด ประมาณร้อยละ 75 โดยน้ำหนัก และมีปริมาณเนื้อมะพร้าวแห้งประมาณร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก น้ำยางข้นที่ได้จากวิธีระเหยน้ำมีความคงสภาพเป็นน้ำยางดีมาก จึงเหมาะสำหรับการที่จะต้องขนย้ายน้ำยางไปไกลๆ และเหมาะกับการนำไปผลิตวัตถุสำเร็จรูปประเภทที่ต้องใส่สารตัวเติม (Filler) จำนวนมาก ตัวอย่างเช่น การผลิตกาว (Latex-cement)

วิธีการแยกด้วยไฟฟ้า (Electrodecantation)

วิธีการแยกด้วยไฟฟ้า อาศัยวิธีการทางไฟฟ้าเข้ามาช่วยในการแยก ส่วนของเนื้อมะพร้าวจาก ส่วนของเซรุ่ม โดยจุ่มขั้วไฟฟ้าที่เป็นขั้วบวกลงในน้ำยางที่ เติมสารช่วยทำให้น้ำยางมีความเสถียรไว้แล้ว อนุภาคยางจะค่อยๆ เคลื่อนไปรวมอยู่ทางขั้วบวกและลอยตัวสูงขึ้นสู่ผิวหน้าของน้ำยาง เนื่องจากความหนาแน่นของอนุภาคยางต่ำกว่าความหนาแน่นของเซรุ่ม ซึ่งเป็นวิธีการทำน้ำยางที่ยากและ ต้นทุนสูง จึงเป็นเพียงวิธีการสำหรับการค้นคว้าวิจัย และไม่เป็นที่นิยมในเชิงพาณิชย์

วิธีการทำให้เกิดครีม (Creaming methods)

วิธีทำน้ำยางข้นชนิดครีม มีการจดสิทธิบัตรครั้งแรกเมื่อปีค .ศ. 1924 โดย Traube เป็นวิธีการผลิตน้ำยางข้นที่ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือราคาแพง เหมาะสมกับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก โดยอาศัยหลักการที่อนุภาคของยางเบากว่าน้ำ ถ้าตั้งทิ้งไว้อนุภาคของยางจะลอยแยกออกมา เป็นไปตามกฎของ Stokes แต่การที่จะให้อนุภาคของยางแยกออกมาเองค่อนข้างใช้เวลานาน จึงจำเป็นต้องใช้สารก่อครีม (Creaming agent) ช่วย ได้แก่ Gum tragacanth, Sodium alginate, Tragacanth seed gum, Ammonium

aginate, Locust bean gum และ Pectin สารก่อครีมเหล่านี้จะไปเคลือบผิวอนุภาคยาง ทำให้การแยกตัวของอนุภาคยางเกิดเป็นครีมอยู่ผิวหน้าน้ำยางได้เร็วขึ้น ขั้นตอนการผลิตน้ำยางข้นชนิดครีม มีดังนี้

- หาคความเข้มข้นของน้ำยางสด และลดปริมาณแมกนีเซียม
- นำน้ำยางสดที่มีแมกนีเซียมต่ำมาเติมสารก่อครีม ปริมาณร้อยละ 0.3 ส่วนของน้ำ
- กวนให้สารก่อครีมละลาย ตั้งทิ้งไว้ 24-40 ชั่วโมง
- กรองหรือไซ้ชั้นน้ำทิ้ง เหลือเฉพาะชั้นน้ำยาง ก็จะได้น้ำยางข้นชนิดครีม
- ปรับปริมาณเนื้อยางและความเข้มข้นของแอมโมเนีย
- ความเข้มข้นของเนื้อยางจะสูงประมาณร้อยละ 55 ในระยะเวลา 18 ชั่วโมง ในการทำน้ำยางข้นโดยวิธีการทำให้เกิดครีม หากต้องการเนื้อยางสูงถึงร้อยละ 60 ต้องตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 4-5 วัน

วิธีการปั่น (Centrifugation)

วิธีการปั่น เป็นการผลิตน้ำยางข้นโดยอาศัยเครื่องปั่นน้ำยาง (Centrifuge) ซึ่งมีลักษณะแสดงดังภาพที่ 3 น้ำยางที่ผ่านกระบวนการปั่นถูกแยกออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่มีน้ำหนัก (Heavy phase) หรือส่วยหางน้ำยาง (Skim latex) จะไหลออกสู่รอบนอกของถังปั่นไปสู่ที่เก็บแยกหางน้ำยาง ส่วนชั้นของน้ำยาง (Concentrate or cream) ซึ่งเป็นส่วนที่มีเนื้อยางจะไหลเข้าสู่กลางถังปั่นไปยังด้านบนถึงเข้าสู่ที่เก็บน้ำยางข้น วิธีการปั่นน้ำยางเป็นวิธีที่นิยมและทำกันเป็นการค้ามากที่สุด เนื่องจากทำงานง่ายและต้นทุนต่ำ ขั้นตอนการผลิตน้ำยางข้นโดยวิธีการปั่น มีดังนี้

- การรับน้ำยางสด น้ำยางสดจะถูกรักษาสภาพไม่ให้เกิดการจับตัว ด้วยแอมโมเนียและ TMTD/ZnO และถูกถ่ายผ่านตะแกรงกรองลงสู่รางรับน้ำยางสด จากนั้นน้ำยางสดจะไหลจากรางรับน้ำยางสดลงสู่บ่อรับน้ำยางสด ซึ่งในขั้นตอนนี้จะเกิดกลิ่นเหม็นของไอระเหยของแอมโมเนีย เนื่องจากการฟุ้งกระจายของแอมโมเนียระหว่างการถ่ายน้ำยางสด นอกจากนี้จำเป็นต้องมีการล้างทำความสะอาดบ่อรับน้ำยางสดทุกวัน เนื่องจากมีการเติมสารเคมีช่วยในการตกตะกอนแมกนีเซียม และมีการจับตัวของยางที่ผนังบ่อ ซึ่งอาจทำให้น้ำยางสดมีการปนเปื้อนได้

- การเตรียมน้ำยางสด ต้องมีการปรับสภาพน้ำยางสดให้มีความเหมาะสมต่อกระบวนการปั่นแยก ด้วยการเติมแอมโมเนีย เพื่อให้มีปริมาณแอมโมเนียเกินกว่าร้อยละ 0.4 โดยน้ำหนัก และทำการเติมไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Diammonium hydrogen phosphate; DAP) เพื่อให้แมกนีเซียมตกตะกอนเป็นซีแพ้ง และทิ้งไว้ 1 คืน สำหรับน้ำยางที่มีแมกนีเซียมสูง สำหรับน้ำยางที่จะนำมาปั่นแยก ควรมีปริมาณแมกนีเซียมต่ำกว่า 50 ppm และเมื่อปั่นแล้วไม่ควรเกิน 20 ppm นอกจากนี้ปริมาณกรดไขมันระเหย (Volatile fatty acid; VFA) ควรมีค่าไม่เกินร้อยละ 0.05 หากเกินให้นำไปผสมกับน้ำยางสดที่มีค่าไม่เกินร้อยละ 0.05

- การปั่นแยก อาศัยหลักการคือ น้ำยางธรรมชาติเป็นสารละลายคอลลอยด์ที่ประกอบด้วยส่วนอนุภาคของเนื้อยางแขวนลอยระจัดกระจายอยู่ในเซรุ่ม และเนื่องจากอนุภาคเนื้อยางเบา กว่าเซรุ่มจึงลอยตัวสู่ผิวหน้าน้ำยาง และมี การเคลื่อนไหวแบบบราวเนียน ซึ่งอัตราการเคลื่อนไหวนั้นขึ้นอยู่กับแรงดึงดูดของโลก ดังนั้น การปั่นจะช่วยเพิ่มแรงดึงดูด และเร่งการเคลื่อนที่ของอนุภาคยาง ซึ่งช่วยแยกส่วนที่เป็นเนื้อยางออกจากเซรุ่ม ในการปั่นแยกน้ำยางสดได้น้ำยาง 2 ส่วนคือ หางน้ำยาง และน้ำยางข้น โดยน้ำยางข้นจะมีเนื้อยางแห้ง โดยประมาณร้อยละ 60 เครื่องปั่นน้ำยางขนาดเล็กสามารถปั่นน้ำยางสดได้

ประมาณ 150 ลิตรต่อชั่วโมง ส่วนเครื่องขนาดใหญ่ สามารถป้อนน้ำยางสดได้ 400 – 600 ลิตรต่อชั่วโมง และในการปั่นแยกยางจะมีการล้างเครื่องปั่นยางทุกๆ 2 หรือ 3 ชั่วโมง เนื่องจากการอุดตันของยางและกาก ชี้แบ่งบริเวณหัวโบว์ลของเครื่องปั่นยาง โดยการล้างแต่ละครั้งจะใช้เวลาในการล้างประมาณ 10 –15 นาที



ภาพที่ 3 เครื่องปั่นน้ำยางชั้น

ที่มา: <https://sc01.alicdn.com/kf/UT8QA0FXJBaXXagOFbXx/60-Centrifuge-Latex.jpg>

ปัจจุบันมาตรฐานแสดงข้อมูลจำเพาะของน้ำยางชั้นประกอบด้วย 2 มาตรฐาน ได้แก่

1) มาตรฐาน ISO 2004:2010 Natural Rubber Latex concentrate - Centrifuged or creamed, ammonia-preserved types – Specifications จัดทำโดยองค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (ISO: International Organization for Standardization) โดยมีการกำหนดรายละเอียด ขอบข่าย นิยาม ชนิด การชักตัวอย่าง วิธีการทดสอบ และคุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีของน้ำยางชั้น จำนวน 11 รายการ รายละเอียดตามตารางที่ 2

2) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ มอก .980-2552 น้ำยางชั้นธรรมชาติ จัดทำโดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ได้ระบุรายละเอียด ขอบข่าย บทนิยาม ชนิด วิธีการทดสอบ และคุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีของน้ำยางชั้น จำนวน 12 รายการ ตามตารางที่ 3 โดยได้กำหนดคุณลักษณะของปริมาณแมกนีเซียมเพิ่มเติมจากมาตรฐาน ISO 2004:2010 รวมทั้งรายละเอียดการบรรจุ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และขั้นตอนการทดสอบสี กลิ่น และปริมาณแมกนีเซียม

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางฟิสิกส์และทางเคมีของน้ำยางข้นตามมาตรฐาน ISO 2004:2010 (ISO, 1997)
Natural Rubber Latex concentrate - Centrifuged or creamed, ammonia-preserved types – Specifications

Characteristic	Type HA	Type LA	Type XA	Type Ha creamed	Type LA creamed	Method Of test
Total solids content, min. % (m/m)	61,0 or as agree between two parties			65,0	65,0	ISO 124
Dry rubber content, min. % (m/m)	60	60	60	64,0	64,0	ISO 126
Non-rubber solids, max. ^a % (m/m)	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	-
Alkalinity (as NH ₃), calculated With respect to the latex concentrate % (m/m)	0,60 min	0,29 max	0,30-0,59	0,55 min	0,35 max	ISO 125
Mechanical stability, min. ^b (second)	650	650	650	650	650	ISO 35
Coagulum content, max. % (m/m)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	ISO 706
Copper content, max. mg/kg of total solids	8	8	8	8	8	ISO 8053
Manganese content, max. mg/kg of total solids	8	8	8	8	8	ISO 7780
Sludge content, max. % (m/m)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	ISO 2005
Volatile fatty acid (VFA) number, max.	0,06 or as agree between two parties					ISO 506
KOH number, max.	0,7 or as agree between two parties					ISO 127
^a The difference between the solids content and the dry rubber content.						
^b Mechanical stability is normally within 21 days.						
^c Type XA may be called type MA in some countries.						

ตารางที่ 3 คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีของน้ำยางชั้นตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ มอก.980-2552 น้ำยางชั้นธรรมชาติ

คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด					วิธีทดสอบตาม
	ชนิด HA	ชนิด LA	ชนิด MA ³⁾	ชนิด HA ครีม	ชนิด LA ครีม	
ของแข็งทั้งหมด ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่น้อยกว่า	61.0 หรือให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย			65.0	65.0	ISO 124
เนื้อยางแห้ง ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่น้อยกว่า	60.0	60.0	60.0	64.0	64.0	ISO 126
ของแข็งที่ไม่ใช่อายาง ¹⁾ ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	-
ความเป็นต่าง (คำนวณเป็น NH ₃) ร้อยละโดยน้ำหนักน้ำยางชั้น	ไม่น้อยกว่า 0.60	ไม่เกิน 0.29	0.30-0.59	ไม่น้อยกว่า 0.55 min	ไม่เกิน 0.35	ISO 125
เสถียรภาพต่อการปั่น ²⁾ วินาที ไม่น้อยกว่า	650	650	650	650	650	ISO 35
ยางจับก้อน ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	ISO 706
ทองแดง มก./กก.ของแข็งทั้งหมด ไม่เกิน	8	8	8	8	8	ISO 8053
แมงกานีส มก./กก.ของแข็งทั้งหมด ไม่เกิน	8	8	8	8	8	ISO 7780
แมกนีเซียม มก./กก.ของแข็งทั้งหมด ไม่เกิน	40 หรือให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย					ISO 2005
ตะกอน ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
ค่ากรดไขมันที่ระเหยได้ ไม่เกิน	0.06 หรือให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย					ISO 506
โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ไม่เกิน	0.7 หรือให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย					ISO 127

1)

คำนวณจากผลต่างระหว่างปริมาณของแข็งกับปริมาณเนื้อยาง

2)

เสถียรภาพต่อการปั่น เป็นค่าที่วัดจากภายหลัง 21 วันนับจากวันที่ทำ

3)

“MA” หรือ “XA” หมายถึง Medium Ammonia Latex

น้ำยางจากพืชชนิดอื่นๆ

พืชชนิดต่างๆ ที่ให้ผลผลิตเป็นพอลิไอโซพรีนมีประมาณ 2000 ชนิด ซึ่งเก็บเป็นยางได้ประมาณ 500 ชนิด ขนาดของลำต้นและลักษณะของท่อน้ำยางภายในต้นมีความแตกต่างกัน จึงทำให้การเก็บเกี่ยวผลผลิตต่างกัน น้ำยางจากพืชบางชนิดนอกเหนือจากยางพารา มีดังนี้

1. น้ำยางกัตต้าเปอร์ชา (Gutta percha latex)

