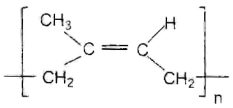
ถุงมือยางสังเคราะห์ชนิดไนไตรล์ คู่แข่งสำคัญของถุงมือยางธรรมชาติ

■ อารรณ ปิ่นประยูร*

ถุงมือยางทางการแพทย์แต่เดิมทำมาจากน้ำยางจากต้นยางพารา (Hevea brasiliensis) (ภาพที่ 1ก) แต่เนื่องจากปัญหาการแพ้โปรตีนที่ละลายน้ำได้ (water extractable protein) ซึ่งเป็นองค์ประกอบในน้ำยางธรรมชาติโดยเฉพาะผู้ใช้ซึ่งเป็นชาวยุโรปและอเมริกาเกิดอาการแพ้ถึงขั้นเป็นอันตรายถึงชีวิต องค์กรทางการแพทย์และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องของประเทศนั้น ๆ จึงพยายามลดปัญหาโดยการใช้ถุงมือที่ทำมาจากยางสังเคราะห์แทน ในบรรดายางสังเคราะห์ที่ใช้ทดแทนยางธรรมชาตินั้น น้ำยางสังเคราะห์ชนิดไนไตรล์ (nitrile latex) ได้รับความนิยมสูงสุด เนื่องจากราคาถุงมือจากน้ำยางชนิดนี้สูงกว่าถุงมือยางธรรมชาติไม่มากนัก แม้สมบัติทางด้านกายภาพบางอย่าง เช่น ความต้านแรงดึงและความยืดตัวจะด้อยกว่า ถุงมือยางชนิดไนไตรล์ก็มีสมบัติเด่นคือทนต่อสารเคมีได้ดี เนื่องจากปัญหาการแพ้โปรตีนในน้ำยางแล้ว บางช่วงราคาน้ำยางธรรมชาติมีความผันผวนมาก ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้แนวโน้มของตลาดผลิตภัณฑ์ถุงมือยางชนิดไนไตรล์มีมูลค่าสูงขึ้น มีการคาดคะเนว่าตลาดถุงมือยางสังเคราะห์ชนิดไนไตรล์ จะเติบโตมากกว่าร้อยละ 6 ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2551 ถึงปี พ.ศ. 2559[1]

(ข)



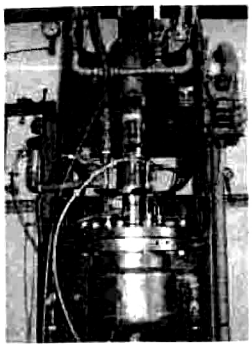
cis-1,4-polyisoprene

ภาพที่ 1 (ก) ต้นยางพารา (Hevea brasiliensis)
(ข) สูตรโครงสร้างของ cis-1,4-polyisoprene องค์ประกอบหลักในน้ำยางธรรมชาติ

