



รายงานการวิจัย
เรื่อง

การสังเคราะห์ยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยพอลิเมทิลเมทาไครเลตที่มีอนุภาค
นาโนซิลเวอร์สำหรับผลิตถุงมือลดการแพ้ยางและยับยั้งจุลินทรีย์
Synthesis of Natural Rubber Grafted with PMMA Doped Silver
Nanoparticles for Anti-Allergy and Antimicrobial Latex Gloves
Production

ผศ.ดร.ฐิตินาถ สุกนเขตร์
ดร.นครินทร์ ศรีสุวรรณ
นายวีรชน ภูหินกอง

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
2560
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต



รายงานการวิจัย
เรื่อง

การสังเคราะห์ยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยพอลิเมทิลเมทาโครเลตที่มีอนุภาค
นาโนซิลเวอร์สำหรับผลิตถุงมือลดการแพ้ยางและยับยั้งจุลินทรีย์

Synthesis of Natural Rubber Grafted with PMMA Doped Silver
Nanoparticles for Anti-Allergy and Antimicrobial Latex Gloves
Production

ผศ.ดร.จิตินาถ สุขนเขตร์

(คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)

ดร.นครินทร์ ศรีสุวรรณ

(สถาบันนวัตกรรมเทคโนโลยีไทย-ฝรั่งเศส)

นายวีรชน ภูหินกอง

(คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ปีงบประมาณ 2559)

หัวข้อวิจัย	การสังเคราะห์ยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยพอลิเมทิลเมทาไครเลตที่มีอนุภาคนาโนซิลเวอร์สำหรับผลิตถุงมือลดการแพ้ยางและยับยั้งจุลินทรีย์
ผู้ดำเนินการวิจัย	ผศ.ดร.ฐิตินาถ สุคนเขตร์ ดร.นครินทร์ ศรีสุวรรณ นายวีรชน ภูหินกอง
หน่วยงาน	หลักสูตรอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
ปี พ.ศ.	2560

การแพ้โปรตีนน้ำยางธรรมชาติจัดเป็นปัญหาสำคัญของผู้ป่วยและบุคลากรทางการแพทย์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาถุงมือทางการแพทย์แบบใหม่จากน้ำยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยพอลิเมทิลเมทาไครเลต และอนุภาคนาโนซิลเวอร์ที่อัตราส่วนต่างๆ ในขั้นตอนเดียว การศึกษาผลการกราฟต์ของพอลิเมทิลเมทาไครเลตลงบนโครงสร้างของยางธรรมชาติจะศึกษาผลที่มีต่อการเพิ่มความขรุขระที่ผิวหน้าของยาง และการลดผิวสัมผัสระหว่างฟิล์มยางและผิวหนังลง การตรวจสอบโครงสร้างของพอลิเมทิลเมทาไครเลตจะใช้เทคนิคเอทีอาร์ไออาร์ และการตรวจสอบความขรุขระที่ผิวหน้าของยางจะศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบเลเซอร์ การเติมอนุภาคนาโนซิลเวอร์ลงในน้ำยางธรรมชาติจะช่วยสร้างสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ขนาดและการกระจายตัวของอนุภาคนาโนซิลเวอร์ที่ผิวหน้ายางจะศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด และทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียชนิดแกรมลบและแกรมบวก คือ เชื้ออีโคไล และเชื้อสเตฟิโลคอคคัส ออเรียส จากการศึกษาพบว่าอัตราส่วนของยางธรรมชาติต่อพอลิเมทิลเมทาไครเลตที่ให้ค่าความขรุขระที่ผิวสูงสุด 90 ต่อ10 และการเติมอนุภาคนาโนซิลเวอร์ลงในน้ำยางธรรมชาติที่กราฟต์ด้วยพอลิเมทิลเมทาไครเลต จะช่วยเพิ่มสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้

Research Title	Synthesis of Natural Rubber Grafted with PMMA Doped Silver Nanoparticles for Anti-Allergy and Antimicrobial Latex Gloves Production
Researcher	Thitinat Sukonket, Ph.D. Nakarin Srisuwan, Ph.D. Veerachon Phuhinkong
Organization	Occupational Health and Safety Science Faculty of Science and Technology Suan Dusit University
Year	2016

