



นวัตกรรมการผลิตน้ำยางชั้นปราศจาก TMTD/ZnO

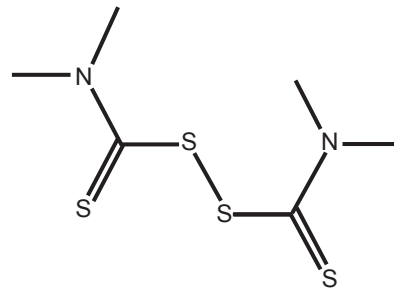
ปรีดีเปรม ทัศนกุล¹ อดุลย์ ณ วิเชียร² และ พิศิษฐ์ พิมพรัตน์³

¹ศูนย์วิจัยยางสงขลา สถาบันวิจัยยาง การยางแห่งประเทศไทย

²สถาบันวิจัยยาง การยางแห่งประเทศไทย

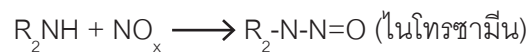
³ศูนย์วิจัยยางฉะเชิงเทรา สถาบันวิจัยยาง การยางแห่งประเทศไทย

ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกน้ำยางชั้นรายใหญ่ของโลก ในปี 2558 มีปริมาณการผลิต 964,403 ตัน และกว่าร้อยละ 85 ส่งออกยังต่างประเทศ มีมูลค่ากว่า 39,546 ล้านบาท ที่เหลือใช้อุตสาหกรรมภายในประเทศ เพื่อผลิตถุงมือยาง ถุงยางอนามัย จุกนมยาง ยางยืด ลูกโป่ง ยางพองน้ำ และผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ เป็นต้น ถึงแม้ว่าน้ำยางชั้นที่ผลิตโดยทั่วไปจะมีสมบัติที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานการทดสอบขององค์การมาตรฐานระหว่างประเทศ (International Organization for Standardization, ISO) แต่พบว่าปัจจุบันผู้ผลิตน้ำยางชั้นต่างตระหนักถึงความสำคัญของการใช้สารเตตระเมทิลไทอูรัม ไดซัลไฟด์ (Tetramethylthiuram disulphide, TMTD) และซิงค์ออกไซด์ (Zinc Oxide, ZnO) ที่ทำหน้าที่เป็นสารรักษาสภาพน้ำยางสดเพื่อป้องกันการสูญเสียสภาพน้ำยางก่อนเข้าสู่กระบวนการบ่มเป็นน้ำยางชั้น ซึ่งสารทั้งสองชนิดนี้เป็นสารที่ประเทศในสหภาพยุโรป (European Union: EU) ได้ให้ความเห็นชอบต่อร่างกฎหมายของระเบียบว่าด้วยสารเคมีของสหภาพยุโรป (Registration Evaluation and Authorization of Chemicals: REACH) ที่อาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะ TMTD จัดว่าเป็นสารเคมีที่ถูกจำกัดการใช้ในอุตสาหกรรมถุงมือยาง ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดไนโตรซามีน (Nitrosoamine) หรือสารก่อมะเร็ง และ ZnO เป็นสารที่มีกลุ่มโลหะสังกะสีและตกค้างในผลิตภัณฑ์ ซึ่งอาจก่อผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเมื่อนำไปกำจัดเป็นซากทิ้ง



ภาพที่ 1 โครงสร้าง TMTD

TMTD จัดเป็นสารเคมีที่อยู่ในกลุ่มเอมีนทุติยภูมิ (R_2NH) และเป็นสารเร่งปฏิกิริยาที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ เมื่อทำปฏิกิริยากับไนโตรเจนออกไซด์หรือที่เรียกปฏิกิริยาไนโตรเซชันจะได้ไนโตรซามีนดังสมการ

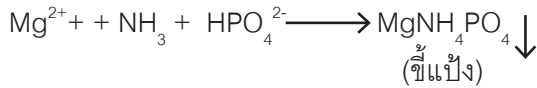


สารเคมีและสมบัติที่สำคัญ ในการผลิตน้ำยางชั้น

ในกระบวนการผลิตน้ำยางชั้นนอกจาก TMTD และ ZnO แล้ว แอมโมเนียจัดเป็นสารเคมีที่มีความจำเป็นและมีความสำคัญตัวแรก ๆ ในการรักษาสภาพน้ำยางสดได้เป็นระยะเวลายาวนาน เนื่องจากช่วยขัดขวางการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ลงปะปนในน้ำยาง มีประสิทธิภาพสูง ใช้ง่าย มีราคาถูกเมื่อเทียบกับสารเคมีชนิดอื่น ๆ โดยใช้ในอัตรา 0.3% - 0.5% ต่อน้ำหนักน้ำยางสด ขึ้นอยู่กับระยะเวลาการเก็บรักษา โดยปกติต้องใช้เวลาบ่มน้ำยางก่อนนำไปบ่มเพื่อเติมสารเคมีอีกชนิด