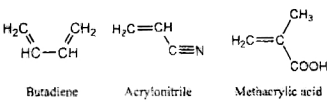
น้ำยางธรรมชาติ (natural latex) และน้ำยางสังเคราะห์ไนไตรล์นั้นมองภายนอกจะเห็นเป็นลักษณะคล้ายน้ำนม สีขาวข้นหรือขาวครีมเหมือนกัน น้ำสีขาวข้นนี้ที่จริงแล้วคืออนุภาคยาง (rubber particles) ทรงกลมขนาดเล็ก (50-1500 นาโนเมตร) กระจายตัวอยู่ในตัวกลางซึ่งมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นน้ำ อนุภาคของยางธรรมชาตินั้น ร้อยละ 94 โดยน้ำหนักเป็นโมเลกุลของพอลิไอโซพรีน (polyisoprene) (ภาพที่ 1ข) ส่วนที่เหลือประกอบด้วยสารปนเปื้อนทางธรรมชาติ เช่น โปรตีน ร้อยละ 2.2 ไลปิด (phospholipids และ natural lipids) ร้อยละ 3.4 และสารอื่น ๆ อีกร้อยละ 0.6 มีงานวิจัย[2,3] ระบุว่าโปรตีนและไลปิดมีส่วนอย่างมากที่ทำให้ผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติมีสมบัติเฉพาะตัว เช่น มีความทนต่อแรงดึงและความยืดหยุ่นตัวสูง งานวิจัยนี้สอดคล้องกับการทดลองที่นำถุงมือยางมาทำการล้างเอาโปรตีนออกไปบางส่วน และนำไปทดสอบค่าความทนต่อแรงดึงและความยืดตัว ผลการทดสอบพบว่า ถุงมือหลังการลดโปรตีนมีความแข็งแรงและความยืดหยุ่นลดลงอย่างเห็นได้ชัด (ดรุณี วัชราเรืองวิทย์, 2544) ดังนั้นผู้ใช้ที่ไม่มีปัญหาการแพ้โปรตีนจึงนิยมใช้ถุงมือยางที่ทำจากน้ำยางธรรมชาติโดยเฉพาะแพทย์ผ่าตัดที่ต้องการถุงมือที่กระชับและอ่อนนุ่มขณะปฏิบัติงาน

น้ำยางไนไตรล์ทำมาจากการสังเคราะห์พอลิเมอร์ด้วยวิธีอิมัลชัน (emulsion polymerisation) ในรีแอคเตอร์แบบทนความดันสูง (ภาพที่ 2 ก) โดยมีสารตั้งต้นหลักคือบิวตะไดอีน (butadiene) ในปริมาณร้อยละ 60-70 อะคริโลไนไตรล์ (acrylonitrile) ร้อยละ 20-30 และเมตาคริลิก แอซิด (methacrylic acid) ในปริมาณน้อยกว่าร้อยละ 10 สูตรโครงสร้างของสารตั้งต้นทั้งสามแสดงในภาพที่ 2 ข

* นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม



ภาพที่ 2 (ก) รีแอคเตอร์แบบทนความดันสูงใช้ในการสังเคราะห์น้ำยางไนไตรล์



ภาพที่ 2 (ข) สารตั้งต้นในการผลิตน้ำยางสังเคราะห์ชนิดไนไตรล์

ถุงมือยางทางการแพทย์เป็นผลิตภัณฑ์จากการนำน้ำยางมาผสมกับสารช่วยให้ยางเชื่อมประสานกัน (cross-linking agent) แล้วขึ้นรูปบนแม่แบบรูปมือที่อุณหภูมิสูงประมาณ 100 ถึง 120 องศาเซลเซียส สารเชื่อมประสานที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ถุงมือยางธรรมชาติคือซัลเฟอร์ (sulfur) ส่วนในถุงมือยางไนไตรล์คือโลหะอ๊อกไซด์ เช่น ซิงค์อ๊อกไซด์ (ZnO) เมื่อน้ำระเหย อนุภาคของยางจะเคลื่อนที่มาใกล้กันและเชื่อมประสานกันในที่สุด กลไกการเกิดฟิล์มบนแม่แบบระหว่างที่น้ำเริ่มระเหยจนแห้งนั้นซับซ้อนและมีความสำคัญมากต่อสมบัติต่าง ๆ ของถุงมือยาง ในยางธรรมชาติสารซัลเฟอร์จะทำหน้าที่เชื่อมประสานพอลิเมอร์แต่ละสายที่พันธะคู่ของพอลิไอโซพรีนทำให้เกิดโครงข่าย (network) ที่แข็งแรง เนื่องจากโครงสร้างของ 1,4-พอลิไอโซพรีนเป็นแบบไม่สมมาตรเมื่อถูกดึงยืด โครงข่ายของสายโซ่พอลิเมอร์จะยืดตัวได้มากไม่ล็อคตัว เมื่อเปรียบเทียบกับยางไนไตรล์การสร้างโครงข่ายนั้นแตกต่างกันมาก ในยางไนไตรล์นั้นอนุภาคของซิงค์จากซิงค์อ๊อกไซด์จะสร้างโครงข่ายแบบไอออนิค (ionic cross-linking) กับกลุ่มคาร์บอกซิเลต (carboxylate, $RCOO^-$) ที่ผิวของอนุภาคยาง เนื่องจากโครงสร้างของบิวตะไดอีนซึ่งเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ในน้ำยางเป็นแบบสมมาตร เมื่อถูกดึงยืดโครงข่ายของสายโซ่พอลิเมอร์จะล็อคตัวจากกระบวนการรีคริสตอลไลเซชัน (recrystallisation) ค่าความยืดของถุงมือยางไนไตรล์ จึงต่ำกว่ายางธรรมชาติ