Natural rubber latex allergy is the important problem for the patients and health care workers. This research aims to develop the novel medical gloves from natural rubber latex grafted with the various ratios and concentrations of PMMA and silver nanoparticles in the one step process. The polymerization of methyl methacrylate (MMA) onto the structure of natural rubber (NR) was studied in order to increase the surface roughness of rubber and also decrease the contact surface between rubber film and skin. The presence of PMMA on the natural rubber structure was examined by Attenuated Total Reflection Infrared Spectroscopy (ATR-IR). The surface roughness was observed by Laser Microscope. Silver nanoparticles are formed in natural rubber matrix in order to increase the antibacterial properties. The particle size and particle distribution of silver nanoparticles were characterized using Scanning Electron Microscopy (SEM). The antibacterial activities were tested against Gram-positive *Staphylococcus Aureus* and Gram-negative *Escherichia Coli* (*E. coli*) bacteria. It was found that the highest surface roughness of natural rubber composited with PMMA is showed at the ratio 90:10 of NR:PMMA. The incorporation of silver nanoparticles into composited natural rubber latex can enhance the antibacterial activities.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากคณะผู้วิจัยได้รับความช่วยเหลือ ดูแลเอาใจใส่ เป็นอย่างดีจากหลาย ๆ ฝ่าย คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิในการแนะนำและตรวจสอบคุณภาพ ของงานวิจัย ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญและบุคลากรของสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ทุกท่าน ที่สละเวลาในการตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องของการเขียนงานวิจัย ตรวจทานความถูกต้อง ของภาษาและพิจารณาความเหมาะสมของเนื้อหาและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ บุคลากรและคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือ ในการทำวิจัย คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสวนดุสิตที่สนับสนุนทุนการวิจัยในครั้งนี้ คณะผู้วิจัย รู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและความปรารถนาดีของท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงขอคุณไว้ในโอกาสนี้

คณะผู้วิจัย

2560

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตการวิจัย	2
คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
ยางธรรมชาติ (Natural rubber)	4
พอลิเมทิลเมทาไครเลต (Polymethyl methacrylate)	11
เงิน (Silver)	12
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15
กรอบแนวคิดในการวิจัย	17
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	18
สารเคมี และเครื่องมือวิเคราะห์	18
วิธีการทดลอง	19
การสังเคราะห์น้ำยางคอมพาวด์	19
การสังเคราะห์น้ำยางธรรมชาติกราฟต์ด้วย PMMA	20
การสังเคราะห์น้ำยางธรรมชาติกราฟต์ที่มีนาโนซิลเวอร์	22
ศึกษาสมบัติการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของน้ำยางธรรมชาติ	22

บทที่ 4	ผลการวิจัย	24
	การศึกษาหมู่ฟังก์ชันของยางธรรมชาติกราฟต์ด้วย PMMA	24
	การศึกษาลักษณะความขรุขระที่ผิวหน้าของยางธรรมชาติที่กราฟต์ด้วย PMMA	25
	การศึกษาลักษณะของอนุภาคนาโนซิลเวอร์	27
	การศึกษาสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของยางธรรมชาติที่มีอนุภาคนาโนซิลเวอร์	28
บทที่ 5	สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	30
	สรุปผลการวิจัย	30
	อภิปรายผล	30
	ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้	31
	ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป	31
บรรณานุกรม		33
	บรรณานุกรมภาษาไทย	33
	บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ	33
ภาคผนวก		36
ประวัติผู้วิจัย		40

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ตัวอย่างสูตรเคมี สำหรับอุตสาหกรรมจุ่ม (ถุงมือแพทย์)	7
2.2	มิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของถุงมือสำหรับตรวจโรค	9
2.3	คุณลักษณะเกี่ยวกับแรงดึงและเกณฑ์ที่กำหนดของถุงมือสำหรับตรวจโรค	10
3.1	สูตรน้ำยาคอมพาวด์	20
4.1	ความขรุขระที่ผิวหน้าของยางธรรมชาติที่กราฟต์ด้วย PMMA	25

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า	
2.1	cis-1,4-polyisoprene	4
2.2	กระบวนการผลิตถุงมือยาง	8
2.3	โครงสร้าง Poly (methyl methacrylate)	11
2.4	การสังเคราะห์ Poly (methyl methacrylate)	11
2.5	โลหะเงิน	12
2.6	กลไกของของซิลเวอร์ไอออนต่อเชื้อจุลินทรีย์	13
3.1	กลไกการกราฟต์ยางธรรมชาติด้วย PMMA	21
3.2	กล้องจุลทรรศน์แบบเลเซอร์	21
3.3	กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	22
3.4	วิธีการทดสอบด้วยวิธีการแพร่ผ่านในหลุมวุ้น (Agar well diffusion)	23
4.1	ATR-IR สเปกตรัมของ ยางคอมพาวด์ PMMA และยางคอมพาวด์ที่มี PMMA	24
4.2	ลักษณะผิวหน้าของ NR: PMMA: 80:20	26
4.3	ลักษณะผิวหน้าของ (a) ยางธรรมชาติ (b) NR: PMMA: 95:5 (c) NR: PMMA: 90:10 และ (d) NR: PMMA: 80:20	26
4.4	SEM images ของ NR: PMMA: 90:10 ที่มีปริมาณซิลเวอร์ต่างๆ (a1, a2) 0.5% (b1, b2) 0.75% และ (c1, c2) 1.0%	27
4.5	สมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย E. coli และ S. aureus ของยางธรรมชาติ ยางธรรมชาติกราฟต์ PMMA และยางธรรมชาติกราฟต์ PMMA ที่มีอนุภาคนาโนซิลเวอร์ โดย C ₁ = Control NR, C ₂ = Control NR: PMMA, 1= 0.5%w/w Ag, 2= 0.75% w/w Ag, และ 3= 1.0% w/w Ag	28
ก.1	SEM images SEM mapping และ SEM-EDX ของ NR: PMMA: 90:10 ที่มีปริมาณซิลเวอร์ 0.5%	35
ก.2	SEM images SEM mapping และ SEM-EDX ของ NR: PMMA: 90:10 ที่มีปริมาณซิลเวอร์ 0.75%	36
ก.3	SEM images SEM mapping และ SEM-EDX ของ NR: PMMA: 90:10 ที่มีปริมาณซิลเวอร์ 1.0%	37