หนึ่งคือไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Diammonium hydrogen phosphate, DAP) และตั้งทิ้งไว้ 1 คืน เพื่อให้แมกนีเซียมตกตะกอนเป็นแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟตหรือที่เรียกขี้แบ่งตั้งสมการ



โดยทั่วไปน้ำยางสดมีปริมาณแมกนีเซียมอยู่ที่ระดับ 100 - 300 ส่วนต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำยาง 1 ล้านส่วน (ppm on Total solid) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับช่วงฤดูกาล แต่ในการปั่นแยกเป็นน้ำยางข้นมีข้อจำกัดของปริมาณแมกนีเซียมที่ระดับไม่เกิน 50 ppm ซึ่งปริมาณแมกนีเซียมจะส่งผลต่อค่าความเสถียรเชิงกล (Mechanical stability time, MST) ของน้ำยาง ถ้าปริมาณแมกนีเซียมสูงจะทำให้ค่า MST ลดลง น้ำยางที่เสถียรจะจับตัวเป็นก้อนได้ง่าย นอกจากนี้จะส่งผลต่อการนำน้ำยางข้นไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น กุ้งมือยาง กุ้งยางอนามัย น้ำยางข้นที่มีแมกนีเซียมสูงจะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดตำหนิและรื้อวได้ง่าย

สมบัติของน้ำยางสดที่มีความสำคัญอีกสมบัติหนึ่งคือปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (Volatile Fatty Acid : VFA) จำกัดปริมาณไม่ควรเกิน 0.05% หากเกินกว่าที่กำหนด แนะนำให้นำไปผสมกับน้ำยางที่มีค่าไม่เกิน 0.05% แต่เนื่องจากน้ำยางสดที่นำไปปั่นเป็นน้ำยางข้นการใช้แอมโมเนียเพียงอย่างเดียวเพื่อลดปริมาณกรดไขมันระเหยให้ต่ำลงตามเกณฑ์ที่กำหนดจะทำได้ยากมาก จึงต้องใช้แอมโมเนียร่วมกับ TMTD และ ZnO ทั้งสองตัวเรียกโดยทั่วไปว่า "ยาขาว" ใช้ในอัตรา 0.025% ต่อน้ำหนักน้ำยางสด ร่วมกับแอมโมเนีย 0.30% - 0.40% ต่อน้ำหนักน้ำยางสด ถึงจะรักษาสภาพน้ำยางที่มีกรดไขมันระเหยได้ต่ำกว่า 0.02 ไปได้จนถึง 10 วัน