น้ำยางกัตต้าเปอร์ชา ส่วนใหญ่ปลูกในประเทศมาเลเซีย เนื้อยางเป็นสีเทา มีลักษณะหนืดมาก ดังแสดงในภาพที่ 4 ปัจจุบันน้ำยางกัตต้าไม่มีความสำคัญเชิงอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตามอาจกล่าวได้ว่ายางกัตต้าซึ่งมีสถานะของเทอร์โมพลาสติกสูงมาก คือที่มาของการสังเคราะห์เทอร์โมพลาสติกหลายชนิดที่อุณหภูมิปกติ ยางกัตต้าเปอร์ชามีสมบัติเป็นเป็นวัสดุแข็ง และเปลี่ยนสถานะเป็นพลาสติกที่อุณหภูมิสูงขึ้นเมื่อทิ้งให้เย็นจะเซตตัวตามเดิม การให้ความร้อนและทิ้งให้เย็นลงสามารถกระทำซ้ำได้โดยไม่ทำให้ยางเสียสภาพ การใช้ประโยชน์หลักคือใช้เป็นฉนวนสำหรับสายเคเบิลใต้น้ำ



ภาพที่ 4 ยางกัตต้าเปอร์ซา

ที่มา: https://s10.lite.msu.edu/res/msu/botonl/b_online/ge20/21.gif

2. น้ำยางบาลาต้า (Balata latex)

น้ำยางบาลาต้ามาจากพืชชนิด *Mimosa pudica* species เป็นไม้พื้นเมืองของ West Indian และ South America การเก็บเกี่ยวผลผลิตในอดีตวิธีการโค่นต้นเช่นเดียวกับการเก็บเกี่ยวจากต้นกัตต้าเปอร์ซา แต่ปัจจุบันใช้วิธีการกรีดลำต้น ดังแสดงในภาพที่ 5 น้ำยางบาลาต้ามีทั้งสีออกแดงและสีขาว โดยน้ำยางสีแดงจะมีความหนืดมากกว่า แม้ว่าน้ำยางสีขาวจะมีสารของแข็งทั้งหมดมากกว่าก็ตาม อนุภาคของน้ำยางมีขนาดเล็กเคลื่อนที่แบบ Brownian โดยอนุภาคขนาดใหญ่จะเคลื่อนที่ได้ช้ากว่า น้ำยางชนิดนี้มีสารเรซินสูง และเชื่อกันว่าสารเรซินเหล่านี้จะละลายได้โดยไม่แยกเฟส ในส่วนของอนุภาคไฮโดรคาร์บอน คล้ายๆ กับว่าเรซินทำหน้าที่เป็น plasticizer สำหรับไฮโดรคาร์บอน ซึ่งสัดส่วนของเรซินต่อไฮโดรคาร์บอนในน้ำยางสีแดงจะสูงกว่าในน้ำยางสีขาว การใช้งานยางบาลาต้าคล้าย ยางกัตต้าเปอร์ซา อย่างไรก็ตามมีการใช้ยางบาลาต้าในงานผลิตสายพานส่งกำลัง (Transmission belt)



ภาพที่ 5 ยางบาลาต้า

ที่มา: <https://www.mindenpictures.com/cache/pcache2/90220375.jpg>

3. น้ำยางวายุเล่ (Guayule Latex)

วายุเล่เป็นไม้พุ่มพบในเม็กซิโก เก็บเกี่ยวผลผลิตโดยการบีบคั้นทุกส่วนของต้นและแยกส่วนที่เป็นเส้นใยทั้งหมดออก แสดงต้นยางวายุเล่ดังภาพที่ 6 ผลผลิตมีลักษณะคล้ายเรซิน องค์ประกอบทางเคมีเป็น cis-1, 4 polyisoprene เช่นเดียวกับยางจากต้นยางพารา แต่เนื่องจากยางวายุเล่มีเรซินมาก คอมพาวด์จากยางวายุเล่จึงเหนียวมากและมีลักษณะคล้ายพลาสติก เสื่อมสภาพได้ง่าย และเกิดการคงรูปได้ เนื่องจากยางวายุเล่มีความพลาสติกสูงจึงมีความพยายามใช้เป็นเทอร์โมพลาสติก และวายุเล่ยังมีส่วนที่ไม่ใช่น้ำยางในปริมาณสูง มีส่วนของพอลิเมอร์เจลเล็กน้อย จึงมีผลต่อสมบัติการขึ้นรูปโดยวิธีเอ็กซทรูด อย่างไรก็ตามในการที่จะผลิตยางวายุเล่ให้ได้สมบัติเช่นเดียวกับยางจากต้นยางพารา จำเป็นต้องแยกเรซินออก ซึ่งกระบวนการดังกล่าวต้องมีการลงทุนสูง ปัจจุบันยางวายุเล่จึงมีความสำคัญเฉพาะในพื้นที่ที่สามารถปลูกพืชชนิดนี้ได้



ภาพที่ 6 ยางวายุเล่

ที่มา: <http://www.forestrynepal.org/images/images/Guayule.jpg>

การใช้งานน้ำยางชัน

การใช้งานน้ำยางชันแบ่งตามกระบวนการขึ้นรูป ได้ดังนี้

1. กระบวนการจุ่ม (Latex-dipping) การจุ่มน้ำยางเป็นกระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความบาง มีหลักการคือ จุ่มแบบ (Former) หรือแบบพิมพ์ (Mould) ลงในน้ำยางคอมพาวด์ที่เหมาะสมแล้วยกแบบขึ้นจากน้ำยางคอมพาวด์ในลักษณะที่ทำให้ยางจับผิวแบบอย่างสม่ำเสมอ สามารถเพิ่มความหนาของฟิล์มยางบนผิวแบบตามความต้องการได้โดยการจุ่มซ้ำ จากนั้นทำ การชะล้าง (Leaching) อบแห้ง และบางผลิตภัณฑ์อาจมีการใช้สารอื่นๆ เพื่อปรับคุณสมบัติตามความเหมาะสม แล้วทำให้ง่ายคงรูปในหลายกรณีมีการม้วนขอบ (Bead) ที่ปลายเปิดของผลิตภัณฑ์ เพื่อเพิ่มความแข็งแรงต่อการฉีกขาด หรือเสีรูป สำหรับบางผลิตภัณฑ์ที่มีการเสริมความแข็งแรง (Supported) โดยวัสดุบางชนิด เช่น วัสดุเส้นใยที่เนื้อบางฝืดและเคลือบอยู่การขึ้นรูปแบบนี้จะสวมวัสดุเส้นใยลงบนแบบก่อนการนำไปจุ่มลงในน้ำยางคอมพาวด์
2. การทำยางฟองน้ำ (Latex foam rubber) อุตสาหกรรมยางฟองน้ำได้พัฒนาการใช้น้ำยางธรรมชาติเป็นวัตถุดิบในกระบวนการดันลอฟ จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1950 น้ำยางธรรมชาติเป็นวัตถุดิบที่ถูกเลือกในการผลิตยางฟองน้ำโดยกระบวนการอื่นๆ ที่พยายามพัฒนาขึ้น ซึ่งกระบวนการผลิตยางฟองน้ำ

อาศัยสารที่ใช้ทำให้เกิดฟอง (Foam promoters) โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีโครงสร้างเป็นลักษณะรูพรุน ซึ่งเป็นได้ทั้งที่ต่อเนื่อง หรือต่อเนื่องบ้างและไม่ต่อเนื่องก็ได้

3. การทำเส้นด้ายยาง (Vulcanized rubber thread) หลักการของกระบวนการผลิตเส้นด้ายยางโดยวิธี Extrusion คือ การทำให้น้ำยาง ชั้นที่เตรียมเป็นเยื่อ คอปปาร์ดตามสูตรที่เหมาะสม ไหลผ่านท่อกลวง (Capillary tube) ลงสู่อ่างบรรจุน้ำกรดที่ทำให้สายน้ำยางจับตัว ยางจับตัวที่มีลักษณะเป็นเส้นด้ายถูกดึงขึ้นจากอ่างน้ำกรด ล้างกรดให้หมดก่อนการอบแห้งและ อบให้คงรูปอย่างต่อเนื่องในตู้อบ ซึ่งวิธีการดังกล่าวนี้อาจเป็นเพียงวิธีเดียวที่ใช้ผลิตเส้นด้ายยางในปัจจุบัน

เอกสารอ้างอิง

Blackley, D.C. 1997. **Polymer Lattices: Science and Technology**. 2nd Ed. Vol.3. Chapman & Hal, London. 655p.

International Organization for Standardization. 2010. **ISO 2004:2010 Natural rubber latex concentrate – Centrifuged or creamed, ammonia-preserved types - Specification**. Geneva. Switzerland. 8p.

วรารณ ขจรไชยกูล. 2555. **เทคโนโลยีน้ำยาง**. พิมพ์ครั้งที่ 1. วนิตการพิมพ์. กรุงเทพฯ. 274 หน้า.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2548. **มอก. 17025-2548 ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและห้องทดสอบและห้องปฏิบัติการสอบเทียบ**. กระทรวงอุตสาหกรรม. 30หน้า.

ยางแผ่น

(ยางแผ่นดิบ ยางแผ่นผึ่งแห้ง ยางแผ่นรมควัน)

(Sheet Rubber: Unsmoked sheet, Air dried sheet and Ribbed smoke sheet)

ภัทริยา เอื้อสว่างพร

ยางแผ่น เป็นวัตถุดิบที่นิยมใช้มานานในระบบอุตสาหกรรม วิธีทำยางแผ่นเป็นวิธีการที่ง่าย แต่ต้องพิถีพิถันในการทำ โดยเมื่อรวบรวมน้ำยางสดจากสวนแล้ว ตัวกรองเพื่อแยกสิ่งสกปรกและสิ่งเจือปน เติมน้ำทำให้ น้ำยางจับตัว รีดเป็นแผ่นแล้วทำให้แห้ง โดยอาจทำเป็นยางแผ่นดิบ ยางแผ่นผึ่งแห้ง หรือยางแผ่นรมควัน

กระบวนการผลิตยางแผ่นดิบ (Unsmoked sheet, USS)

1. การเก็บรวบรวมน้ำยาง อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้เก็บน้ำยางต้องสะอาด เมื่อรวบรวมน้ำยางสดมาแล้วให้กรองน้ำยางด้วยตะแกรงกรองเบอร์ 40 และ 60 เพื่อเอาสิ่งสกปรกออก โดยวาง ตะแกรงกรองซ้อนกัน 2 ชั้น เบอร์ 40 ไว้ข้างบน และเบอร์ 60 ไว้ข้างล่าง
2. การเจือจางน้ำยาง เติมน้ำสะอาดเพื่อเจือจางน้ำยาง ให้มีปริมาณเนื้อยางแห้งประมาณ ร้อยละ 15
3. การจับตัวด้วยเนื้อยาง เติมกรดฟอร์มิกความเข้มข้น ร้อยละ 2 – 6 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ในปริมาณ 0.4 กรัมต่อน้ำหนักเนื้อยางแห้ง 100 กรัม แล้วกวนเบาๆ อย่างทั่วถึง ขณะกวนน้ำยางอาจจะมีฟองเกิดขึ้น ใช้ใบพายกวาดฟองออกจากตะก่งให้หมด เพราะเมื่อนำยางไปรมควันจะทำให้เห็นรอยจุดอากาศในแผ่นยาง ปิดตะก่งเพื่อป้องกันมิให้ฝุ่นละอองหรือสิ่งสกปรก ตกเข้าไปในน้ำยางที่กำลังจับตัว น้ำยางจะจับตัวภายในเวลา 30 - 45 นาที
4. การเตรียมรีดแผ่น เมื่อยางจับตัวแล้ว ควรเติมน้ำสะอาดหล่อไว้ทุกตะก่ง เพื่อความสะดวกในการนำยางที่จับตัวออกจากตะก่งเมื่อนำยางออกมาแล้วให้วางบนโต๊ะที่สะอาด นวดให้บางลงด้วยมือ หรืออุปกรณ์อื่นที่เหมาะสม นวดยางให้หนาประมาณ 1 เซนติเมตร นำยางแผ่นที่นวดแล้วเข้าเครื่องรีดเส้น 3 – 4 ครั้ง ให้บางประมาณ 3 - 4 มิลลิเมตร จากนั้นนำยางเข้าเครื่องรีดดอก 1 ครั้ง เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิว ซึ่งจะช่วยให้แผ่นยางแห้งเร็วขึ้นเมื่อนำไปผึ่ง
5. การผึ่งแผ่นยาง แผ่นยางที่ล้างด้วยน้ำสะอาดแล้ว ควรนำมาผึ่งไว้ในที่ร่ม 2 - 6 ชั่วโมง ดังแสดงตามภาพที่ 7 ไม่ควรให้โดนแสงแดด เพราะจะทำให้ยางแผ่นเสื่อมคุณภาพได้ง่าย ฝุ่น หรือสัมผัสสิ่งสกปรกได้ง่าย

การจัดชั้นยางแผ่นดิบ มีการพิจารณาจากคุณสมบัติต่างๆ ได้แก่ ความสะอาดแผ่น ขนาด ความหนาของแผ่น ความชื้น สี ความยืดหยุ่น น้ำหนัก และลักษณะรูปร่างของแผ่น ดังแสดงในตารางที่ 4 และภาพที่ 8



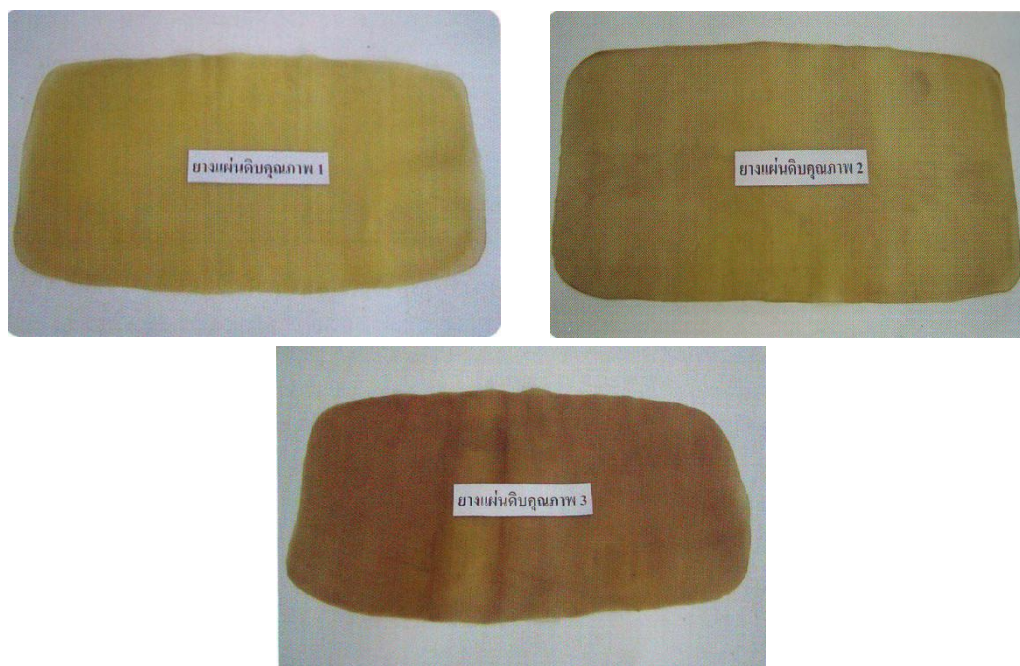
ภาพที่ 7 ซ้าย – การผึ่งแผ่นยาง

ขวา – ยางแผ่นดิบ

ที่มา: เอกสารวิชาการยางพารา “การแปรรูปยาง”

