

# ยางธรรมชาติที่มีโปรตีนต่ำ

กนกวรรณ จุมที

**น้ำ**ยางธรรมชาติ (Natural Rubber Latex) ได้จากต้นไม้อายุหลายชนิด เช่น ต้นยางพารา (Para tree) ต้นยางวายุยูเล่ (Guayule) ต้นยางกัลด (Gutta-Percha) ต้นยางบาลาตา (Balata) และต้นยางชัคเคิล (Chicle) ยางธรรมชาติที่ได้จากน้ำยางของต้นไม้อายุหนึ่งที่มีความสำคัญและนำมาใช้ในทางการค้า เป็นยางธรรมชาติซึ่งได้จากต้นยางพารา หรือมีชื่อเรียกทางพฤกษศาสตร์ว่า *Hevea brasiliensis* ต้นยางพาราถือว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทยมาช้านาน ปัจจุบันประเทศไทยผลิตยางพาราได้เป็นอันดับหนึ่งของโลก ด้วยอัตราการผลิดยางได้ถึง 2 ล้านตันต่อปี ยางจึงเป็นสินค้าส่งออกสู่ตลาดโลกที่สำคัญของประเทศไทย ยางธรรมชาติใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ คุณภาพของยางจึงมีความสำคัญ ดังนั้นจึงต้องมีการพัฒนาคุณภาพยางธรรมชาติให้มีความเหมาะสมและตรงต่อความต้องการของตลาดโลก ซึ่งถือว่าเป็นเป้าหมายที่สำคัญยิ่ง ตัวอย่างเช่นยางธรรมชาติ ที่มีโปรตีนต่ำ เป็นยางธรรมชาติที่มีการพัฒนาคุณภาพโดยลดปริมาณโปรตีนให้ต่ำกว่า 0.44 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเหมาะแก่การใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์

## องค์ประกอบของน้ำยางและยางธรรมชาติ

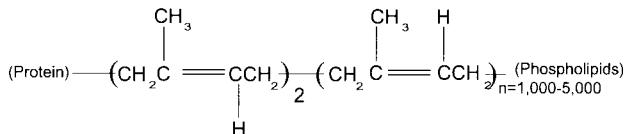
น้ำยางธรรมชาติสดเป็นสารคอลลอยด์ ประกอบด้วยอนุภาคยางลักษณะทรงกลมที่แขวนลอยอยู่ในของเหลวหรือน้ำซึ่งมีอนุภาคยางเหล่านี้เสถียรอยู่ได้ด้วยประจุลบของโปรตีนและฟอสโฟลิปิดที่ดูดซับที่ผิวของอนุภาค น้ำยางสดมีเนื้อเยื่อประมาณ 25-40 เปอร์เซ็นต์และมีส่วนที่ไม่ใช่ยาง (non-rubber components) ประมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์ เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และสารอนินทรีย์อื่นๆ ส่วนที่ไม่ใช่ยางเหล่านี้ มีทั้งส่วนที่แขวนลอยอยู่ในน้ำซึ่งมี และส่วนที่ดูดซับอยู่ที่ผิวของอนุภาคยาง องค์ประกอบของน้ำยางธรรมชาตินั้นขึ้นอยู่กับพันธุ์ยาง อายุของต้นยาง และเทคนิคการกรีดยาง เป็นต้น

น้ำยางธรรมชาติสดเมื่อทำการจับก้อน (coagulation) ด้วยสารเคมีบางชนิด จะได้ยางธรรมชาติซึ่งมีส่วนที่เป็นยางประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 2 เปอร์เซ็นต์ เรซินที่ละลายได้ในอะซิโตน 3 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลและเกลือแร่อื่นๆ อีกเล็กน้อย

## โครงสร้างและลักษณะเฉพาะของยางธรรมชาติ

ยางธรรมชาติเป็นพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ประกอบด้วยหน่วยย่อยคือ ซิส-ไอโซพรีน (cis-isoprene) ประมาณ