กระบวนการปั่นแยกสำหรับน้ำยางข้น

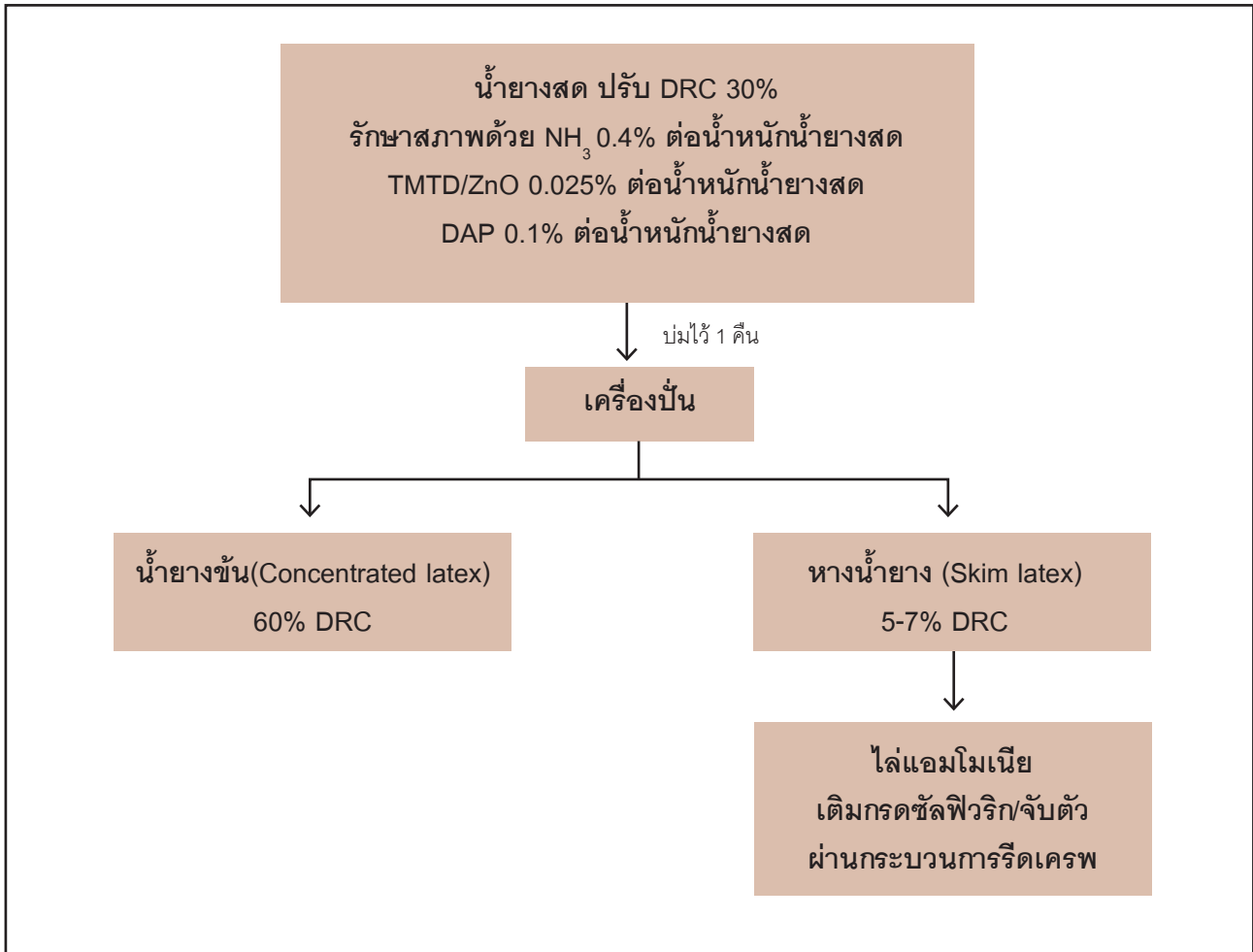
สำหรับกระบวนการปั่นแยก (Centrifuge) อาศัยหลักการแยกส่วนที่เป็นซีรัมออกจากน้ำยางสดที่มีปริมาณเนื้อยางแห้งโดยเฉลี่ย 32% ได้เป็นน้ำยางข้นที่มีปริมาณเนื้อยางแห้งไม่ต่ำกว่า 60% ซึ่งเหมาะที่จะนำไป

ผลิตผลิตภัณฑ์และประหยัดพื้นที่และค่าใช้จ่ายในการขนส่ง อีกทั้งเป็นการขจัดสารที่ไม่ใช่ยางออกไปซึ่งเป็นสาเหตุให้น้ำยางเสียเสถียรภาพเร็วขึ้น ซึ่งในกระบวนการปั่นแยกนี้เครื่องปั่นจะใช้ความเร็วรอบสูงโดยเฉลี่ย 7,000 รอบต่อนาที เพื่อทำให้เกิดแรงหนีศูนย์กลาง อนุภาคยางที่เบากว่าซีรัมจะเคลื่อนที่ไปยังส่วนที่ใกล้แกนหมุนในหม้อปั่นและจะถูกกลไกทำให้ไหลออกทางท่อส่งน้ำยางข้นซึ่งเป็นท่อที่อยู่ด้านบน ส่วนยางสกิมเป็นส่วนที่หนักกว่าจะไหลออกทางท่อด้านล่างซึ่งจะมีรางรับอยู่ภายนอก น้ำยางข้นที่ออกจากเครื่องปั่นนำไปเก็บในถังเก็บแล้วรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียตามมาตรฐานการผลิต

โดยทั่วไปเครื่องปั่นจะมีความสามารถปั่นแยกน้ำยางสดได้ประมาณ 400 - 600 ลิตร/ชั่วโมง แต่เนื่องจากมีอนุภาคยางที่แขวนลอยอยู่ในน้ำยางและโลหะบางชนิด เช่น แมกนีเซียม โพแทสเซียม หรือทองแดง ที่ปะปนอยู่เล็กน้อยทำปฏิกิริยากับ DAP และแอมโมเนีย ในขณะที่ปั่นจะค่อย ๆ เกาะตัวมากขึ้นจนไปอุดตันทางไหลออกของน้ำยางที่เรียกตม (Sludge) ดังนั้น ภายใน 2 ชั่วโมง ประสิทธิภาพการปั่นจะลดลง จำเป็นต้องหยุดเครื่องเพื่อถอดส่วนประกอบต่าง ๆ ออกทำความสะอาดประกอบเครื่องใหม่แล้วจึงเดินเครื่องปั่นต่อไปได้