ตารางที่ 4 มาตรฐานยางแผ่นดิบคุณภาพต่างๆ

รายการ	คุณภาพ			
	1	2	3	4
1. ความสะอาดแผ่น	100%	100%	100%	100%
สิ่งสกปรกในแผ่น	0%	เล็กน้อย	เล็กน้อย	มีบ้าง
ฟองอากาศในแผ่น	0%	เล็กน้อย	เล็กน้อย	มีบ้าง
2. ขนาดความหนาของแผ่นไม่เกิน (มิลลิเมตร)	3	4	4	4
3. ความชื้นในแผ่นยางไม่เกิน (เปอร์เซ็นต์)	1.5	2	3	4.5
4. สีของเนื้อยาง	1	สม่ำเสมอ	ไม่สั่น	ไม่ใส
ความคล้ำ	0	อาจมีบ้าง	คล้ำ	คล้ำ
รอยต่างดำ	0	อาจมีบ้าง	ค่อนข้างทึบ	ทึบ
5. แผ่นยืดหยุ่น	ดี	ดี	ดี	ดี
ลายดอกแผ่นที่ปรากฏชัด	ชัด	ชัด	ชัด	ชัด
6. น้ำหนักแผ่น (กรัม)	800-1,200	100-1,200	ไม่เกิน 1,500	ไม่เกิน 1,500
7. รูปแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้า				
กว้าง (ซม.)	38 - 46	38 - 46	38 - 46	38 - 46
ยาว (ซม.)	80 - 90	80 - 90	80 - 90	80 - 90

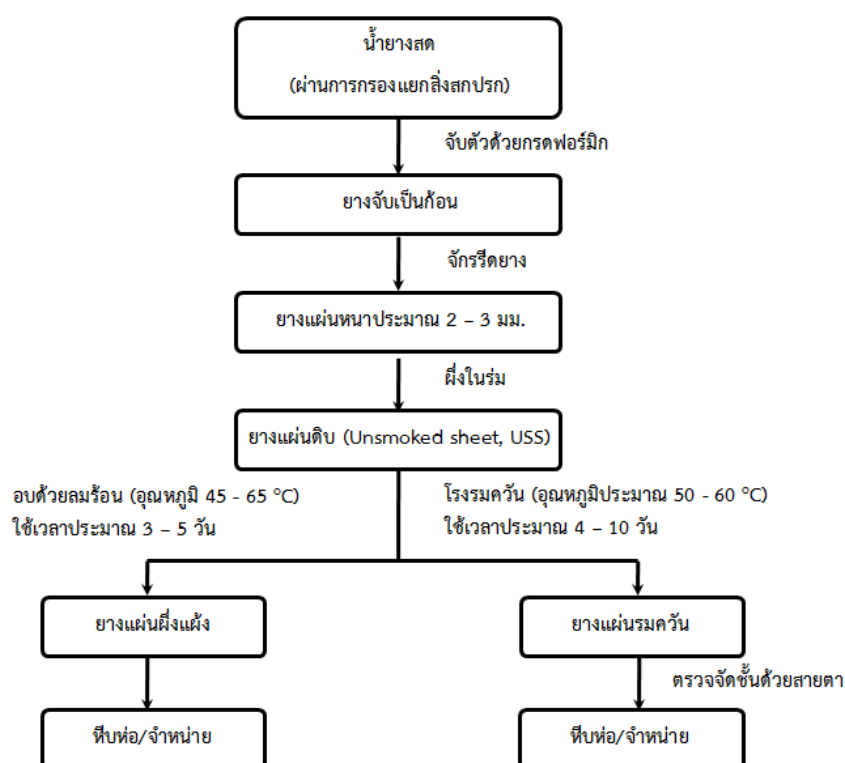


ภาพที่ 8 ยางแผ่นดิบคุณภาพต่างๆ

ที่มา: “การผลิตยางแผ่นดิบคุณภาพดี” สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร 2551

การผลิตยางแผ่นผึ่งแห้ง/ยางแผ่นรมควัน (Air dried sheet, ADS and Ribbed smoke sheet, RSS)

กรรมวิธีการผลิตยางแผ่นผึ่งแห้ง/ยางแผ่นรมควัน ใช้วิธีได้เกี่ยวกับการผลิตยางแผ่นดิบ แล้วนำมาทำให้แห้งโดยการอบด้วยลมร้อน หรือรมควัน ดังแสดงตามภาพที่ 9 ซึ่งแสดงวิธีการผลิตไว้ในแผนภูมิ 1



แผนภูมิ 1 กรรมวิธีการผลิตยางแผ่นผึ่งแห้ง/ยางแผ่นรมควัน



ภาพที่ 9 ซ้าย - ยางแผ่นผึ่งแห้งในโรงตากแห้ง

ขวา - ยางรมควันในเตารมควัน

ที่มา: <http://www.p2s.psu.ac.th/index.php/psu-research/2014-09-09-02-01-15/73-2015-07-28-08-52-12>

การจัดชั้นยางแผ่นรมควัน มีการพิจารณาจากคุณสมบัติต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 มาตรฐานยางแผ่นรมควันชั้น 1 - 3

รายการตรวจสอบ	ชั้น 1	ชั้น 2	ชั้น 3
การขึ้นรา	ต้องไม่มีราหรือมีราแห้งเล็กน้อย เฉพาะผิวของแผ่นยางที่ใช้ห่อ	มีราสนิทดั้งเล็กน้อยหรือมีราแห้งที่แผ่นยางที่ใช้ห่อ แต่ไม่เกิน 5% ของตัวอย่างที่ตรวจ	มีราสนิทดั้งเล็กน้อยหรือมีราแห้งที่แผ่นยางที่ใช้ห่อ แต่ไม่เกิน 10% ของตัวอย่างที่ตรวจ
สมบัติของยางแผ่น	ยางทุกแผ่นจะต้องมีสมบัติดังนี้คือ - แห้ง - เนื้อแข็ง - ไม่มีจุดพอง - ไม่มีกรวดทราย - ไม่มีสิ่งปนเปื้อน - ไม่มีตำหนิใดๆ - สะอาด - ไม่มีราสนิทดั้ง	ยางทุกแผ่นจะต้องมีสมบัติดังนี้คือ - แห้ง - เนื้อแข็ง - ไม่มีจุดพอง - ไม่มีกรวดทราย - ไม่มีสิ่งปนเปื้อน - ไม่มีตำหนิใดๆ - สะอาด	ยางทุกแผ่นจะต้องมีสมบัติดังนี้คือ - แห้ง - เนื้อแข็ง - ไม่มีจุดพอง - ไม่มีกรวดทราย - ไม่มีสิ่งปนเปื้อน
ตำหนิที่ยอมรับได้	- มีฟองอากาศขนาดหัวเข็มหมุดกระจายอยู่ทั่วแผ่น - มีจุดดำๆ ของเปลือกไม้เล็กน้อย	- มีฟองอากาศขนาดเล็ก - มีจุดดำๆ ของเปลือกไม้เล็กน้อย	- มีฟองอากาศขนาดเล็ก - มีจุดดำๆ ของเปลือกไม้เล็กน้อย
ตำหนิที่ยอมรับไม่ได้	- ยางเหนียวเยิ้ม - ยางเนื้ออ่อน - ยางแฉะไฟ - ยางไหม้ - ยางอ่อนรมควัน	- ยางเหนียวเยิ้ม - ยางเนื้ออ่อน - ยางแฉะไฟ - ยางไหม้ - ยางอ่อนรมควัน	- ยางเหนียวเยิ้ม - ยางเนื้ออ่อน - ยางแฉะไฟ - ยางไหม้ - ยางอ่อนรมควัน

รายการตรวจสอบ	ชั้น 1	ชั้น 2	ชั้น 3
	- ยางแถมควั่น - ยางทึบ	- ยางแถมควั่น - ยางทึบ	- ยางแถมควั่น - ยางทึบ

การนำไปใช้งาน

ชนิด	การใช้งาน	หมายเหตุ
ADS, RSS 1	ผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ เภสัชกรรม การสัมผัสอาหาร ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการแต่งเติมสีสรร เส้นด้ายยางยืดแบบเหลื่อม กาวยาง เทปติดพื้นรองเท้าและส่วนประกอบ	เป็นยางที่มีความสะอาด มีสีจาง
RSS 2 และ 3	ผลิตภัณฑ์ยางรถยนต์ ยางล้อดอกกรวมทั้งผลิตภัณฑ์ยางอะไหล่ ยางใช้ในงานวิศวกรรม และใช้ในงานอุตสาหกรรมทั่วไป	เป็นยางสีคล้ำ ส่วนใหญ่ใช้สารตัวเติมเขม่าดำ เพื่อเสริมความแข็งแรง

เอกสารอ้างอิง

- นุชนาฏ ณ ระนอง . 2548. การแปรรูปยาง . หน้า 172-178. ใน : เอกสารวิชาการยางพารา ปี 2548. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร
- นุชนาฏ ณ ระนอง. 2550. อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง. หน้า 197- 199. ใน : เอกสารประกอบการฝึกอบรมพนักงานบรรจุใหม่ สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง วันที่ 27 - 29 สิงหาคม 2550. กรมวิชาการเกษตร
- วิภาวี พัฒนกุล. 2554. ยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ . หน้า 19 - 22. ใน : เอกสารงานนิทรรศการพืชสวน เชียงใหม่ ตุลาคม 2554. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร

ยางเครพ

(Creped rubber)

ภัทรียา เอื้อสว่างพร

วัตถุดิบในการผลิต

ยางเครพคือ ยางที่มีลักษณะเป็นผืนยาวๆ เรียกตามลักษณะของเครื่องจักรที่นำมาผลิต คือ เครื่องเครพเปอร์ (Creper) ดังแสดงตามภาพที่ 10 หากนำน้ำยางสดมาผลิตโดยตรงและใช้กรรมวิธีฟอกสี จะได้ยางเครพสีขาว (White Crepe) หรือ เครพสีจาง (Pale crepe) หากใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพต่ำกว่า เช่น เศษยาง ยางคัตตึง ยางขี้เส้น ก็จะจัดเป็นยางเครพสีน้ำตาล (Brown crepe)



ภาพที่ 10 เครื่องเครพเปอร์ (Creper)

ที่มา: <https://i.ytimg.com/vi/QlddCatugu0/maxresdefault.jpg>

กระบวนการผลิตยางเครพสีจาง (White and Pale Crepe)

1. การรวบรวมน้ำยางสด รวบรวมน้ำยางสดที่ได้จากพันธุ์ยางที่ให้น้ำยางสีขาว รักษาสภาพน้ำยางสดด้วยโซเดียมซัลไฟต์ หรือฟอร์มาลดีไฮด์ หรือแอมโมเนีย กรองน้ำยางผ่านตะแกรงเบอร์ 60 เมช
2. การเจือจางน้ำยาง เติมน้ำสะอาดลงในน้ำยางให้น้ำยางมีปริมาณเนื้อยางแห้ง ร้อยละ 25
3. เติมสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ เพื่อป้องกันปฏิกิริยาของเอนไซม์ในน้ำยาง ซึ่งทำให้น้ำยางมีสีคล้ำ
4. เติมกรดอะซิติก (Acetic acid) และกวนเบาๆ เพื่อให้ น้ำยางจับตัวบางส่วนจะมีสารอื่นๆ ที่ไม่มีความเสถียร เช่น โปรตีน สารพวกคาโรทีนอยด์ถูกจับตัวและลอยตัวอยู่ในน้ำยาง แยกสารเหล่านี้ออกจาก น้ำยาง จะได้ น้ำยางสีขาวกับก้อนยางสีเหลือง
5. การฟอกสียาง กรองน้ำยางสีขาวที่ได้ผ่านตะแกรง เบอร์ 40 หรือ 60 เมช เพื่อแยกส่วนที่เป็นก้อนยางสีเหลืองที่อาจติดมากับน้ำยาง แล้วเจือจางน้ำยางด้วยน้ำสะอาดให้น้ำยางมีปริมาณเนื้อยางแห้ง ร้อยละ 20 แล้วเติมสารฟอกสี Emulsion A

6. การจับตัวเนื้อยาง เต็มกรดฟอร์มิกความเข้มข้น ร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ปริมาณ 0.4 กรัมต่อน้ำหนักเนื้อยางแห้ง 100 กรัม น้ำยางจับตัวอย่างสมบูรณ์ ภายใน 6 – 8 ชั่วโมง
7. รีดก้อนยางจับตัวด้วยเครื่องรีดเครพ (Creping mill) ให้มีความหนา 2 – 3 มิลลิเมตร แล้วลำเลียงแผ่นยางเครพไปผึ่งแผ่นยางให้สะอาดน้ำจนกระทั่งแผ่นยางแห้งในโรงเรือน
8. การอบยางผึ่งแผ่นยางให้แห้งในโรงผึ่งที่ควบคุมอุณหภูมิประมาณ 27 – 29 องศาเซลเซียส และไม่ควรมากเกิน 32 องศาเซลเซียส เพราะอุณหภูมิเป็นสาเหตุที่ทำให้สีของยางคล้ำได้
9. การบรรจุหีบห่อ หีบห่อด้วยพลาสติก หรือ กระดาษสีน้ำตาล

กระบวนการผลิตยางเครพสีน้ำตาล (Brown Crepe)