1,000 - 5,000 หน่วย นอกจากนี้ยังมีการค้นพบว่าสายโซ่ยางธรรมชาติไม่ได้มีแค่ ซิส-ไอโซพรีนแต่เพียงอย่างเดียว หากยังประกอบด้วย ทราน-ไอโซพรีน (trans-isoprene) อีก 2 หน่วยที่ปลายสายโซ่ด้านเริ่มต้น (initiating terminal) และอาจมีหมู่ฟังก์ชันแปลกปลอม (abnormal group) เช่น หมู่อัลดีไฮด์ หมู่เอสเทอร์หรือแลคโตน และหมู่อีพอกไซด์อยู่ในสายโซ่ นอกจากนี้อาจมีโปรตีนและฟอสโฟลิปิดอยู่ที่ปลายสายโซ่สองข้าง ดังรูปที่ 1 โดยมีโปรตีนอยู่ที่ปลายข้างหนึ่ง ถัดมาเป็น ทราน-ไอโซพรีน 2 หน่วย และตามด้วยซิส-ไอโซพรีน 1,000-5,000 หน่วย ปิดท้ายด้วยฟอสโฟลิปิด



รูปที่ 1 โครงสร้างที่เป็นไปได้ของยางธรรมชาติ

## โปรตีนในยางธรรมชาติ และอาการแพ้โปรตีนในยางธรรมชาติ

ในปี ค.ศ. 1989 ได้มีการค้นพบกระบวนการเกิดสายโซ่ยางธรรมชาติโดยมีโปรตีนสำคัญ 2 ชนิด ที่มีส่วนในการสังเคราะห์พอลิไอโซพรีน โปรตีนชนิดแรก คือ ซิส-พรีนิล ทรานเฟอร์เรส (cis-prenyl transferase) ซึ่งมีขนาดโมเลกุล 38 กิโลดาลตัน (kDa) ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งในการเติมหน่วยไอโซพรีนเข้าสู่สายโซ่ ส่วนโปรตีนชนิดที่สองเป็นโปรตีนที่ช่วยซิส-พรีนิล ทรานเฟอร์เรส ในการเติมหน่วยไอโซพรีนเข้าสู่สายโซ่ โปรตีนชนิดนี้มีขนาดโมเลกุล 14 kDa นอกเหนือจากโปรตีน 2 ชนิดดังกล่าวในส่วนของอนุภาคนั้น ในส่วนอื่นๆ ของน้ำยางธรรมชาตินี้ยังประกอบด้วยโปรตีนอีกหลายชนิด เช่น Hevein (5 kDa), Prohevein (20 kDa) และ Hevamines (29 kDa) เป็นต้น

น้ำยางธรรมชาติสามารถนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ยางได้หลายชนิด เช่น ลูกมียางทั้งที่ใช้ทางการแพทย์และใช้ทั่วไป ลูกยางอนามัย ลูกโป่ง ของเล่นเด็ก จุกนมยาง และกาวยางทั้งที่ใช้ทางการแพทย์และใช้ทั่วไป ผลิตภัณฑ์ยางจากน้ำยางธรรมชาตินี้อาจก่อให้เกิดอาการแพ้ได้ การแพ้ผลิตภัณฑ์ยางจากน้ำยาง

ธรรมชาติมันเกิดจากการที่ผู้ใช้สัมผัสกับผลิตภัณฑ์ยางเป็นประจำ ดังนั้นกลุ่มคนที่มีความเสี่ยงสูงที่สุด ได้แก่ บุคลากรด้านสาธารณสุข และผู้ที่จำเป็นต้องใช้หรือสัมผัสผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติในการประกอบอาชีพ รวมทั้งบุคคลที่ได้รับการผ่าตัดหลายๆ ครั้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งประชากรที่อาจมีภูมิคุ้มกันต้านต่อสารกระตุ้นจากยางดำ เช่น ประชากรในยุโรป แคนาดา สหรัฐอเมริกา และประเทศอุตสาหกรรมซึ่งเป็นผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ยางเป็นส่วนใหญ่ ในสหรัฐอเมริกาประเทศเดียวพบว่า มีผู้แพ้ผลิตภัณฑ์ยางจากน้ำยางธรรมชาติถึง 17 ล้านคน