การผลิตน้ำยางข้นโดยทั่วไปจากข้อมูลของกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2553) พบว่า น้ำยางข้น 1 ตัน มีการใช้น้ำโดยเฉลี่ย 2.2 ลูกบาศก์เมตร ปริมาณการใช้ DAP 3.3 กิโลกรัม ปริมาณการใช้แอมโมเนียสำหรับน้ำยางข้นแอมโมเนียสูง 10.2 กิโลกรัม ปริมาณการใช้ TMTD และ ZnO อย่างละ 1.0 กิโลกรัม และจากการที่สถาบันวิจัยยางได้ทำการศึกษาด้านทุนการผลิตพบว่า น้ำยางข้น 1 กิโลกรัม มีต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 2.70 บาท

นอกจากนี้ นักวิจัยจากหลายหน่วยงานได้พยายามศึกษาการใช้เครื่องมือชิ้นสูงหรือสารเคมีที่นำมาทดแทนแอมโมเนียและ TMTD/ZnO แต่ก็ไม่สามารถนำไปใช้ในเชิงธุรกิจได้ เนื่องจากต้นทุนที่ใช้ผลิตสูงไม่คุ้มกับการนำน้ำยางข้นไปใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริง และไม่มีรายงานผลการทดสอบน้ำยางข้นหลังจากการเก็บเป็นระยะเวลาต่าง ๆ กันว่าจะยังคงมีสภาพความเป็นน้ำยางหรือคลอลอยดีได้หรือไม่และเมื่อนำไปผลิตเป็น



ภาพที่ 2 กระบวนการปั่นน้ำยางข้นที่ปฏิบัติกันในปัจจุบัน

ผลิตภัณฑ์แล้ว ผ่านมาตรฐานหรือไม่อย่างไร

การผลิตน้ำยางข้นปราศจาก TMTD/ZnO

นวัตกรรมการผลิตน้ำยางข้นปราศจาก TMTD/ZnO ที่สถาบันวิจัยยาง การยางแห่งประเทศไทย ร่วมกับ บริษัทเอแอนด์เจเคมีรับเบอร์ จำกัด คิดค้นยังคงใช้หลักการผลิตน้ำยางข้นรูปแบบเดิมที่ใช้กันทั่วไป ด้วยการเจือจางน้ำยางสดให้มีปริมาณเนื้อยางแห้งที่ระดับ 30% ทำการควบคุมปริมาณแอมโมเนียของน้ำยางสดให้อยู่ในปริมาณที่จำกัดทั้งก่อนและหลังปั่นเพื่อป้องกันน้ำยางเสียเสถียรภาพและเป็นสาเหตุให้ไม่สามารถควบคุมปริมาณแมกนีเซียมและปริมาณกรดไขมันระเหยได้ มีการใช้สารเคมีรักษาเสถียรภาพของน้ำยางในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ปริมาณแมกนีเซียมและโปรตีนที่ละลายน้ำได้ต่ำ ที่สำคัญยังต้องควบคุมปริมาณน้ำยางสดในระหว่างการปั่น ทำการปรับขนาดท่อป้อนและ

ขนาดสกรูให้เหมาะสมเพื่อให้ได้น้ำยางข้นและหางน้ำยางมีปริมาณเนื้อยางแห้งตามกำหนด จึงทำให้สมบัติของน้ำยางข้นหลังปั่นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามที่ระบุดังตารางที่ 1

ข้อดีของนวัตกรรมการผลิตน้ำยางข้นปราศจาก TMTD/ZnO นี้ ไม่ได้เปลี่ยนแปลงรูปแบบของกระบวนการผลิตน้ำยางข้นที่โรงงานผลิตกันอยู่ในปัจจุบัน และสารเคมีที่ใช้ในการผลิตจัดเป็นเกรดอาหารที่ผ่านการรับรองมาตรฐานว่าสัมผัสกับอาหารได้จึงปลอดภัยต่อผู้บริโภค นอกจากนี้จะไม่มีการใช้สารที่ก่อให้เกิดมะเร็งแล้ว ยังได้ใช้สาร DAP ในปริมาณต่ำกว่าการผลิตโดยทั่วไปเพื่อควบคุมปริมาณแมกนีเซียมให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำยางข้นได้ นอกจากนี้ ยังเป็นการลดปริมาณแอมโมเนียที่ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตต่ำ ลดมลพิษจากกลิ่นเหม็นของแอมโมเนียที่ส่งผลกระทบต่อผู้ปฏิบัติงานและในบรรยากาศทั่วไป และที่สำคัญไม่