ยางเครพสีน้ำตาล ดังแสดงตามภาพที่ 11 ผลิตจากเศษยางแห้งจากสวนยาง เช่น ยางกัน ถ้วย ยางติดเปลือกไม้ (Bark scrap) ยางแห้งติดรอยกรีด (Tree lace) ฯลฯ เศษยางเหล่านี้จะถูกล้างน้ำ เพื่อทำความสะอาดกำจัดสิ่งสกปรก และถูกบดรวมกันโดยใช้เครื่องบดแบบสองลูกกลิ้งที่หมุนด้วยความเร็ว ต่างกัน เพื่อให้เกิดแรงเฉือนหรือแรงเสียดทาน ซึ่งมีระบบการฉีดพ่นน้ำสะอาด เพื่อช่วยชะล้างสิ่งสกปรก ออกจากยาง จำนวนครั้งหรือจำนวนเครื่องจักรที่ใช้บด ขึ้นอยู่กับความสกปรกของวัตถุดิบสุดท้ายจะได้ยางสี น้ำตาลสม่ำเสมอ จากนั้นจะถูกทำให้แห้งและบรรจุหีบห่อคล้ายการผลิตยางเครพสีขาว



ภาพที่ 11 ยางเครพสีน้ำตาล (Brown Crepe)

ที่มา: <http://www.chaitex.com/index.php/product-price-information/product-2/>

การนำไปใช้งาน

ใช้ผสมกับยางชนิดอื่น สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ระบุข้อกำหนดคุณภาพ เช่น พื้นรองเท้า เพื่อลดต้นทุนการผลิต มี Non-rubber สูง จึงเกิดการคงรูปเร็ว

เอกสารอ้างอิง

นุชนาฏ ณ ระนอง . 2548. การแปรรูปยาง . หน้า 172-178. ใน : เอกสารวิชาการยางพารา ปี 2548. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร

- นุชนาฏ ณ ระนอง. 2550. อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง. หน้า 197- 199. ใน : เอกสารประกอบการฝึกอบรม พนักงานบรรจุใหม่ สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง วันที่ 27 - 29 สิงหาคม 2550. กรมวิชาการเกษตร
- วิภาวี พัฒนกุล. 2554. ยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ . หน้า 19 – 22.. ใน : เอกสารงานนิทรรศการพืชสวน เชียงใหม่ ตุลาคม 2554. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร
- สุรศักดิ์ สุทธิสงค์. 2536. กรรมวิธีการผลิตยางเครพขาว. หน้า 27 – 41. ใน : เอกสารงานประกอบการฝึกอบรม หลักสูตร “เทคโนโลยีการยาง” เล่มที่ 1. กรมวิชาการเกษตร
- นวลศรี โชตินันทน. 2557. เปลี่ยนจากยางก้อนถ้วยมาเป็นยางเครป ได้เงินดีกว่า. มติชนบท.
(URL:https://www.technologychaoban.com/news_detail.php?tnid=1261).

ยางแท่ง (Technically Specified Rubber) กิตติคุณ บุญวานิช

ยางแท่งที่ผลิตโดยระบุคุณภาพมาตรฐาน (Technically Specified Rubber, TSR) คือ ยางแท่งที่มีการกำหนดมาตรฐานเป็นสากลใช้ร่วมกันทุกประเทศ โดยแบ่งเกรดของยางแท่งตามพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ ปริมาณสิ่งสกปรก ปริมาณเถ้า ปริมาณสิ่งระเหย ปริมาณไนโตรเจน ความอ่อนตัวเริ่มแรก ดัชนีความอ่อนตัว สี และความหนืด ประเทศที่เป็นผู้ผลิตรายใหญ่แต่ละประเทศมีการกำหนดมาตรฐานของตนเอง โดยมีการใช้ชื่อย่อ ดังนี้

- STR (Standard Thai Rubber) เป็นชื่อย่อตามมาตรฐานยางแท่งของประเทศไทย
- SMR (Standard Malaysia Rubber) ของประเทศมาเลเซีย
- SIR (Standard Indonesia Rubber) ของประเทศอินโดนีเซีย
- SVR (Standard Vietnam Rubber) ของประเทศเวียดนาม

สมบัติของยางแท่งเอสทีอาร์

ประเทศไทยมีมาตรฐานยางแท่งเอสทีอาร์ชนิดต่างๆ ดังแสดงตัวอย่างยางแท่งดังภาพที่ 12 ตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่องการกำหนดมาตรฐานยางและวิธีการมัดยางและการบรรจุหีบห่อยางเพื่อการส่งออก ลงวันที่ 27 กันยายน 2558 ตามตารางที่ 6 มี 8 ชั้น ได้แก่

1. ยางแท่งเอสทีอาร์ XL (STR XL) เป็นยางแท่งผลิตมาจากน้ำยางสด จะต้องควบคุมคุณภาพทุกขั้นตอน มีสมบัติหลัก คือ ปริมาณสิ่งสกปรก ไม่เกิน ร้อยละ 0.02 และ มีค่าสี ไม่เกิน 4 หน่วยโลวิบอนด์
2. ยางแท่งเอสทีอาร์ 5L (STR 5L) เป็นยางแท่งผลิตมาจากน้ำยางสด มีสมบัติหลัก คือ ปริมาณสิ่งสกปรก ไม่เกิน ร้อยละ 0.04 และ มีค่าสี ไม่เกิน 6 หน่วยโลวิบอนด์
3. ยางแท่งเอสทีอาร์ 5 (STR 5) เป็นยางแท่งผลิตมาจากน้ำยางสดหรือยางแผ่น มีสมบัติหลัก คือ ปริมาณสิ่งสกปรก ไม่เกิน ร้อยละ 0.04 และ ไม่มีการกำหนดค่าสี
4. ยางแท่งเอสทีอาร์ 5CV (STR 5CV) เป็นยางแท่งผลิตมาจากน้ำยางสดหรือยางแผ่น เป็นยางแท่งที่มีความหนืดคงที่ ด้วยการเติมสารควบคุมความหนืด ทำให้อย่างแท่งมีความหนืดอยู่ในระดับที่ควบคุมได้ มีสมบัติหลัก คือ ปริมาณสิ่งสกปรก ไม่เกิน ร้อยละ 0.04 และ มีค่าความหนืด 70 (+7,-5) , 60 (+7,-5) , 50 (+7,-5) และ 40 (+7,-5)
5. ยางแท่งเอสทีอาร์ 10 (STR 10) เป็นยางแท่งผลิตมาจากยางแผ่น ยางก้อนถ้วยหรือเศษยาง มีสมบัติหลัก คือ ปริมาณสิ่งสกปรก ไม่เกิน ร้อยละ 0.08
6. ยางแท่งเอสทีอาร์ 10CV (STR 10CV) เป็นยางแท่งผลิตมาจากยางแผ่น ยางก้อนถ้วยหรือเศษยาง เป็นยางแท่งที่มีความหนืดคงที่ ด้วยการเติมสารควบคุมความหนืด ทำให้อย่างแท่งมีความหนืดอยู่ในระดับที่ควบคุมได้ มีสมบัติหลัก คือ ปริมาณสิ่งสกปรก ไม่เกิน ร้อยละ 0.08 และ มีค่าความหนืด 60 (+7,-5)
7. ยางแท่งเอสทีอาร์ 20 (STR 20) เป็นยางแท่งผลิตมาจากยางแผ่น ยางก้อนถ้วยหรือเศษยาง มีสมบัติหลัก คือ ปริมาณสิ่งสกปรก ไม่เกิน ร้อยละ 0.16

8. ยางแท่งเอสทีอาร์ 20CV (STR 20CV) เป็นยางแท่งผลิตมาจากยางแผ่น ยางก้อนถ้วย หรือเศษยาง เป็นยางแท่งที่มีความหนืดคงที่ ด้วยการเติมสารควบคุมความหนืด ทำให้ยางแท่งมีความหนืดอยู่ในระดับที่ควบคุมได้ มีสมบัติหลัก คือ ปริมาณสิ่งสกปรก ไม่เกิน ร้อยละ 0.16 และ มีค่าความหนืด 65 (+7,-5)



ภาพที่ 12 ยางแท่งเอสทีอาร์ 5L และ เอสทีอาร์ 20

ที่มา: http://www.thaihua.com/v5/sites/default/files/styles/product_page/public/BR4.jpg?itok=BoimB-SG และ <http://www.jmkintl.com/rubber-str.jpg>

กระบวนการผลิตยางแท่ง

การผลิตยางแท่งอาจใช้วัตถุดิบจากน้ำยางสด หรือยางแห้ง ขึ้นอยู่ กับชั้นของยางแท่งที่ต้องการผลิต โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ยางแท่ง STR XL, STR 5L และ STR 5

นำน้ำยางสดมาจับตัวด้วยกรดฟอร์มิก เมื่อยางจับตัวเป็นก้อนแล้ว นำยางไปผ่านเครื่องรีดยางเพื่อให้ยางเป็นแผ่นและตัดย่อยเป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นทำให้แห้งโดยการอบ แล้วนำยางที่แห้งไปอัดเป็นแท่ง

2. ยางแท่ง STR 5, STR 10 และ STR 20

นำยางแห้ง เช่น ยางก้อนถ้วย ยางแผ่น หรือ เศษยาง ไปผ่านเครื่องตัดย่อยให้เป็นชิ้นเล็กๆ แล้วล้างทำความสะอาด และรีดยางให้เป็นแผ่นด้วยเครื่องเครพ ยางที่ผ่านการรีดจะมีลักษณะเป็นแผ่น จากนั้นนำยางไปผ่านเครื่องตัดย่อยให้ยางเป็นชิ้นเล็กๆ และทำให้ยางแห้งโดยการอบด้วยลมร้อน นำยางที่ผ่านการอบแห้งแล้วไปอัดเป็นแท่ง

ตารางที่ 6 รายละเอียดการกำหนดชั้นและขีดจำกัดสมบัติต่างๆ ของยางแท่งเอสทีอาร์

สมบัติ	STR XL	STR 5L	STR 5	STR 5 CV	STR 10	STR 10 CV	STR 20	STR 20 CV
	น้ำยาง		น้ำยาง/ยางแผ่น		ยางก้อน/ยางแผ่น			
ปริมาณสิ่งสกปรก, % ไม่เกิน	0.02	0.04	0.04	0.04	0.08	0.08	0.16	0.16
ปริมาณเถ้า, % ไม่เกิน	0.40	0.40	0.60	0.60	0.60	0.60	0.80	0.80
ปริมาณไนโตรเจน, % ไม่เกิน	0.50	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
ปริมาณสิ่งระเหย, % ไม่เกิน	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
ความอ่อนตัวเริ่มแรก, ไม่ต่ำกว่า	35	35	30	-	30	-	30	-
ดัชนีความอ่อนตัว, % ไม่ต่ำกว่า	60	60	60	60	50	50	40	40
สี วัดโดยไลวียอนด์, ไม่เกิน	4.0	6.0	-	-	-	-	-	-
ความหนืด ML (1'+4') 100°C	-	-	-	**	-	**	-	**
แถบสี	blue	Light green	Light green	White on light green background	brown	White on brown background	red	White on red background

หมายเหตุ * ขีดจำกัดของผู้ผลิตไม่เกิน 0.5% ** ขีดจำกัดของผู้ผลิตคือ

STR 5 CV มีค่าความหนืด 70(+7,-5), 60(+7,-5), 50(+7,-5) และ 40(+7,-5)

STR 10 CV มีค่าความหนืด 60(+7,-5)

STR 20 CV มีค่าความหนืด 65(+7,-5)

การนำไปใช้งาน

ยางแท่งมีการใช้งานที่หลากหลายตามชนิดของชั้นยาง แสดงผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากยางแท่งตามภาพที่ 13 โดยยางแท่งแต่ละชนิดสามารถใช้งานได้ดังนี้

1. STR XL และ STR 5L

ใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ เภสัชกรรม การสัมผัสอาหาร ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการแต่งเติมสี สัน สายด้ายยางยืดแบบเหลี่ยม กาวยาง เทปติดพื้นรองเท้าและส่วนประกอบ ยางรัดของ อุปกรณ์กีฬา

2. STR 5

ใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์ยางรัดของ ผลิตภัณฑ์พื้นรองเท้า ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการแต่งเติมสี สัน

3. STR 5CV

เป็นยางที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมทำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการควบคุมความหนืดของยางที่ใช้ในการแปรรูป เช่น อุตสาหกรรมยางท่อ, อุตสาหกรรมทำกาว

4. STR 10CV และ STR 20CV

ใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์ยางล้อ อุตสาหกรรมยางท่อและ ผลิตภัณฑ์สายพาน

5. STR 10 และ STR 20

ใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์ยางล้อ ล้อจักรยานยนต์ / จักรยาน ผลิตภัณฑ์สายพานต่างๆ ยางรองพื้น ยางรองคอสพาน ยางกันกระแทก และรองเท้า/พื้นรองเท้า



ภาพที่ 13 แสดงผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากยางแท่งเอสทีอาร์

ที่มา: <http://www.itshirt.org/wp-content/uploads/2015/11/e6.jpg>

เอกสารอ้างอิง

วราภรณ์ ขจรไชยกูล. 2549. **ยางธรรมชาติ : การผลิตและการใช้งาน**. พิมพ์ครั้งที่ 1. ห้างหุ้นส่วน จำกัด
ซีโน ดีไซน์. กรุงเทพฯ. 176 หน้า

ราชกิจจานุเบกษา. 2548. **การกำหนดมาตรฐานยางและวิธีการมัดยางและการบรรจุหีบห่อเพื่อการส่งออก**
ราชกิจจานุเบกษา. เล่มที่ 122 ตอนพิเศษ 106 ง. ลงวันที่ 27 กันยายน พ.ศ. 2548. 5 หน้า.