การปรับปรุงสมบัติของผลิตภัณฑ์ถุงมือยาง ส่วนใหญ่โรงงานผลิตจะเน้นการปรับปรุงสูตรการผลิตเนื่องจากง่ายไม่ซับซ้อนและเห็นผลเร็ว งานวิจัยในระดับโมเลกุลเริ่มมีการนำมาใช้มากในปัจจุบันและส่วนใหญ่จะเป็นความร่วมมือระหว่างโรงงานผู้ผลิตกับหน่วยงานทางการศึกษาซึ่งมีความรู้และบุคลากรพร้อมกว่า ในขณะที่ผู้ผลิตถุงมือยางธรรมชาติต้องมีต้นทุนเพิ่มในส่วนที่ต้องลดความเสี่ยงต่อการแพ้โปรตีนในถุงมือให้ผู้บริโภค เช่น การหันไปใช้น้ำยางโปรตีนต่ำ (deprotonised latex) มาผลิตถุงมือแทน ผู้ผลิตถุงมือยางชนิดไนไตรล์ก็เร่งวิจัยพัฒนาเพื่อปรับปรุงสมบัติบางประการ (เช่นความอ่อนนุ่ม) ในระดับโมเลกุลเพื่อเพิ่มจุดเด่นให้แข่งขันได้กับถุงมือยางธรรมชาติ แต่เนื่องจากสภาพตลาดปัจจุบันยังขยายตัวได้สูง การแข่งขันแย่งชิงตลาดจึงยังไม่รุนแรงมากนัก ในอนาคตหากตลาดอิ่มตัว ถุงมือยางไนไตรล์จะเป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าจับตามองในฐานะคู่แข่งสำคัญของถุงมือยางธรรมชาติซึ่งผลิตและส่งออกมากในประเทศไทย

โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม กลุ่มงานเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ ให้บริการทดสอบสมบัติทางกายภาพของถุงมือยางทางการแพทย์ตามมาตรฐาน มอก.1056-2548 และ ISO 11193-1 ซึ่งเป็นการทดสอบที่ได้รับการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 นอกจากนี้ยังให้บริการวิเคราะห์ปริมาณแป้งตามมาตรฐาน ASTM D6124 และการวิเคราะห์โปรตีนตามมาตรฐาน ASTM D5712 และ EN 455-3 อีกด้วย สนใจติดต่อที่กลุ่มงานเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม โทรศัพท์ 0 2201 7160-1

เอกสารอ้างอิง

Carretero-Gonzalez, J., et al. Molecular dynamics of natural rubber as revealed by dielectric spectroscopy: The role of natural cross-linking. **Soft Matter**, 2010, vol.6, no.15, p.3636-3642.

Global rubber gloves market: An analysis - Market research reports on Aarkstore enterprise. 2009. [online] [cite dated 4 November 2010] Available from internet : http://www.aarkstore.com/reports/Global-Rubber-Gloves-Market-An-Analysis-12679.html.

Toki, S., et al. Multi-scaled microstructures in natural rubber characterized by synchrotron x-ray scattering and optical microscopy. **Journal of Applied Polymer Science B. Polymer Physic**, 2008, vol.46, no.22, p.2456-2464.