ตารางที่ 1 สมบัติของน้ำยางชั้นปราศจาก TMTD/ZnO

สมบัติน้ำยางชั้น	น้ำยางชั้นปราศจาก TMTD/ZnO	มาตรฐาน ISO 2004-1997(E)
ของแข็งทั้งหมด, ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่น้อยกว่า	62.16	61.5
เนื้อยางแห้ง, ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่น้อยกว่า	61.07	60.0
ของแข็งที่ไม่ใช่ยาง, ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน	1.09	2.0
ความเป็นด่าง (NH ₃), ร้อยละโดยน้ำหนักน้ำยางชั้น ไม่น้อยกว่า	0.63	0.60
เวลาความคงตัวต่อเครื่องมือกล (mechanical stability), วินาที ไม่น้อยกว่า	1.615	650
จำนวนกรดไขมันระเหยได้ (VFA No.), ไม่เกิน	0.068	0.2
จำนวนโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH No.), ไม่เกิน	0.65	1.0
ตม (Sludge), ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน	0.009	0.1
ยางจับก้อน (Coagulum), ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน	0.0009	0.05
แมกนีเซียม, มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของของแข็งทั้งหมด ไม่เกิน	29	50
ความหนืด (cPs) Brookfield viscometer รุ่น LVT spindle No. 1, speed 60 rpm	960	ไม่ได้ระบุ
โปรตีนชนิดละลายน้ำได้ (µg/g)	108.67	ไม่ได้ระบุ
ความเป็นกรด-ด่าง	10.46	ไม่ได้ระบุ
ความถ่วงจำเพาะที่ 25°C	0.94	ไม่ได้ระบุ

จำเป็นต้องบ่มน้ำยางสดไว้ค้างคืนเพื่อตกตะกอนแมกนีเซียมอีกด้วย จึงเป็นการประหยัดเวลาในการปฏิบัติงาน ประหยัดวัสดุอุปกรณ์ในการผลิต และสามารถปฏิบัติงานได้ง่ายกว่าเดิมไม่ยุ่งยาก น้ำยางชั้นที่ผลิตได้จะกำหนดให้เป็นน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียสูงหรือแอมโมเนียต่ำก็ย่อมได้ขึ้นอยู่กับความต้องการของลูกค้า ส่วนค่า MST จะกำหนดให้มีค่าตามมาตรฐานได้เช่นกันขึ้นอยู่กับระยะเวลาการเก็บ นอกจากนี้ ผลพลอยได้จากยางสกิมนำไปปรับปรุงโครงสร้างโมเลกุลสามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดเพิ่มมูลค่ามีสมบัติบางประการที่เด่นกว่ายางแท่ง STR 5L ดังตารางที่ 2

ตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้นว่าในกระบวนการผลิตน้ำยางชั้นโดยทั่วไปจะต้องทำการหยุดเครื่องปั่นทุก ๆ 2

ชั่วโมงเพื่อทำการหยุดล้างตมและซีแบ็งที่เกาะทางไหลของน้ำยางซึ่งทำให้ประสิทธิภาพการปั่นลดลง แต่แนวทางการผลิตน้ำยางชั้นปราศจาก TMTD/ZnO นี้จะใช้เวลาหยุดเครื่องปั่น 4 - 6 ชั่วโมงต่อครั้ง เนื่องจากเกิดการอุดตันของตมบริเวณทางไหลของน้ำยางและตรงบริเวณแกนปั่นโดยมีซีแบ็งเกาะผนังเครื่องปั่นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (ภาพที่ 8) นอกจากนี้จะลดระยะเวลาการทำควมสะอาดล้างเครื่องโดยมีประสิทธิภาพการปั่นเพิ่มขึ้นแล้ว ยังเป็นการลดแรงงาน ลดต้นทุนการผลิตและลดการจัดการของเสียที่เกิดขึ้นอีกด้วย

น้ำยางชั้นปราศจาก TMTD/ZnO ที่ผลิตได้นำไปทดลองผลิตเป็นถุงมือแพทย์เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพเปรียบเทียบกับถุงมือศัลยกรรมตามมาตรฐาน มอก. 538-2548 พบว่าสมบัติแรงดึงเมื่อขาด โมดูลัส



ตารางที่ 2 ผลทดสอบสมบัติตามมาตรฐานยางแท่ง STR ของยางสกินที่ได้ทำการปรับปรุงโครงสร้างโมเลกุล (Skim modified, SM) ที่เป็นผลพลอยได้จากการผลิตน้ำยางข้นปราศจาก TMTD/ZnO เปรียบเทียบกับยางแท่ง STR 5L

สมบัติ	SM	STR 5L
ปริมาณสิ่งสกปรก, ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน	0.021	0.04
ปริมาณสิ่งระเหย, ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน	1.13	0.80
ปริมาณเถ้า, ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน	0.38	0.40
ปริมาณไนโตรเจน, ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน	1.81	0.60
ความอ่อนตัวเริ่มแรก (Po), ไม่ต่ำกว่า	50.0	30
ดัชนีความอ่อนตัว (PRI), ไม่ต่ำกว่า	40.4	60
ความหนืด, ML(1+4)100 ^o C	57.56	ไม่ได้ระบุ
สี, ไม่เกิน	12	6.0