ยางskimบล็อกและยางskimเครพ (Skim Block and Skim Crepe)

กิตติคุณ บุญวานิช

ยางskimบล็อกและยางskimเครพ เป็นยางก้อนที่ผลิตจากยางน้ำยาง ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการผลิตน้ำยางข้นที่ยังมีปริมาณเนื้อยางอยู่ประมาณร้อยละ 5 แต่ยางskimมีข้อจำกัดในการใช้อุตสาหกรรมเพราะคุณสมบัติด้านการกระดอน (Rebound) ต่ำ เช่น มีค่าไนโตรเจนสูง ค่าดัชนีความอ่อนตัว(PRI) และ ค่าความหนืด (Mooney Viscosity) ต่ำ มีสีคล้ำ เนื้อยางskimบล็อกจะร่วนเพราะเกิดจากการนำเศษยางมาอัดรวมกันเป็นแท่งใหม่ ราคาจะค่อนข้างถูก และมีคุณภาพอยู่ในระดับที่ยอมรับได้สำหรับงานที่ไม่ต้องการคุณสมบัติทนทานมากนัก

กระบวนการผลิตยางskimบล็อก

นำยางน้ำยางมาเติมกรดซัลฟิวริกเพื่อให้เนื้อยางจับตัวเป็นก้อน จากนั้นนำก้อนยางskimไปผ่านเครื่องตัดย่อยเป็นชิ้นเล็กๆแล้วนำยางไปล้างทำความสะอาดและรีดยางให้เป็นแผ่นด้วยเครื่องเครพ ยางที่ผ่านการรีดจะมีลักษณะเป็นแผ่น จากนั้นนำยางไปผ่านเครื่องตัดย่อยให้ยางเป็นชิ้นเล็กๆ และทำให้ยางแห้งโดยการอบด้วยลมร้อนยางที่ผ่านการอบแห้งแล้วนำไปอัดเป็นแท่ง แสดงดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 ยางskimบล็อก

ที่มา: <http://www.industry.in.th/uploadedimages/c1/ProductThumb37962351900004fullsize>

กระบวนการผลิตยางskimเครพ

นำยางน้ำยางมาเติมกรดซัลฟิวริกเพื่อให้เนื้อยางจับตัวเป็นก้อน จากนั้นนำก้อนยางskimไปผ่านเครื่องตัดย่อยเป็นชิ้นเล็กๆแล้วนำยางไปล้างทำความสะอาดและรีดยางให้เป็นแผ่นด้วยเครื่องเครพ ยางที่ผ่านการรีดจะมีลักษณะเป็นแผ่นมีความหนาประมาณ 3 มิลลิเมตร จากนั้นนำยางไปตาก ไว้ในที่ร่มประมาณ 15 – 20 วัน แสดงดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 ยางสกินเครฟ

ที่มา: <http://imgusr.tradekey.com/p-144675-20090616124238/rubber-skim-crepe.jpg>

การนำไปใช้งาน

ยางสกินบล็อกสามารถนำไปผลิตสินค้าต่างๆ เช่น พื้นรองเท้า ยางล้อรถจักรยาน ยางรองขาโต๊ะ ยางปูพื้นรถ แสดงดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 ยางรองขาโต๊ะที่ผลิตจากยางสกิน

ที่มา: <http://static.weloveshopping.com/shop/client/000060/Klongthom99/r003.jpg>

เอกสารอ้างอิง

วราภรณ์ ขจรไชยกูล. 2549. ยางธรรมชาติ : การผลิตและการใช้งาน. พิมพ์ครั้งที่ 1. ห้างหุ้นส่วนจำกัด

ซีโน ดีไซน์. กรุงเทพฯ. 176 หน้า.

ยางสังเคราะห์ (Synthetic Rubber)

วิชาวิ พัฒนกุล

ยางสังเคราะห์เริ่มถูกค้นคว้าวิจัยในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 1 เนื่องมาจากการขาดแคลนยางธรรมชาติที่จำเป็นต้องใช้ในการผลิตอาวุธ และความไม่สะดวกในการคมนาคมติดต่อระหว่างประเทศผู้ผลิตยางธรรมชาติกับประเทศผู้ใช้อย่างธรรมชาติ ราคาที่ไม่แน่นอนของยางธรรมชาติ รวมทั้งสมบัติพิเศษบางอย่างที่ยางสังเคราะห์มีแต่ยางธรรมชาติไม่มี เช่น ความทนทานต่อน้ำมัน และความร้อนสูงๆ

ยางสังเคราะห์ถูกผลิตขึ้นมาจากการทำปฏิกิริยาทางเคมี เรียกว่า ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน (Polymerization) ของวัตถุดิบที่เรียกว่ามอนอเมอร์ (monomer) จำนวน 1 ชนิด หรือมากกว่า ถ้ายางสังเคราะห์ประกอบด้วยมอนอเมอร์ชนิดเดียว เรียกว่า ยางสังเคราะห์ชนิดนี้ว่า โฮโมพอลิเมอร์ (Homopolymer) ถ้ายางสังเคราะห์ประกอบด้วยมอนอเมอร์ จำนวน 2 ชนิด เรียกว่า ยางสังเคราะห์ชนิดนี้ว่า โคพอลิเมอร์ (Copolymer) และถ้ายางสังเคราะห์ประกอบด้วยมอนอเมอร์ จำนวน 3 ชนิด เรียกว่า ยางสังเคราะห์ชนิดนี้ว่า เทอร์พอลิเมอร์ (Terpolymer) ปัจจุบันนี้มีการผลิตยางสังเคราะห์ในเชิงการค้าหลายชนิด โดยทั่วไปยางสังเคราะห์แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1. ยางสังเคราะห์ใช้งานทั่วไป (General purpose synthetic rubber) เป็นยางที่ผลิตขึ้นมาในปริมาณมาก เพื่อใช้แทนยางธรรมชาติ เช่น พอลิไอโซพรีนสังเคราะห์ (Synthetic Polyisoprene Rubber, IR) สไตรีนบิวตะไดอีน (Styrene-Butadiene Rubber, SBR) บิวตะไดอีน (Butadiene Rubber, BR) ไอโซบิวทิลีน ไอโซพรีน หรือ ยางบิวทาย (Isobutylene Isoprene Rubber, IIR or Butyl) และเอทิลีน โพรพิลีน ไดอีน มอนอเมอร์ (Ethylene Propylene Diene Monomer, EPDM) เป็นต้น

2. ยางสังเคราะห์ใช้งานพิเศษ (Special purpose synthetic rubber) เป็นยางที่ผลิตขึ้นมาในปริมาณที่น้อยกว่ายางสังเคราะห์ใช้งานทั่วไป มีสมบัติทนทานพิเศษต่อน้ำมัน ตัวทำละลาย ความร้อน หรือ สารเคมี เช่น คลอโรพรีน หรือ นีโอพรีน (Chloroprene or Neoprene Rubber, CR) อะครีโลไนไตรล์ บิวตะไดอีน (Acrylonitrile Butadiene Rubber, NBR) คลอโรซัลโฟเนต พอลิเอทิลีน หรือ ไฮพาลอน (Chlorosulfonated Polyethylene Rubber, CSM or Hypalon) พอลิอะคริลิก (Polyacrylic Rubber, ACM) ซิลิโคน (Silicone, SI) และพอลิซัลไฟด์ หรือ ไธโอคอลล (Polysulphide Rubber, TR or Thiokol) เป็นต้น

ยางพอลิไอโซพรีน (Polyisoprene, IR)

ยาง IR เป็นโฮโมพอลิเมอร์ที่ได้มาจากการทำปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของ มอนอเมอร์ชนิดเดียว คือ ไอโซพรีน โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิด Ziegler-Natta ให้มีโครงสร้างแบบเดียวกับยางธรรมชาติ คือ โครงสร้างแบบ *cis* - 1, 4 แต่ไม่มีสารที่ไม่ใช่ยาง (Nonrubber) ซึ่งมีอยู่ในยางธรรมชาติ ลักษณะของยางสังเคราะห์มีหลายแบบ ตัวอย่างของยางสังเคราะห์พอลิไอโซพรีน แสดงตามภาพที่ 17 ยาง IR แบ่งได้ 2 แบบ คือ

1. High cis grades มอนอเมอร์ของโมเลกุลยางสังเคราะห์ IR มีการเรียงตัวแบบ *cis* – 1, 4 อยู่ประมาณร้อยละ 96 – 97 และมีการจัดเรียงที่เป็นระเบียบ ทำให้สามารถเกิดการเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลได้ หรือ เกิดผลึกได้ เมื่อมีการยืด เหมือนยางธรรมชาติ

2. Low cis grade มอนอเมอร์ของโมเลกุลยางสังเคราะห์ IR มีการเรียงตัวแบบ *cis* – 1, 4 อยู่ประมาณร้อยละ 92 – 93 สมบัติทางกายภาพของยางคงรูปด้อยกว่ายางคงรูปของ high *cis* grade



ภาพที่ 17 ตัวอย่างของยางสังเคราะห์พอลิไอโซพรีน
ที่มา: <http://www.carst.co.za/isoprene%20rubber.aspx>

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ยาง IR ได้แก่ ผลิตภัณฑ์รถยนต์ ในส่วนดอกยาง และผ้าใบของรถบรรทุก รถยนต์โดยสาร ยางล้อเครื่องบิน รองเท้า พื้นรองเท้า ชิ้นส่วนประกอบรถยนต์ เคลือบผ้าใบกันน้ำ ปะเก็นต่างๆ กระเบื้องยางปูพื้น ส่วนผสมกาว ท่อยาง หัวนม และเครื่องมือทางการแพทย์ เป็นต้น

ยางสไตรีนบิวตะไดอิน (Styrene - Butadiene Rubber, SBR)

ยาง SBR เป็นยางสังเคราะห์ที่สำคัญและมีการใช้กันอย่างกว้างขวาง ได้มาจากการทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน ของมอนอเมอร์ จำนวน 2 ชนิด คือ สไตรีน (Styrene) กับ บิวตะไดอิน (Butadiene) จึงเป็นยางสังเคราะห์ชนิดโคพอลิเมอร์ (Copolymer) ตัวอย่างของยางสังเคราะห์สไตรีนบิวตะไดอินแสดงตามภาพที่ 18 การผลิตยางสังเคราะห์ SBR มีระบบการสังเคราะห์ทั่วไป 2 ระบบ คือ

1. พอลิเมอร์ไรเซชันแบบอิมัลชัน (Emulsion polymerization) เป็นปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบบฟรีเรดิคัล (Free radical) ในระบบอิมัลชัน โดยมีตัวริเริ่ม (Initiator) ที่ให้เรดิคัล (Radical) เช่น การสลายตัวของเปอร์ออกไซด์ อุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยา คือ 50 องศาเซลเซียส ยาง SBR ที่ได้ เรียกว่า ยางร้อน (Hot rubber) มีปริมาณสไตรีนประมาณร้อยละ 23.5 และ บิวตะไดอินร้อยละ 76.5 ต่อมา มีการปรับปรุงยาง SBR โดยใช้เรดิคัลที่ว่องไวมาก ทำให้เกิดพอลิเมอร์ไรเซชันที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ยาง SBR ที่ได้ เรียกว่า ยางเย็น (Cold rubber) มีปริมาณสไตรีนร้อยละ 25

2. พอลิเมอร์ไรเซชันแบบสารละลาย (Solution polymerization) มีสไตรีนประมาณร้อยละ 25 ซึ่งเป็นสมบัติที่ดีที่สุด ยาง SBR สามารถแบ่งออกได้เป็นหลายชั้น (Grade) ตามตารางที่ 7 ดังนี้

ตารางที่ 7 ลักษณะของชั้น (Grade) ของยาง SBR

ชั้น	ลักษณะ
SBR 1000	ยางร้อน
SBR 1100	ยางร้อน ผสม เขม่าดำ
SBR 1200	ยางที่สังเคราะห์แบบ solution
SBR 1500	ยางเย็น
SBR 1600	ยางเย็น ผสม เขม่าดำ และน้ำมันไม่เกิน 14 ส่วน
SBR 1700	ยางเย็น ผสม น้ำมัน 37.5 หรือ 50 ส่วน
SBR 1800	ยางเย็น ผสม เขม่าดำ และน้ำมันเกิน 14 ส่วน
SBR 1900	ยางที่มีสไตรีนสูง
SBR 2000	น้ำยาง SBR ที่สังเคราะห์ที่อุณหภูมิสูง
SBR 2100	น้ำยาง SBR ที่สังเคราะห์ที่อุณหภูมิต่ำ



ภาพที่ 18 ตัวอย่างของยางสังเคราะห์สไตรีนบิวตะไดอิน

ที่มา: <http://isrl.co.in/sbr1500.html>

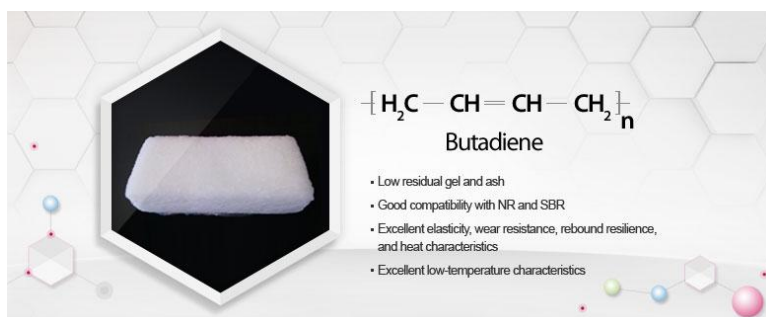
ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ยาง SBR ได้แก่ การผลิตยางรถยนต์ขนาดเล็กและขนาดกลาง ในส่วนของดอกยางและแก้มยาง ส่วนประกอบเครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือน ชิ้นส่วนรถยนต์ และจักรยานยนต์ ซึ่งใช้งานในช่วงอุณหภูมิ (- 50) องศาเซลเซียส ถึง (+ 80) องศาเซลเซียส เป็นต้น

ยางบิวตะไดอิน (Butadiene Rubber, BR)

ยาง BR เป็นโพลิเมอร์ที่ได้มาจากการทำปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของ มอนอเมอร์ชนิดเดียว คือ บิวตะไดอิน (Butadiene) มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ระหว่าง $2.5 \times 10^5 - 5 \times 10^5$ ไม่มีสมบัติความเหนียวติดกัน (Tack) ตัวอย่างของยางสังเคราะห์บิวตะไดอิน แสดงตามภาพที่ 19 การผลิตยาง BR เพื่อจำหน่ายมี 2 แบบ คือ

1. High cis grade มอนอเมอร์ของโมเลกุลยาง BR มีการเรียงตัวแบบ *cis* - 1, 4 polybutadiene อยู่ประมาณร้อยละ 97 – 98

2. Low cis grade มอนอเมอร์ของโมเลกุลยาง BR มีการเรียงตัวแบบ *cis* - 1, 4 polybutadiene อยู่ประมาณร้อยละ 36



ภาพที่ 19 ตัวอย่างของยางสังเคราะห์บิวตะไดอิน

ที่มา: http://cankoinc.co.kr/?page_id=16943

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ยาง BR ได้แก่ การผสม (Blend) ยาง BR กับยาง SBR ในการผลิตดอกยางรถยนต์ การผสมยาง BR กับยางธรรมชาติ ในการผลิตล้อรถบรรทุก และการผสมยาง BR กับยาง SBR ในการทำยางแข็ง เป็นต้น

ยางไอโซพรีนไสโอพรีน หรือ ยางบิวไทล์ (Isobutylene Isoprene Rubber, IIR หรือ Butyl Rubber)