เพื่อให้เข้าใจลักษณะการแพ้ผลิตภัณฑ์ยางจากน้ำยางธรรมชาติได้ชัดเจนยิ่งขึ้น จะขอกล่าวถึงกระบวนการผลิตถุงมือยางจากน้ำยางธรรมชาติ ตั้งแต่เริ่มเก็บน้ำยางสดจนกระทั่งได้เป็นผลิตภัณฑ์ยาง กระบวนการมีดังนี้ หลังจากการกรีดเปลือก (tapping) ที่ลำต้น น้ำยางสดจะซึมออกมา น้ำยางสดที่เก็บรวมได้จะต้องเติมสารเคมีที่ใช้รักษาสภาพน้ำยางภายใน 2-3 ชั่วโมง โดยทั่วไปนิยมใช้แอมโมเนีย หรือใช้แอมโมเนียผสมกับสารเคมีอื่นๆ เพื่อป้องกันการจับก้อนโดยตัวเอง (autocoagulation) ซึ่งจะทำให้ยางเสียสภาพ (deterioration) และป้องกันการเจริญของแบคทีเรียซึ่งจะทำให้ยางเน่าเสีย

ขั้นตอนต่อไปเป็นการทำให้น้ำยางเข้มข้นโดยการนำเอาน้ำออกจากน้ำยาง ใช้วิธีการปั่นแยก (centrifugation) ซึ่งจะได้น้ำยางข้น (concentrated latex) มีเนื้อยางประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ และหางน้ำยาง (skim latex) มีเนื้อยางเหลืออยู่ประมาณ 3-10 เปอร์เซ็นต์ น้ำยางข้นที่ได้จะถูกส่งเข้าสู่กระบวนการผสมสารเคมี (compounding) ในกระบวนการนี้มีการเติมสารเคมีหลายชนิด เช่น สารเร่งให้ยางคงรูป (accelerator) สารป้องกันการเกิดออกซิเดชัน (antioxidant) สารกันตัวโอโซน (antiozonant) สารช่วยให้เกิดอิมัลชัน (emulsifier) สารรักษาความเสถียรของน้ำยาง (stabilizers) สารเพิ่ม (extender) สารให้สี (colorant) น้ำยางข้นที่ผ่านกระบวนการนี้ เรียกว่า น้ำยางผสมสารเคมี (compounded latex)

ขั้นตอนต่อไป เป็นการจุ่ม (dip) ตัวแบบ (former) รูปมือที่ทำจากแก้วหรือพอร์ซเลน (porcelain) ลงในสารช่วยในการจับตัว (coagulant) เช่น แคลเซียมไนเตรท จากนั้นจึงจุ่มลงในน้ำยางผสมสารเคมีที่เตรียมไว้ข้างต้น แล้วนำไปอบเพื่อทำใหยางคงรูป (vulcanization) เมื่อออกจากตู้อบ ใช้น้ำล้างถุงมือเพื่อชะเอาสารเคมีส่วนเกินและละลายโปรตีนที่ละลายน้ำออกบางส่วน เมื่อแห้งแล้วจะนำไปแปดด้วยผงแป้งข้าวโพด (cornstarch

powder) เพื่อให้นำถุงมือออกจากตัวแบบได้ง่าย

การแพ้ผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติ สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. การแพ้ประเภทประเภทเฉียบพลัน (Immediate-Type หรือ Type I) มีสาเหตุจากโปรตีนบางชนิดในยางธรรมชาติ

2. การแพ้ประเภทประเภทสะสม (Delayed-Type Hypersensitivity (DTH) หรือ Type IV) มีสาเหตุจากสารเคมีบางชนิดที่เติมเข้าไประหว่างกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง

การแพ้แบบเฉียบพลัน มีสาเหตุมาจากโปรตีนบางประเภทที่ผิวของผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติ ในปี ค.ศ.1927 พบผู้ป่วยรายแรกมีอาการแพ้แบบเฉียบพลัน โดยเกิดตุ่มลมพิษ ที่รุนแรงมาก โดยที่ผู้ป่วยรายนี้ใช้ฟันปลอมที่ทำมาจากยางธรรมชาติ