ความยืดเมื่อขาด ทั้งก่อนและหลังบ่มเร่ง มีค่าผ่านมาตรฐานทุกตัว ดังตารางที่ 3

สมบัติของน้ำยางข้น

โดยทั่วไปสมบัติน้ำยางข้นผลิตโดยวิธีการปั่นแยกจะอ้างอิงตามมาตรฐาน ISO 2004-1997 หรือ มอก. 980-2552 (ตารางที่ 4) ระบุสมบัติต่าง ๆ ดังนี้

1. ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solids Content, TSC) หมายถึง ปริมาณของส่วนที่เป็นเนื้อยางทั้งหมดในน้ำยางรวมกับสารอื่นๆ ที่เป็นของแข็งและไม่ใช่น้ำ ซึ่งจะคงเหลือเป็นฟิล์มยางภายหลังจากการทำให้แห้งด้วยอุณหภูมิทดสอบและบรรยากาศที่เหมาะสม

2. ปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content, DRC) หมายถึง ปริมาณของส่วนที่เป็นเนื้อยางทั้งหมดในน้ำยางข้น ซึ่งได้จากการทำให้น้ำยางจับตัวด้วยกรดอะซิติกภายใต้สภาวะการควบคุมที่เหมาะสม

3. ปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่น้ำยาง (Non Rubber Content, NRC) หมายถึง ปริมาณของแข็งอื่นๆ ที่ไม่ใช่เนื้อยางที่มีอยู่ในน้ำยาง เช่น แมกนีเซียม ทองแดง คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เป็นต้น สามารถหาได้จากการนำเอาค่า DRC ไปหักออกจากค่า TSC ถ้าน้ำยางข้นชุดใดมี

ค่า NRC สูง บ่งชี้ว่าน้ำยางชุดนั้นมีสารที่ไม่ใช่เนื้อยางมาก ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อความเสถียรของน้ำยาง

4. ความเป็นด่าง (Alkalinity) ในรูปแอมโมเนีย หมายถึง ปริมาณแอมโมเนียที่ผสมในน้ำยางเพื่อป้องกันการจับตัวเป็นก้อน น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียสูงสามารถเก็บรักษาได้นานกว่าน้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียต่ำ แต่น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียต่ำจะเหมาะกับการนำไปผลิตเป็นยางพองน้ำเนื่องจากแอมโมเนียจะขัดขวางปฏิกิริยาการเกิดพองหรือเกิดเจลในผลิตภัณฑ์

5. เวลาความคงตัวต่อเครื่องมือกล (Mechanical Stability Time, MST) หมายถึง เวลาที่บ่งถึงความเสถียรของน้ำยางต่ออิทธิพลทางกลหรือความสามารถของน้ำยางในการคงสภาพเป็นของเหลวขึ้นกับระยะเวลาการบ่ม น้ำยางที่ผ่านการบ่มเป็นระยะเวลา 20 วัน จะได้ค่า MST ที่ 650 วินาที

6. จำนวนกรดไขมันระเหยได้ (Volatile Fatty Acid Number, VFA No.) หมายถึง ปริมาณของกรดไขมันที่เกิดจากการไฮโดรไลซ์ของคาร์โบไฮเดรตในซีรัมของน้ำยาง ส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดอะซิติก กรดฟอร์มิก และกรดพรอพิโอนิก บ่งบอกปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่มีอยู่ในน้ำยาง ทั้งนี้หากมีเชื้อแบคทีเรียมากจะเกิดกรดไขมันสูง ทำให้น้ำยางแข็งตัวและมีกลิ่นบูด



ตารางที่ 3 สมบัติทางกายภาพของน้ำยางข้นปราศจาก TMTD/ZnO ในการขึ้นรูปเป็นถุงมือคัลยกรรมเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 538-2548

สมบัติ	น้ำยางข้นปราศจาก TMTD/ZnO	มาตรฐาน มอก. 538-2548
แรงดึงเมื่อขาด (MPa) ก่อนบ่มแรง, ต่ำสุด	25.9	12.5
โมดูลัส 100 % (MPa), สูงสุด	0.7	ไม่ระบุ
โมดูลัส 300 % (MPa), สูงสุด	1.2	2.0
โมดูลัส 500 % (MPa), สูงสุด	3.1	ไม่ระบุ
ความยืดเมื่อขาด (%) ก่อนบ่มแรง, ต่ำสุด	812	700
แรงดึงเมื่อขาด (MPa) หลังบ่มแรง, ต่ำสุด	28.7	9.5
ความยืดเมื่อขาด (%) หลังบ่มแรง, ต่ำสุด	744	500
ความหนา (mm), ไม่น้อยกว่า	0.3	0.1

ที่มา: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2548)

7. จำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide number, KOH No.) หมายถึง จำนวนกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่สมมูลย์พอดีกับอนุมูลของกรดทั้งหมดที่รวมกับแอมโมเนียในน้ำยางข้นที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด 100 กรัม โดยเป็นการตรวจหาของเสียที่เกิดจากแบคทีเรียในน้ำยาง เพื่อวัดความสดของน้ำยาง