ยาง IIR หรือ ยางบิวไทล์ เป็นโคพอลิเมอร์ที่ได้มาจากการทำปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของมอนอเมอร์ จำนวน 2 ชนิด คือ ไอโซบิวทิลีน หรือ ไอโซบิวทีน (Isobutylene หรือ Isobutene) กับ ไอโซพรีน (Isoprene) โดยทั่วไปยาง IIR จะมีไอโซบิวทิลีนเป็นส่วนใหญ่ กับ ไอโซพรีนที่มีปริมาณน้อย ประมาณร้อยละ 1 – 3 ไว้สำหรับการเกิดการคงรูปด้วยกำมะถัน ยาง IIR มีหลายเกรด ต่างกันที่ระดับของความไม่อิ่มตัว (Level of unsaturation) เกรดที่มีความไม่อิ่มตัวมากที่สุด (มีปริมาณไอโซพรีนมาก) มีอัตราการคงรูป (Cure rate) เร็วที่สุด และมีความต้านทานต่อโอโซนต่ำกว่าเกรดที่มีความไม่อิ่มตัวน้อย ตัวอย่างของยางสังเคราะห์บิวตะไดอินแสดงตามภาพที่ 20



ภาพที่ 20 ตัวอย่างของยางสังเคราะห์ไอโซบิวทิลีนไอโซพรีน

ที่มา: <https://www.ec21.com/product-details/Butyl-Rubber-IIR-1751--8401874.html>

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ยาง IIR ได้แก่ ยางในรถ ยางกันกระแทกบน ผนวสนายเคเบิลไฟฟ้า และท่อไอน้ำ เป็นต้น

ยางเอทิลีนโพรพิลีน (Ethylene – Propylene Rubber, EPM) และ ยางเอทิลีนโพรพิลีนไดอีนมอนอเมอร์ (Ethylene – Propylene Diene Monomer, EPDM)

ยาง EPM เป็นโคพอลิเมอร์ที่ได้มาจากการทำปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของ มอนอเมอร์ จำนวน 2 ชนิด คือ (Ethylene) กับ โพรพิลีน (Propylene)

ยาง EPDM เป็นเทอร์พอลิเมอร์ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของมอนอเมอร์ จำนวน 3 ชนิด คือ เอทิลีน (Ethylene) โพรพิลีน (Propylene) และมอนอเมอร์ไม่อิ่มตัวซึ่งมีพันธะคู่ 2 พันธะ เรียกว่า ไดอีน (Diene) ได้แก่ เฮกซะไดอีน (1, 4 – Hexadiene) หรือ ไดไซโคลเพนตะไดอีน (Dicyclopentadiene) หรือ เอทิลลิดีน นอร์บอเนน (5 – Ethylidene norbornene) ห้อยอยู่กับสันโซ่โมเลกุลของยาง

ตัวอย่างของยางสังเคราะห์เอทิลีนโพรพิลีนไดอีนมอนอเมอร์แสดงตามภาพที่ 21



ภาพที่ 21 ตัวอย่างของยางสังเคราะห์เอทิลีนโพรพิลีนไดอีนมอนอเมอร์

ที่มา: <https://globalrubbermarkets.com/tag/epdm>

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ยาง EPM และ ยาง EPDM ได้แก่ ขอบกระจกรถยนต์ ขอบกระจกหน้าต่าง อาคาร สายพานลำเลียง แผ่นกันน้ำ และท่อยาง เป็นต้น

ยางอะคริโลไนไตรล์บิวตะไดอีน หรือ ยางไนไตรล์ (Acrylonitrile – Butadiene Rubber, NBR หรือ Nitrile Rubber)

ยาง NBR หรือ ยาง Nitrile เป็นโคพอลิเมอร์ที่ได้มาจากการทำปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของมอนอเมอร์ จำนวน 2 ชนิด คือ อะคริโลไนไตรล์ (Acrylonitrile) กับ บิวตะไดอีน (Butadiene) ตัวอย่างของยางสังเคราะห์อะคริโลไนไตรล์บิวตะไดอีน แสดงตามภาพที่ 22 ยาง NBR แบ่งได้ 5 เกรด ตามปริมาณอะคริโลไนไตรล์ ดังนี้

1. very low nitriles มีปริมาณอะคริโลไนไตรล์ ร้อยละ 18 – 20
2. low nitriles มีปริมาณอะคริโลไนไตรล์ ร้อยละ 28 – 29
3. medium nitriles มีปริมาณอะคริโลไนไตรล์ ร้อยละ 33 – 34
4. high nitrile มีปริมาณอะคริโลไนไตรล์ ร้อยละ 38 – 39
5. very high nitrile มีปริมาณอะคริโลไนไตรล์ ร้อยละ 45 – 48



ภาพที่ 22 ตัวอย่างของยางสังเคราะห์อะครีโลไนไตรล์บิวตะไดอิน

ที่มา: <https://globalrubbermarkets.com/tag/nitrile-rubber>

โดยส่วนใหญ่มีการใช้ยาง NBR ทำผลิตภัณฑ์ที่สัมผัสน้ำมันและอุตสาหกรรมน้ำมัน และงานที่ทนต่อเชื้อเพลิง เช่น ซีล ปะเก็น ไดอะแฟรม ท่อส่งน้ำมัน หุ้มสายเคเบิล เป็นต้น

ยางคลอโรพรีน (Chloroprene Rubber, CR)

ยาง CR เป็นโพลิเมอร์ที่ได้มาจากการทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันของมอนอเมอร์ชนิดเดียว คือ คลอโรพรีน (Chloroprene) หรือ คลอโรบิวตะไดอิน (Chlorobutadiene) โดยสายโซ่โมเลกุลส่วนใหญ่มีรูปแบบเป็น *trans* - 1, 4 ตัวอย่างของยางสังเคราะห์คลอโรพรีนซึ่งมีลักษณะเป็นชิ้น (Chip) แสดงตามภาพที่ 23



ภาพที่ 23 ตัวอย่างของยางสังเคราะห์คลอโรพรีน

ที่มา: <https://globalrubbermarkets.com/tag/nitrile-rubber>

ผลิตภัณฑ์ที่นิยมใช้ยาง CR ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่ทนต่อเปลวไฟ ทนทานต่อการเสื่อมสภาพ หรืองานที่เกี่ยวข้องกับน้ำมัน เช่น กาว สายพานลำเลียง สายเคเบิล ท่อส่งน้ำมัน ซีล ปะเก็น และยางขอบกระจก เป็นต้น

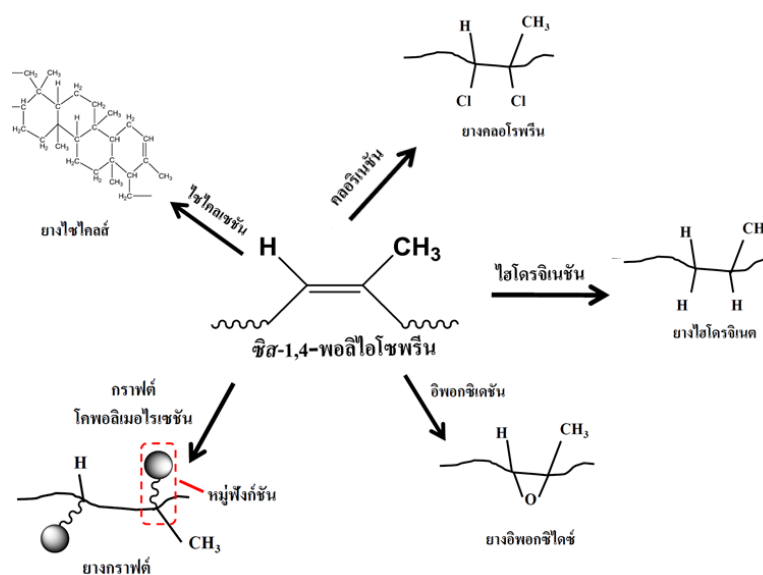
เอกสารอ้างอิง

Nagdi, K. 1993. **Rubber as engineering material: guideline for user**. Hanser Publisher, Munich Vienna New York Barcelona. 302 p.

ยางธรรมชาติดัดแปร (Modified Natural Rubber)

พัชรา อินทะแสง

ยางธรรมชาติดัดแปร (Modified Natural Rubber) หมายถึง ยางธรรมชาติที่อนุภาคของพอลิเมอร์ถูกดัดแปรทางเคมี เพื่อปรับปรุงสมบัติยางธรรมชาติ เนื่องจากโครงสร้างของยางธรรมชาติมีพันธะคู่ปริมาณมาก ดังนั้น ยางธรรมชาติจึงมีความทนต่อการเสื่อมสภาพ เนื่องจากความร้อน ออกซิเจน โอโซน และแสงแดดต่ำ นับเป็นข้อด้อยหลักของยางธรรมชาติ นอกจากนี้ยางธรรมชาติเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีความเป็นขั้วต่ำ จึงไม่ทนต่อตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วและน้ำมันปิโตรเลียม จึงได้มีการพยายามศึกษาการดัดแปรทางเคมีของยางธรรมชาติเพื่อช่วยในการปรับปรุงข้อด้อยเหล่านี้ การดัดแปรทางเคมีสามารถทำได้ทั้งในรูปของน้ำยาง สารละลายยาง และยางแท่ง ตัวอย่างยางธรรมชาติดัดแปรทางเคมีแสดงดังภาพที่ 24



ภาพที่ 24 การดัดแปรยางธรรมชาติด้วยวิธีต่างๆ

ที่มา: http://www.Vol_41_No_3_P_567_581.pdf

ยางธรรมชาติไซโคลซ์ (Cyclized Natural rubber)

ยางไซโคลซ์ คือ ยางธรรมชาติที่ปรับสภาพโครงสร้างโมเลกุลอย่างให้มีสัดส่วนของพันธะที่ไม่อิ่มตัวในโมเลกุลยางลดลง โดยการทำให้โมเลกุลของยางธรรมชาติเกิดการเชื่อมโยงกันเอง เป็นโครงสร้างแบบวง (Ring-like Structures)

การเตรียมยางยางไซโคลซ์สามารถเตรียมได้จากทั้ง น้ำยางสดและยางแท่ง ในกรณีเตรียมจากน้ำยาง เริ่มจาก นำน้ำยางมาปรับสภาพให้มีความเสถียรต่อกรดโดยการใส่สารประเภทพอลิเอทิลีน

ออกไซด์ ที่ช่วยเพิ่มความเสถียรต่อประจุบวก แล้วจึงเติมกรดอ่อนลงไป หลังจากนั้นเติม กรดเข้มข้นลงไป อย่างรวดเร็วเพื่อปรับสภาพโครงสร้างของยางแล้วให้ความร้อนเพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์ สุดท้ายจึง แยกยางออกมาโดยการเทลงในน้ำเดือด จะได้ยางที่มีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาลอ่อน ในกรณีที่ใช้อย่างแห้ง มาเตรียมยางไซโคลซ์ สามารถทำได้โดยการนำยางธรรมชาติมาบดด้วยเครื่องบดยางสองลูกกลิ้ง ผสมสาร ตัวเติมและสารอินทรีย์อื่นๆที่ให้ประจุบวก นำยางที่ผสมเสร็จมาทำให้ร้อน จะได้ยางไซโคลซ์ที่มีลักษณะแข็ง หรือ อาจใส่สารจำพวกเกลือแฮไลด์แอมโฟเทอริกเติมลงไป ที่ อุณหภูมิห้อง จะได้สารประกอบที่ไม่มีสี ทำให้ เป็นผงโดยการเติมน้ำหรือแอลกอฮอล์

ยางไซโคลซ์มีสมบัติความยืดหยุ่นลดลง ในขณะที่สมบัติความเหนียวมีค่าเพิ่มมากขึ้น ยาง ธรรมชาติที่มีร้อยละการเกิดวงแหวนสูงจะมีความแข็งแรงคล้ายพอลิเมอร์ชนิดเทอร์โมพลาสติกซึ่งเป็นวัสดุที่ มีความแข็งที่อุณหภูมิปกติ โดยเมื่อได้รับความร้อนจะหลอมเหลว นอกจากนี้ยังมีสมบัติการยึดเกาะที่ดี ช่วย เพิ่มแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลต่างชนิดกัน (Adhesion) ทำให้สามารถประยุกต์ใช้เป็นสารยึดติด (Adhesive) ตัวอย่างยางไซโคลซ์ที่ผลิตในอุตสาหกรรม ได้แก่ Resiprene 35 (แสดงดังภาพที่ 25) ใช้เป็น ผลิตภัณฑ์สำหรับสารเคลือบผิวที่สามารถกันน้ำ สารเคมี และความร้อนได้ดี หรือ RITEX Resins ใช้สำหรับ ผลิตภัณฑ์ประเภทสี แลคเกอร์ หมึกพิมพ์ และการเตรียมยางคอมปาวด์



ภาพที่ 25 ยาง Resiprene 35

ที่มา: <http://www.resineitaliane.com/images/resiprene35.jpg>

ยางไฮโดรจิเนต (Hydrogenated rubber)

ยางไฮโดรจิเนต เป็นการดัดแปรโมเลกุลยางโดยปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชัน (Hydrogenation) เป็นการพัฒนาเสถียรภาพทางความร้อนของยางธรรมชาติโดยการลดความไม่อิ่มตัวของพันธะคู่ ทำให้ยาง ธรรมชาติที่ผ่านการทำไฮโดรจิเนชันมีสมบัติที่ทนต่อโอโซน และมีเสถียรภาพทางความร้อนสูง ขึ้นและ ใกล้เคียงกับยางสังเคราะห์ พอลิเอธิลีนโพรพิลีนไดอีน (ยางอีพีดีเอ็ม) โดยที่ยางธรรมชาติที่ร้อยละ การทำ ไฮโดรจิเนชันเพิ่มขึ้นจะทำให้ ความสามารถในการทนต่อความร้อนเพิ่ มขึ้นตามลำดับ ซึ่งวิธีการสำคัญของ ปฏิกิริยา จะใช้ไฮโดรเจนทำปฏิกิริยากับยางในรูปของสารละลายร้อยละ 2 ในตัวทำละลายไซโคลเฮกเซน ที่ อุณหภูมิ 170-195 องศาเซลเซียส ความดัน 15- 20 บรรยากาศ โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยาเป็น ตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่ง ยางไฮโดรจิเนตที่ได้จะไม่มีสี โปร่งแสง คล้ายขี้ผึ้ง อย่างไรก็ตามยางชนิดนี้ยังไม่มีความสำคัญในเชิงพาณิชย์

ยางคลอรีเนต (Chlorinated rubber)