ในปี ค.ศ. 1975 ได้มีการสรุปอาการแพ้ผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติ ไว้เป็นขั้นๆ ดังนี้

ขั้นที่ 1 เป็นลมพิษ มีตุ่มคันเฉพาะส่วน (Localized urticaria)

ขั้นที่ 2 อาการตัวบวม (Angioedema)

ขั้นที่ 3 อาการหอบหืด (Asthma)

ขั้นที่ 4 อาการช็อกจับพลันที่อาจถึงตายได้ (Anaphylaxis)

โดยทั่วไปอาการแพ้จะเกิดขึ้นภายในหนึ่งชั่วโมงหลังจากการได้รับสารกระตุ้นจากผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติ อาการที่ปรากฏจะเป็น เช่น ใดนั้นขึ้นอยู่กับวิธีการได้รับสารกระตุ้น ดังแสดงตามตารางที่ 1

อาการแพ้ที่พบมากที่สุดจากการสัมผัสถุงมือจากน้ำยางธรรมชาติ คือ อาการคัน (Itching) และเกิดลมพิษ ส่วนอาการช็อกจับพลันนั้นได้มีรายงานว่าเกิดจากการสัมผัสกับจุนกมยางของเล่นเด็กที่ทำมาจากยาง สายยางที่ใช้ระบายของเหลวออกจากร่างกาย ถุงยางอนามัย ลูกโป่ง อุปกรณ์ทำฟันที่ทำจากยาง ท่อสอดหลอดลม และอาหารที่เตรียมด้วยถุงมือที่ทำจากน้ำยางธรรมชาติ แต่จะพบผู้ป่วยน้อยรายที่เกิดอาการช็อกระดับรุนแรงจากการสัมผัสผลิตภัณฑ์ยางภายนอก ผู้ป่วยส่วนใหญ่จะเกิดการช็อกระดับรุนแรงจากการที่เยื่อภายในของร่างกายได้สัมผัสโดยตรงกับผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติ เช่น ในระหว่างการผ่าตัด การทำคลอด หรือการตรวจภายใน

ส่วนการแพ้ประเภทสะสมนั้นเป็นการแพ้แบบค่อยเป็นค่อยไป และอาการที่ปรากฏไม่รุนแรงเท่าการแพ้แบบเฉียบพลัน การแพ้แบบสะสมนี้พบว่า มีสาเหตุมาจากสารเติมแต่ง (additives) ที่เติมในกระบวนการผลิตน้ำยางผสมสารเคมี และสารเคมีบางชนิดที่ใช้ในระหว่างกระบวนการผลิต เช่น 1,2-เบนซิลโซโทโซลิน-3-

ตารางที่ 1 อาการแพ้แบบเฉียบพลัน (Immediate-Type)

วิธีการที่ได้รับสารกระตุ้น	อาการที่ปรากฏ
รับทางผิวหนัง	ลมพิษ, ผิวหนังอักเสบ (Dermatitis) และคัน (Pruritus)
รับทางลมหายใจ	โพรงจมูกอักเสบ (Rhinitis), ตาแดง (Conjunctivitis) และ หอบหืด
รับทางเยื่อในระบบต่างๆ ของร่างกาย	ช็อกจนอาจถึงแก่ชีวิต, หัวใจเต้นเร็ว (Tachycardia), ตัวบวม, คลื่นไส้ (Nausea), อาเจียน (Vomiting), ปวดท้อง (Abdominal cramps) และความดันต่ำ (Hypotension)

โอน (1,2-benzisothiazolin-3-one) อีพิคลอโรไฮดริน (epichlorohydrin) และ ซอลบิก แอซิด (sorbic acid)