8. ปริมาณตม (Sludge content) หมายถึง สิ่งเจือปนที่ไม่ใช่ยาง ซึ่งจะตกตะกอนลงก้นภาชนะเมื่อมีการปั่นหรือกวนน้ำยาง สิ่งเจือปนเหล่านี้ประกอบด้วยฝุ่นละออง ดิน ทราาย เปลือกไม้ และแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟต ถ้าปริมาณตมมีค่าสูงอาจเกิดการสะสมของปริมาณตมอย่างรวดเร็วระหว่างกระบวนการผลิต ทำให้น้ำยางเสียสภาพและไม่สามารถใช้งานต่อไปได้

9. ปริมาณก้อนยางจับตัว (Coagulum content) หมายถึง ปริมาณของสารที่ตกค้างอยู่บนตัวกรองสเตนเลสที่ทดสอบ สารเหล่านี้ประกอบด้วยเศษยางจับตัวและสารอื่นที่เจือปนมากับน้ำยาง ค่านี้มีความสำคัญต่อกระบวนการผลิตที่เข้มงวด เช่น ในการผลิตเส้นด้ายยาง

ยืด ถ้ามีน้ำยางมีปริมาณก้อนยางจับตัว สูงอาจก่อให้เกิดปัญหาการอุดตันที่ปลายหลอดในระหว่างกระบวนการผลิตได้

10. ปริมาณแมกนีเซียม (Magnesium content) หมายถึง ปริมาณแมกนีเซียมที่รายงานเทียบเท่ากับปริมาณโลหะกลุ่มแอลคาไลน์เอิร์ท โดยมีแมกนีเซียมและแคลเซียมเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งอยู่ในน้ำยางสดและน้ำยางข้นในสถานะที่ละลายน้ำได้และที่ทำปฏิกิริยาโดยการไทเทรตกับกรดเอทิลีนไดเอมีนเทตระอะซีติก หรืออีดีทีเอ (ethylenediaminetetraacetic acid, EDTA) ถ้าน้ำยางข้นมีแมกนีเซียมสูงจะทำให้ค่า MST ลดลง

สรุปความเป็นไปได้และการนำไปใช้ประโยชน์

กระบวนการผลิตน้ำยางข้นโดยทั่วไปมีการใช้สาร TMTD/ZnO เป็นสารรักษาสภาพน้ำยางสดเพื่อป้องกันไม่ให้ค่า VFA สูงกว่ามาตรฐานที่กำหนด แต่สารชนิดนี้ส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยด้านสุขอนามัยในการนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องมีการสัมผัสกับผู้บริโภคโดยตรง ซึ่งสาร TMTD/ZnO เป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง



ภาพที่ 3 ปรับระดับ DRC ของน้ำยางสดให้ได้ 30%



ภาพที่ 4 ควบคุมปริมาณแอมโมเนียก่อนปั่น



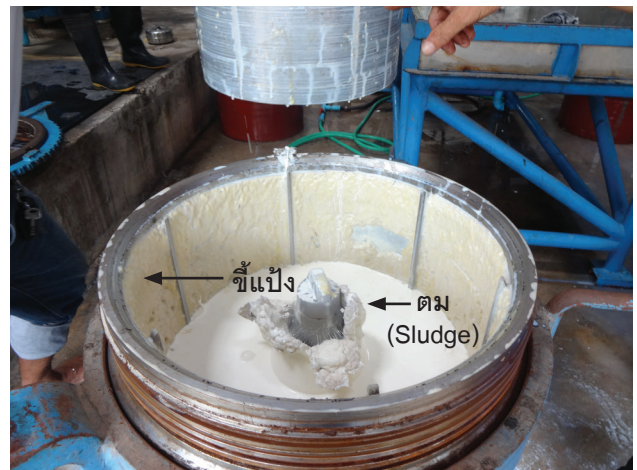
ภาพที่ 5 เติมสารรักษาเสถียรภาพของน้ำยางสด



ภาพที่ 6 น้ำยางข้นที่ผลิตได้ปราศจาก TMTD/ZnO



ภาพที่ 7 ส่วนของหางน้ำยาง (skim latex)



ภาพที่ 8 ส่วนที่เป็นตม (sludge) และชีแป้ง

ทำให้ประเทศในสหภาพยุโรปได้จำกัดการใช้ในถุงมือยางและปัจจุบันผู้ผลิตจุกนมยางเกือบทั้งหมดได้หันมาใช้ยางสังเคราะห์แทนน้ำยางธรรมชาติที่สามารถหลีกเลี่ยงสารเคมีตามที่ระบุได้ อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์จาก