ยางคลอรีเนต เป็นการดัดแปรโมเลกุลยางโดยปฏิกิริยาคลอรีนชัน (Chlorination) เป็นการพัฒนาสมบัติการทนต่อแรงดึงสูงขึ้น ทนแรงอัดจากภายนอกและสามารถทนน้ำมันและตัวทำละลายไม่มีขั้วได้ รวมทั้งมีความทนต่อโอโซนและแสงแดดได้ดี อย่างไรก็ตามการที่มีหมู่คลอรีนมากเกินไปอาจส่งผลให้ยางมีลักษณะแข็งและมีผิวหน้า ขรุขระ วิธีเตรียมยางคลอรีเนต ทำได้โดย การตัดยางเป็นชิ้นเล็กๆ ที่มีขนาดเหมาะสม และผสมกับคาร์บอนเตตระคลอไรด์ (Carbon tetrachloride) เติมสารเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (Benzoyl peroxide) ปริมาณเล็กน้อย เพื่อทำหน้าที่เป็นสารดีพอลิเมอร์ไรซิง (Depolymerizing agent) โดยควบคุมปริมาณเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ และเวลาการทำปฏิกิริยาจะได้สารละลายยางที่มีความหนืดตามต้องการ จากนั้นจึงเติม สารช่วยคงตัว (Stabiliser) และพ่นสารละลายเป็นฝอย โดยระดับคลอรีน (Degree of chlorination) ในยางที่เตรียมได้ต่ำกว่าร้อยละ 40 – 45 ยางที่ได้จะมีลักษณะนิ่มและหึงงอได้ แต่ถ้ามีระดับคลอรีนประมาณร้อยละ 54 ยางที่ได้จะมีลักษณะแข็ง สลายตัวได้ง่าย และระดับคลอรีนประมาณร้อยละ 65 ลักษณะความเป็นยางจะหายไป แต่ผลผลิตที่ได้จะมีความเสถียร ยางคลอรีเนตนิยมนำมาใช้ในการผลิตปลอกหุ้มสายไฟฟ้าและสายเคเบิล ท่อยางและชิ้นส่วนภายในยานยนต์

ยางอีพอกไซด์ (Epoxydize Rubber)

ยางอีพอกไซด์ เป็นการดัดแปรโมเลกุลยางโดยทำการเพิ่มหมู่เอพอกซิเจน ในโครงสร้างของยางธรรมชาติผ่านกระบวนการอีพอกซิเดชัน (Epoxidation) เอพอกซิเจนจะเชื่อมกับแขนคู่ของคาร์บอน เกิดเป็นวงแหวนของเอพอกซิเรน (Oxirane) สามารถเตรียมได้โดยการนำ น้ำยางธรรมชาติมาทำปฏิกิริยากับกรดเพอร์ซิติคและไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ / กรดฟอร์มิก (Peracetic acid hydrogen peroxide/formic acid) จากนั้นจะถูกทำให้เสถียรด้วยสารช่วยคงตัวชนิดนอนไอออนิก (Non-ionic stabilizer) เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดจะปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้สูงกว่า 8 โดยการเติมแอมโมเนีย เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาข้างเคียง ฟิล์มยางที่เตรียมได้มีสมบัติอุณหภูมิเปลี่ยนเป็นแก้ว (Tg, Glass transition temperature) สูงกว่ายางธรรมชาติที่ไม่ดัดแปรแต่ยังคงรักษาสมบัติการตกลึกเมื่อยืด (Crystalline on stretching) เหมือนเดิม สมบัติต้านทานการซึมผ่านของก๊าซและ สมบัติต้านทานการบวมพองในตัวทำละลาย ยไฮโดรคาร์บอนดีกว่ายางธรรมชาติที่ไม่ดัดแปร ส่งผลให้ทนต่อสภาพอากาศ ความร้อน น้ำมัน และตัวทำละลายอินทรีย์ รวมทั้งสามารถยึดติดได้ดี จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นสารเพิ่มความเข้ากันได้ (Compatibilizer) ของการผสมยางเพื่อให้ยางผสมเข้ากันได้ดี นอกจากนี้ยังมีการนำ ไปประยุกต์ใช้เป็นสารยึดติด และเป็นส่วนผสมในการผลิตยางล้อ ปัจจุบันยางธรรมชาติอีพอกไซด์ที่ผลิตได้ในเชิงพาณิชย์มี ระดับการเกิดอีพอกซิเดชันร้อยละ 10-50 เช่น Epoxyprene 25 และ Epoxyprene 50 เป็นยางที่มีระดับการเกิดอีพอกซิเดชันร้อยละ 25 และ 50 ตามลำดับ

ข้อจำกัดในการใช้น้ำยางอีพอกไซด์เนื่องมาจากข้อเสีย มี 2 ประการ ได้แก่ ประการแรก เนื่องจากน้ำยางมีความเสถียรสูง จากการเติม Nonionic stabilizer จึงทำให้ไม่มีประสิทธิภาพในการเกิดเจลเมื่อต้องการขึ้นรูปน้ำยางโดยเทคนิคการจุ่มที่ใช้สารจับตัวน้ำยาง (Coagulant dipping) ข้อเสียประการสอง คือ ปกติจะได้น้ำยางดัดแปรที่มีเข้มข้นร้อยละ 25 – 30 สามารถทำให้ข้นขึ้นได้โดย กระบวนการระเหย

น้ำหรือปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วสูงเท่านั้น เนื่องด้วยน้ำยางอียอกไซด์มีความหนาแน่นค่อนข้างใกล้เคียงกับความหนาแน่นของเซรามิก ดังนั้นการใช้น้ำยางอียอกไซด์จึงใช้ได้กับเทคนิคการขึ้นรูป ที่ใช้จุ่มแบบโดยตรง (Straight) หรือโดยวิธีแบบ (Casting) ในเข้าฟิล์มปูนพลาสติก ปัจจุบัน ยางอียอกไซด์ถูกเตรียมยางในรูปแบบของยางแท่ง โดยมีลักษณะเป็นแท่งเหมือนยางแท่งเอสทีอาร์ แสดงดังภาพที่ 26



ภาพที่ 26 ยางอียอกไซด์แท่ง

ที่มา: <https://3.imimg.com/data3/UA/WE/MY-3055916/natural-rubber-250x250.jpg>

ยางธรรมชาติกราฟต์พอลิเมอร์ (Graft Natural Rubber)

ยางธรรมชาติกราฟต์พอลิเมอร์ เป็นการดัดแปรโดยอาศัยกระบวนการกราฟต์โคพอลิเมอร์ไรเซชัน (Graft Copolymerization) โครงสร้างภายในสายโซ่ยางธรรมชาติถูกทำปฏิกิริยากับมอนอเมอร์หรือพอลิเมอร์ กระบวนการเตรียมยางธรรมชาติกราฟต์สามารถเตรียมได้ทั้งในระบบอิมัลชันและระบบสารละลาย โดยแต่ละระบบจะใช้ตัวริเริ่มที่แตกต่างกัน สำหรับการกราฟต์ในระบบสารละลายต้องใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ปริมาณมากเพื่อละลายยางธรรมชาติ สารละลายที่ใช้ส่วนใหญ่ ได้แก่ โทลูอีน และคลอโรเบนซีน ซึ่งมีราคาแพงเป็นอันตรายต่อสุขภาพและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการเตรียมยางธรรมชาติดัดแปรจึงนิยมใช้ระบบอิมัลชันมากกว่า เนื่องจากน้ำยางธรรมชาติมีตัวทำละลายเป็นน้ำ จึงเป็นระบบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสารละลาย ยางธรรมชาติที่ผ่านการกราฟต์จะมีสมบัติร่วมระหว่างยางธรรมชาติและพอลิเมอร์ที่นำมากราฟต์ การเลือกมอนอเมอร์จึงต้องพิจารณาลักษณะของแต่ละฟังก์ชันที่นำมากราฟต์ให้มีสมบัติเหมาะสมกับการใช้งานรูปแบบต่างๆ ตัวอย่างลักษณะหมู่ฟังก์ชันที่นิยมนำมากราฟต์ยางธรรมชาติ ได้แก่

- 1) สไตรีน (Styrene) เป็นหมู่ฟังก์ชันแบบไม่มีขั้ว (Hydrophobic) ยางธรรมชาติที่ผ่านการกราฟต์จะมีความเป็นเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์และมีสมบัติเชิงกลดี
- 2) อะคริเลต (Acrylate) เป็นหมู่ฟังก์ชันแบบมีขั้ว (Hydrophilic) ยางธรรมชาติที่ผ่านการกราฟต์จะมีความแข็งแรง ใช้เป็นสารเพิ่มความเข้ากันได้ สารตัวเติม หรือสารยึดติดสำหรับการเตรียมพอลิเมอร์ผสม
- 3) อะคริโลไนไตรล์ (Acrylonitrile) ยางธรรมชาติที่ผ่านการกราฟต์มีสมบัติทนต่อน้ำมัน สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นวัสดุทนน้ำมัน

4) มาเลอิกแอนไฮไดรด์ (Maleic anhydride) ยางธรรมชาติที่ผ่านการกราฟต์ มีสมบัติเหมาะสำหรับการประยุกต์ใช้เป็นสารเพิ่มความเข้ากันได้

5) แป้ง (Starch) เป็นมอนอเมอร์ที่ใช้กราฟต์ยางธรรมชาติสำหรับเตรียมเป็นเยื่อเลือกผ่านในการควบคุมการปลดปล่อยปุ๋ยเรื้อย

6) พอลิไวนิลไพโรลิโดน (Polyvinyl pyrrolidone) เป็นมอนอเมอร์ที่ถูกใช้ในการกราฟต์ยางธรรมชาติสำหรับเตรียมเป็นสารรักษาเสถียรภาพในการสังเคราะห์โลหะอนุภาคนาโน

เอกสารอ้างอิง

- พร้อมศักดิ์ สงวนอำมรงค์ 2551. ยางธรรมชาติดัดแปร ศูนย์บริการวิชาการยางของมหาวิทยาลัยมหิดล7 หน้า
(URL:<http://www.rubbercenter.org/informationcenter/file/magazine5.pdf> 15 พ.ค. 2560)
- วรารณ ขจรไชยกูล. 2555. เทคโนโลยีน้ำยาง. พิมพ์ครั้งที่ 1. วนิตการพิมพ์. กรุงเทพฯ. 274 หน้า
- สุวดี ก้องพารากุล. 2556. เทคโนโลยีการดัดแปรยางธรรมชาติและการประยุกต์ใช้. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 3 หน้า. (URL:http://www.Vol_41_No_3_P_567_581.pdf)

ยางคอมปาวด์ (Compounded rubber)

ภัทรียา เอื้อสว่างพร

ยางคอมปาวด์ คือ ยางที่ผสมสารเคมีก่อนที่นำไป ขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ยางคอมปาวด์แบ่งได้เป็น 2 ชนิด ตามลักษณะของยางคือ ยางคอมปาวด์ในรูปน้ำยางและยางคอมปาวด์ในรูปยางแห้ง

1. ยางคอมปาวด์ในรูปน้ำยาง เป็นการนำน้ำยางขึ้น โดยส่วนใหญ่ใช้น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียสูงมาผสมกับสารเคมีชนิดต่างๆ เช่น สารเพิ่มความเสถียร (Stearic acid) สารกระตุ้นปฏิกิริยาชนิดซิงค์ออกไซด์ (ZnO) สารเร่งปฏิกิริยาชนิด ZMBT, ZDEC สารป้องกันการเสื่อมสภาพและกำมะถัน (S) ในปริมาณต่างๆ กัน หลังจากนั้นเก็บน้ำยางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาอย่างน้อย 1 คืน ก่อนที่จะแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ ต่อไป เช่น ผลิตภัณฑ์ยาง ยางอนามัย และลูกโป่ง เป็นต้น

2. ยางคอมปาวด์ในรูปยางแห้ง ดังแสดงตามภาพที่ 27 เป็นการนำแห้งชนิดต่างๆ ตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ เช่น ยางแท่ง ยางแผ่นรมควัน ยางเครพหรือยางธรรมชาติผสมกับยางสังเคราะห์บางชนิด เพื่อให้สมบัติทางกายภาพบางอย่างดีขึ้น การผลิตยางคอมปาวด์จากยางแห้งจะมีการเติมสารเคมีชนิดต่างๆ ตามลำดับเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีและทางกายภาพของยางในสภาวะที่เหมาะสม ในการบดผสมยางมักจะบดผสมในเครื่องบดระบบเปิดหรือเครื่องบดสองลูกกลิ้ง ยกเว้นถ้ามีการผสมสารตัวเติม เช่น เชม่าดำ ซิลิกาหรือ แคลเซียมคาร์บอเนต ให้ผสมสารตัวเติมเป็นอันดับแรก และใช้เครื่องบดผสมระบบปิดหรือเครื่องInternal mixer เพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของสารเคมี



ภาพที่ 27 ยางคอมปาวด์ในรูปยางแห้ง

ที่มา: <http://heiphar.blogspot.com/2014/09/rubber-compound.html>

กระบวนการผลิตยางคอมปาวด์ มีลำดับดังนี้

1. บดยางให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยผ่านขึ้นยางลงในเครื่องบดผสมยาง 2 ลูกกลิ้ง ม้วนแผ่นยาง แล้วผ่านม้วนยางในแนวตั้งฉากกับเครื่องบดผสมยาง 2 ลูกกลิ้ง บดยางในลักษณะดังกล่าวจนกระทั่งยางเริ่มพันรอบลูกกลิ้ง โดยใช้ความเร็วรอบของลูกกลิ้งหน้า : ลูกกลิ้งหลัง = 1 : 1 - 1.25 และควบคุมอุณหภูมิของลูกกลิ้งที่ 70 – 80 องศาเซลเซียส (ไม่ควรให้อุณหภูมิเกิน 100 องศาเซลเซียส)

2. เมื่อยางเริ่มพันรอบลูกกลิ้ง ให้เติมสารเคมีลงในยาง โดยเทสารเคมีลงบนยาง ตรงช่องระหว่างลูกกลิ้งขณะเดียวกันให้ตัดยาง โดยมีลำดับการเติมสารเคมี คือ กรดสเตียริก (Stearic acid) และ ซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide) สารเร่งปฏิกิริยา (Accelerator) สารป้องกันการเสื่อมสภาพ (Antioxidant) สารอื่นๆ เช่น สารเพิ่มความแข็งแรง หรือสารเพิ่มความยืดหยุ่น ส่วนกำมะถัน (Sulphur) ให้เติมเป็นลำดับสุดท้าย

เอกสารอ้างอิง

พงษ์ธร แซ่ฮ้อย และ ชาคริต สิริสิงห. 2550. ยาง: กระบวนการผลิตและการทดสอบ. พิมพ์ครั้งที่ 1. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. 170 หน้า.