เนื่องจากอาการแพ้ประเภทเฉียบพลันนั้นเป็นภัยคุกคามต่อชีวิต มีสาเหตุมาจากโปรตีนในยางธรรมชาติ ดังนั้นในปี ค.ศ. 1991 องค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (The US Food and Drug Administration, FDA) ได้ประกาศเตือนให้มีการลดปริมาณโปรตีนที่สามารถถูกชะออกจากผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยต่อผู้อุปโภค-บริโภค จึงได้มีการนำเอาวิธีต่างๆ มาใช้เพื่อลดปริมาณโปรตีน เช่น วิธีการชะล้าง (leaching) โดยใช้สารลดแรงตึงผิว ผงซักฟอก หรือคลอรีน วิธีการเคลือบ (coating) รวมถึงวิธีการเปลี่ยนแปลง (modification) พื้นผิวของผลิตภัณฑ์ยาง แต่วิธีการหนึ่งที่ยอมรับใช้เพื่อลดปริมาณโปรตีนในน้ำยางธรรมชาติก่อนนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ คือการปั่นแยกมากกว่า 1 ครั้ง ในกระบวนการนี้โปรตีนจะถูกกำจัดออกจากชั้นน้ำยางชั้นล่างสู่ชั้นน้ำยาง ทำให้น้ำยางชั้นมีปริมาณโปรตีนลดลงอย่างมาก นอกจากนี้ได้มีการนำเอาวิธีการกำจัดทางชีวเคมีมาใช้ในการกำจัดโปรตีน โดยการบ่ม (incubation) น้ำยางกับเอนไซม์ชนิดย่อยสลายโปรตีน (proteolytic enzyme) เช่น ปาเปน (papain) ทริปซิน (trypsin)

อัลคาเลส (alcalase) ซึ่งจะไฮโดรไลซ์โปรตีนเป็นเปปไทด์สายสั้นๆ และกรดอะมิโนซึ่งละลายในน้ำได้ต่อไป

ตามข้อกำหนดของสถาบันวิจัยยางแห่งประเทศไทย (Rubber Research Institute of Malaysia หรือ RRIM) ปี ค.ศ. 1977 กำหนดว่ายางธรรมชาติที่ได้เอาโปรตีนออกไปและมีปริมาณโปรตีนต่ำกว่า 0.44 เปอร์เซ็นต์หรือกล่าวได้ว่ามีปริมาณไนโตรเจนอยู่น้อยกว่า 0.07 เปอร์เซ็นต์ เรียกว่า ยางธรรมชาติโปรตีนต่ำ (Deproteinized Natural Rubber หรือ DPNR)

โปรตีนในยางธรรมชาติเป็นสาเหตุที่ทำให้ผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติเป็นประจำเกิดอาการแพ้ได้ จึงต้องมีการพัฒนาคุณภาพยางธรรมชาติให้มีโปรตีนต่ำ เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ที่มีคุณภาพมาตรฐาน ซึ่งเป็นที่ต้องการของตลาดโลก สำหรับประเทศไทยซึ่งสามารถผลิตยางธรรมชาติได้มากเป็นอันดับหนึ่งของโลกนั้น ควรมีการพัฒนาเทคโนโลยีผลิตยางโปรตีนต่ำ เพื่อประโยชน์ของการส่งออกวัตถุดิบยางธรรมชาติโปรตีนต่ำไปยังต่างประเทศได้มากขึ้น และใช้ประโยชน์ในการผลิตผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ที่มีคุณภาพมาตรฐานที่สามารถส่งออกไปแข่งขันในตลาดโลกได้อีกทางหนึ่ง

#### เอกสารอ้างอิง

- Muller, E. Current rubber industries situation in Thailand and the need for structural changes. **The Rubber International**, January, 2000, vol.2, no.14, p.71-78.
- Tangpakdee, J. Structure characterization of natural rubber: analysis of biosynthesis mechanism, branching formation and role of rubber in Hevea tree, **Ph.D. Thesis on Engineering** submitted to the Tokyo University of Agriculture and Technology, Japan. 1998.
- Verhaar, G. Natural latex as a colloidal system. **Rubber Chemistry and Technology**, 1959, vol.32, p.1627-1659.
- Warshaw, E.M. Latex allergy. **Journal of the American Academy of Dermatology**, July, 1998, vol.39, no.1, p.1-24.