ยางธรรมชาติทำให้ผู้ใช้รู้สึกถึงความนิ่ม สวมใส่สบาย และยืดหยุ่นได้ดีกว่ายางสังเคราะห์หลายเท่าตัว น้ำยางข้นปราศจาก TMTD/ZnO จึงเป็นสินค้าที่สามารถสนองความต้องการของบริษัทผู้ผลิตจุกนมยาง จุกนมยาง ถุง

ตารางที่ 4 คุณลักษณะน้ำยางชั้นทางฟิลิกส์และทางเคมีตามมาตรฐาน ISO 2004-1997 และ มอก. 980-2552

รายการ ที่	คุณลักษณะ	ISO 2004-1997			มอก. 980-2552					วิธี ทดสอบ
		ชนิด HA	ชนิด LA	ชนิด MA ³	ชนิด HA	ชนิด LA	ชนิด MA ³	ชนิด HA ครีမ်	ชนิด LA ครีမ်	
1	ของแข็งทั้งหมด ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่น้อยกว่า	61.5	61.5	61.5	61.0*	61.0*	61.0*	65.0	65.0	ISO 124
2	เนื้อยางแห้ง ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่น้อยกว่า	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	64.0	64.0	ISO 126
3	ของแข็งที่ไม่ใช่ยาง ¹ ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน	2.0	2.0	2.0	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	-
4	ความเป็นต่าง (คำนวณเป็น NH ₃) ร้อยละโดยน้ำหนักน้ำยางชั้น	ไม่น้อยกว่า	ไม่เกิน	ไม่น้อยกว่า	ไม่น้อยกว่า	ไม่เกิน	0.30-	ไม่น้อยกว่า	ไม่เกิน	ISO 125
5	เสถียรภาพต่อการปั่น ² (mechanical stability) วินาที ไม่น้อยกว่า	650	650	650	650	650	650	650	650	ISO 35
6	ยางจับก้อน (coagulum) ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน	0.05	0.05	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	ISO 706
7	ทองแดง มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของของแข็งทั้งหมด ไม่เกิน	8	8	8	8	8	8	8	8	ISO 8053
8	แมงกานีส มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของของแข็งทั้งหมด ไม่เกิน	8	8	8	8	8	8	8	8	ISO 7780
9	แมกนีเซียม มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของของแข็งทั้งหมด ไม่เกิน	50	50	50	40*	40*	40*	40*	40*	ข้อ 8.3 ⁴
10	ตะกอน (Sludge) ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	ISO 2005
11	ค่ากรดไขมันที่ระเหยได้ (VFA number) ไม่เกิน	0.20	0.20	0.20	0.06*	0.06*	0.06*	0.06*	0.06*	ISO 506
12	ค่าโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH number) ไม่เกิน	1.0	1.0	1.0	0.7*	0.7*	0.7*	0.7*	0.7*	ISO 127

¹คำนวณจากผลต่างระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดกับปริมาณเนื้อยางแห้ง, ²เสถียรภาพต่อการปั่น เป็นค่าที่วัดภายหลัง 21 วันนับจากวันที่ทำ, ³“MA” หรือ “XA” หมายถึง Medium Ammonia Latex

⁴ข้อ 8.3 ในมาตรฐาน มอก. 980-2552

*หรือให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย

ยางอนามัย และผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ ที่สร้างความมั่นใจ ความปลอดภัยให้กับผู้บริโภคและมีโอกาสในการแข่งขันทางการค้าในตลาดโลกสูง โดยเฉพาะจุนกมยางมีแนวโน้มในการหันกลับมาใช้น้ำยางชั้นปราศจากสารก่อมะเร็งได้มากขึ้น อีกทั้งปัจจุบันตลาดหมอนยางพาราในประเทศไทยมีปริมาณการผลิตสูงมาก และเป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศ การใช้น้ำยางชั้นที่ปราศจากสารก่อมะเร็งถึงแม้ว่าจะไม่ได้มีการสัมผัสโดยตรงแต่เชื่อมั่นได้ว่าผู้บริโภคย่อมตระหนักถึงความปลอดภัยต่อการนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างแน่นอน

เอกสารอ้างอิง

- กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2553. ผลการประเมินผลกระทบและเกณฑ์ประสิทธิภาพการผลิตเทียบกับค่าเกณฑ์ประสิทธิภาพมาตรฐานของโรงงานนำร่องสำหรับอุตสาหกรรมน้ำยางชั้น. โครงการการส่งเสริมการประเมินประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจนิเวศน์ในอุตสาหกรรม (MIS for SMI) กระทรวงอุตสาหกรรม.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2548. มอก. 538-2548 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมถุงมือยางปราศจากเชื้อสำหรับการศัลยกรรมชนิดใช้ครั้งเดียว. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.