ยางมาสเตอร์แบช (Masterbatch) ภัทริยา เอื้อสว่างพร

ยางมาสเตอร์แบช เป็นยางผสมกับสารอื่นในลักษณะที่มีความเข้มข้นมาก เพื่อสะดวกในการนำยางมาสเตอร์แบชไปผสมกับยางธรรมชาติหรือยางสังเคราะห์เพื่อลดขั้นตอนการบดผสมยางกับสารเคมีและหลีกเลี่ยงการฟุ้งกระจายของสารเคมีบางชนิด สารเคมีที่ใช้มักเป็นสารหลักชนิดใดชนิดหนึ่ง เช่นมาสเตอร์แบชของเขม่าดำ หรือสีมาสเตอร์แบช ดังแสดงตามภาพที่ 28 เป็นต้น

การใช้มาสเตอร์แบช เพื่อความสะดวก ความสะอาด หรือความแน่นอนของการชั่งน้ำหนัก สารสำหรับสูตรยางที่มีการใช้สารบางชนิดในปริมาณน้อยมาก และสารนั้นๆ มีราคาแพง มีประสิทธิภาพ หรือมีผลต่อคุณภาพของสูตรยางมาก โดยทั่วไปเป็นที่ยอมรับกันว่า การทำมาสเตอร์แบชจะช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ตัวเติมพวก ซึ่งจำเป็นต้องให้เขม่าดำมีการกระจายผสมในยางอย่างทั่วถึงและเป็นเนื้อเดียวกับยาง



ภาพที่ 28 ซ้าย - มาสเตอร์แบชของเขม่าดำหรือสารอื่นๆ ขวา - สีมาสเตอร์แบช

แหล่งที่มา: <https://dir.indiamart.com/impcat/rubber-masterbatch.html> และ

<https://www.ec21.com/product-details/Color-Master-Batch-For-Rubber--743622.html>

กระบวนการผลิตยางมาสเตอร์แบช เหมือนกับการผลิตยางคอมปาวด์ สัดส่วนของสารต่างๆ ในมาสเตอร์แบชอาจจะเท่ากับหรือมากกว่าในสูตรที่กำหนดไว้ ยกเว้นไม่เติมสารกลุ่มที่จะทำให้ยางคงรูป ประกอบด้วยส่วนของยางกับสารตัวเติม เช่น เขม่าดำ และสารพวกช่วยให้ยางนิ่ม

การนำไปใช้งาน

ใช้ปรับปรุงการกระจายของสารตัวเติมในยางสำหรับใช้งานต่างๆ เช่น ใช้ทำส่วนของดอกยางรถยนต์ (Tyre tread) หรือทำผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น การนำยางคอมปาวด์และมาสเตอร์แบชมาทำผลิตภัณฑ์ ขึ้นอยู่กับสูตรและสมบัติของผลิตภัณฑ์

ความแตกต่างระหว่างยางคอมปาวด์กับมาสเตอร์แบช

ยางคอมปาวด์เป็นยางที่พร้อมที่จะนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ได้ทันทีเนื่องจากการผสมสารเคมีทุกตัวหรือเกือบทุกตัวเรียบร้อยแล้วยกเว้นเพียงสารที่ทำให้ยางคงรูป (กำมะถัน) ส่วนมาสเตอร์แบชเป็นการผสมสารเคมีเฉพาะบางตัวที่จำเป็นและก่อนที่จะนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์จะต้องผสมกับ ยางหรือสารเคมีชนิดอื่นๆ ที่ไม่ได้มีการเติมลงไปเนื่องจากมาสเตอร์แบชโดยส่วนใหญ่จะผลิตมาเพื่อให้มีความเข้มข้นของสารใดสารหนึ่งมากเป็นการเฉพาะ เพื่อลดขั้นตอนของบริษัทใหญ่ๆ ในการผสมกับสารเคมีหรือลดการฟุ้งกระจายของเขม่าดำ

เอกสารอ้างอิง

พงษ์ธร แซ่อู๋ และ ชาคริต สิริสิงห. 2550. “ยาง: กระบวนการผลิตและการทดสอบ.” ครั้งที่พิมพ์ 1 มิถุนายน 2550. ปทุมธานี : ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ.

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. 2560. โครงสร้างอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง.

[Online]. Available : <http://rubber.oie.go.th:8081/joomla/index.php/2013-06-29-04-20-23/17-2013-06-29-03-56-34>

ยางเบลนด์ (Blend Rubber) วิภาวี พัฒนกุล

การเบลนด์ หรือ การผสม (Blend) สำหรับยาง เป็นการนำยางตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปมาผสมกัน ซึ่งอาจเป็นยางธรรมชาติกับยางสังเคราะห์ หรือยางสังเคราะห์กับยางสังเคราะห์ เพื่อให้ได้สมบัติที่ดีที่สุดของยางแต่ละชนิด และทำให้มีการนำยางไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายขึ้น

ยางธรรมชาติที่คงรูปแล้วมีสมบัติเด่นในด้านความยืดหยุ่นและความต้านทานต่อแรงดึงสูง มีการคืนตัวและการกระดอนได้ดี แต่ ความทนทานต่อการบ่มเร่งด้วยความร้อน ออกซิเจน โอโซน ตัวทำละลายประเภทไฮโดรคาร์บอน และน้ำมันปิโตรเลียม ไม่ดี ดังนั้นการผลิตผลิตภัณฑ์บางประเภทจึงมีการใช้ยางธรรมชาติเบลนด์ หรือผสมกับยางสังเคราะห์เพื่อให้ได้สมบัติเด่นทั้งจากยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ ซึ่งอาจผลิตในสถานะของเหลวหรือ ของแข็ง การผสม ระหว่างยางธรรมชาติกับยางสังเคราะห์ ที่ผลิตกันโดยทั่วไป มีดังนี้

1. ยางธรรมชาติกับยางสังเคราะห์สไตรีนบิวตะไดอิน (NR/SBR)
2. ยางธรรมชาติกับยางสังเคราะห์บิวตะไดอิน (NR/BR)
3. ยางธรรมชาติกับยางสังเคราะห์อะครีโลไนไตรล์บิวตะไดอิน (NR/NBR)
4. ยางธรรมชาติกับยางสังเคราะห์เอทิลีนโพรพิลีนไดอินมอนอเมอร์ (NR/EPDM)
5. ยางธรรมชาติกับยางสังเคราะห์คลอโรพรีน (NR/CR)

ยางธรรมชาติผสมกับยางสังเคราะห์สไตรีนบิวตะไดอิน (NR/SBR)

ยางสไตรีนบิวตะไดอิน (SBR) เป็นยางสังเคราะห์ที่มีสมบัติคล้ายยางธรรมชาติ (NR) แต่มีสมบัติทนต่อการบ่มเร่งด้วยความร้อน ความต้านทานต่อการสึกหรอ และความต้านทานต่อการหักงอ ได้ดีกว่ายางธรรมชาติ

ยางธรรมชาติผสมกับยางสังเคราะห์บิวตะไดอิน (NR/BR)

ยางบิวตะไดอิน (BR) เป็นยางสังเคราะห์ที่มีสมบัติ ด้านทานสูงต่อการขัดสี และมีการกระดอนสูง การนำยาง BR มาใช้ในกระบวนการผลิต จะค่อนข้างยากมาก และยากกว่ายางธรรมชาติ หรือ ยาง SBR จึงไม่นิยมใช้ยาง BR ผลิตโดยตรง ดังนั้นจึงมีการผสม (Blend) ยาง BR กับยางอื่น เพื่อปรับปรุงสมบัติความต้านทานต่อการขัดสี (Abrasion resistance) การกระดอน (Resilience) และการหักงอที่อุณหภูมิต่ำ (Low – temperature flexibility) เช่น การผสมยาง NR กับ ยาง BR ในการผลิตล้อรถบรรทุก

ยางธรรมชาติผสมกับยางสังเคราะห์อะครีโลไนไตรล์บิวตะไดอิน (NR/NBR)

ยางอะครีโลไนไตรล์บิวตะไดอิน หรือ ยางไนไตรล์ (NBR) เป็นยางสังเคราะห์ที่มีสมบัติทนน้ำมัน การผสมยางธรรมชาติ (NR) กับยาง NBR ทำให้ได้ยางคงรูป (Vulcanizate) ที่มีสมบัติความทนทานสูงต่อการบวมตัวในน้ำมันจากยาง NBR กับสมบัติความแข็งแรงจากยาง NR อย่างไรก็ตามความเป็นขี้ของยาง NR ต่างกับยาง NBR ทำให้ความสามารถในการละลายของสารเชื่อมโยงโมเลกุลในยางผสมไม่สม่ำเสมอ

ส่งผลให้ยางคงรูปที่ได้จากยางผสม NR/NBR เกิดปัญหาการกระจายการเชื่อมโยงโมเลกุลยางที่ไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นจึงมีการควบคุมปัญหาดังกล่าวด้วยการเลือกระบบการเชื่อมโยงโมเลกุลยาง

ยางธรรมชาติผสมกับยางสังเคราะห์เอทิลีนโพรพิลีนไดอีนมอนอเมอร์ (NR/EPDM)

ยางเอทิลีนโพรพิลีนไดอีนมอนอเมอร์ (EPDM) เป็นยางสังเคราะห์ที่มีสมบัติ ด้านทนต่อการเสื่อมสภาพเนื่องจากโอโซนและอากาศ ดีมาก เป็นฉนวนทางไฟฟ้าดีมาก ทนทานต่อสารเคมี สารหล่อลื่นที่ไม่ใช่ปิโตรเลียม น้ำมันและไขมันของซิลิโคน น้ำมันพืช น้ำมันสัตว์ และไขมัน จึงเหมาะในการใช้ยางธรรมชาติผสมกับยาง EPDM ในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่อยู่กลางแจ้ง สัมผัสกับความร้อน และแสงแดด เช่น ขอบยางกระจกรถยนต์

ยางธรรมชาติผสมกับยางสังเคราะห์คลอโรพรีน (NR/CR)

ยางคลอโรพรีน (CR) เป็นยางสังเคราะห์ที่มีสมบัติ ด้านทนต่อการแตกหักเนื่องจากโอโซน การเสื่อมสภาพจากความร้อน สารเคมี สารหล่อลื่นพวกซิลิเกตเอสเทอร์ และไขมันของซิลิโคน ดีดไฟต่ำ โดยส่วนใหญ่นิยมใช้ยาง CR ในการทำผลิตภัณฑ์ทนต่อเปลวไฟ ทนทานต่อการเสื่อมสภาพ หรืองานที่เกี่ยวข้องกับน้ำมัน การผสมยางธรรมชาติกับยาง CR ทำให้ได้ยางคงรูปที่มีสมบัติทนต่อการเสื่อมสภาพ และทนต่อน้ำมัน

นอกเหนือจากยางเบลนด์ระหว่างยางธรรมชาติกับยางสังเคราะห์ที่กล่าวข้างต้นแล้ว ยังมียางเบลนด์ระหว่างยางธรรมชาติกับยางสังเคราะห์อื่นอีก ตัวอย่างของยางเบลนด์ระหว่างยางธรรมชาติกับยางสังเคราะห์แสดงตามภาพที่ 29



ภาพที่ 29 ตัวอย่างของเบลนด์ระหว่างยางธรรมชาติกับยางสังเคราะห์สไตรีนบิวทีไดอีน

ที่มา: <https://www.exportersindia.com/boronrubbers/sbr-rubber-sheet-bhavnagar-india-1232856.htm>

เอกสารอ้างอิง

Andrew, J. T. and Kevin, P. J. 1998. **Blend of Natural Rubber**. 1st Ed. Chapman & Hal, London. 256 p.

ยางรีเคลม (Reclaim Rubber)

กิตติคุณ บุญวานิช

ยางรีเคลม เป็นการนำผลิตภัณฑ์ยางที่วัลคาไนซ์ (Vulcanized rubber) หรือคงรูปแล้ว มาผ่านกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่อีกครั้ง โดยการทำให้โมเลกุลของยางรีเคลมที่มีการเชื่อมโยงเกิดการแตกออกเป็นโมเลกุลเล็กๆ แสดงดังภาพที่ 30 ซึ่งสามารถนำไปผสมกับสารเคมีแล้วนำกลับมาวัลคาไนซ์ใหม่ได้อีกครั้ง ดังแสดงในภาพที่ 31



ภาพที่ 30 ยางรีเคลมที่แตกออกเป็นโมเลกุลเล็ก

ที่มา: http://www.intereco.ru/assets/images/articles/rezinovaya_kroshka_dlya_pola.jpg



ภาพที่ 31 ยางรีเคลมที่ผสมกับสารเคมีเพื่อเตรียมนำมาวัลคาไนซ์

ที่มา: <http://www.dsireclaim.com/images/reclaim01.jpg>

กระบวนการผลิตยางรีเคลม

1. กระบวนการย่อย (Digester process)

กระบวนการย่อยเป็นการดีวัลคาไนส์ (Devulcanization) ยางที่อุณหภูมิสูง (150-250 องศาเซลเซียส) ร่วมกับการกวนเป็นเวลานาน (5 – 12 ชั่วโมง) กระบวนการนี้ต้องใช้พลังงานสูง ผลที่ได้ไม่เพียงแต่จะทำให้เกิดการแตกหักของพันธะ การเชื่อมโยงโมเลกุลแบบ โพลิสัลฟิดิก (Polysulfidic crosslink) เท่านั้น แต่อาจทำให้เกิดการแตกหักของสายโซ่หลักของโพลิเมอร์อีกด้วย ส่งผลให้ เกิดการแตกหักของสายโซ่หลักของโพลิเมอร์ และทำให้ค่าความทนต่อแรงดึงของยางรีเคลมต่ำลง (4-5 เมกะปาสคาล) ซึ่งถือว่าเป็นข้อจำกัดของกระบวนการนี้

2. กระบวนการดีลิงค์ (Delink process)

กระบวนการดีลิงค์ เป็นการใช้สารตัวเร่งปฏิกิริยา สารกระตุ้นปฏิกิริยา และสารรีเคลม ใส่ลงไปในยางมาสเตอร์แบตช์ ซึ่งจะผสมในเครื่องบดผสมแบบ 2 ลูกกลิ้งหรือเครื่องแบนบูรี (Banbury) ที่อุณหภูมิต่ำ (80-90 องศาเซลเซียส) ทำให้เกิดการแตกออกของพันธะเชื่อมโยงก้ำมะถันของยางวัลคาไนส์

การนำไปใช้งาน

นำไปทำ ยางล้อ แผ่นรองนั่ง ชิ้นส่วนยานยนต์ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

ชินรัตน์ ลาภพูลธนะอนันต์. ยางรีเคลมกับการใช้งานที่เพิ่มมากขึ้น. ศูนย์บริการวิชาการยางของมหาวิทยาลัยมหิดล. 2 หน้า. (URL:<http://www.rubbercenter.org/files/reclam-product.pdf> 8 พ.ค. 2560)