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

ยางธรรมชาติ (natural rubber) ถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือเครื่องใช้ในทางด้านการแพทย์ อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลชนิดต่าง ๆ มากมายหลายชนิด เช่น ถุงมือยาง รองเท้ายาง สายยางยืด สายสวนปัสสาวะ ยางพองน้ำ หน้ากาก (ชญาภา นิยมสุวรรณ, 2550) จากการใช้ผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติที่เพิ่มขึ้นในปัจจุบัน ทำให้คนทั่วไปมีโอกาสสัมผัสกับยางธรรมชาติมากขึ้นด้วยโดยเฉพาะผู้ใช้ถุงมือยางธรรมชาติ ปัญหาสำคัญที่เกิดกับผู้ใช้ถุงมือยางคือ การเกิดปฏิกิริยาภูมิแพ้ต่อโปรตีน (latex allergy) ในน้ำยาง ซึ่งในน้ำยางจะประกอบด้วยโครงสร้างของพอลิไอโซพรีน ซึ่งปกคลุมด้วยชั้นบางๆ ของโมเลกุลโปรตีน โดยโมเลกุลของโปรตีนในน้ำยางนี้มีความหลากหลายแตกต่างกันขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของกรดอะมิโน จากการรายงานมีชนิดของอะมิโนที่แตกต่างกันถึง 316 ชนิด (Abu Bakar N.H.H., 2007) อาการแพ้ น้ำยางธรรมชาติมีตั้งแต่ผิวหนังอักเสบ เป็นผื่นแดง เกิดลมพิษ คัน รวมทั้งภาวะหอบหืด ไปจนถึง ปฏิกิริยาการแพ้อย่างรุนแรงเฉียบพลัน ซึ่งสามารถทำให้เสียชีวิตได้ อาการภูมิแพ้โปรตีนยางธรรมชาติโดยทั่วไปไม่สามารถรักษาให้หายขาดได้ และเมื่อเป็นแล้ว อาการจะมีแนวโน้มรุนแรงขึ้นและมีภาวะภูมิคุ้มกันไวขึ้น ดังนั้น จึงมักใช้มาตรการควบคุมป้องกัน ซึ่งมุ่งเน้นการหลีกเลี่ยงไม่ให้สัมผัส เลือกใช้ถุงมือยางสังเคราะห์หรือวัสดุอื่นๆ ทดแทน เช่น ถุงมือน้ำยางสังเคราะห์ชนิดไนไตรล์ (nitrile latex) อย่างไรก็ตาม ราคาถุงมือยางสังเคราะห์จะสูงกว่าและมีสมบัติความต้านแรงดึงและความยืดหยุ่นตัวด้อยกว่าถุงมือยางธรรมชาติ ในกระบวนการผลิตจำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่ต้องใช้อุณหภูมิและความดันที่มีราคาแพง และใช้วัตถุดิบที่ได้จากกระบวนการผลิตปิโตรเลียม ดังนั้นการพัฒนาถุงมือยางธรรมชาติที่สามารถช่วยลดอาการแพ้ยางธรรมชาติ ซึ่งเป็นการใช้วัตถุดิบที่ปลูกทดแทนได้ มีราคาถูก มีสมบัติทางกายภาพที่ดี จึงเป็นแนวทางที่ดีในการลดต้นทุนและช่วยผู้ปฏิบัติงานที่แพ้ยางธรรมชาติได้อีกทางหนึ่ง งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาถุงมือยางธรรมชาติสำหรับลดอาการแพ้ยางธรรมชาติ ได้แก่ การเติมแป้ง แต่พบว่าผู้ใช้มีการแพ้แป้งโดยการหายใจเอาฝุ่นแป้งเข้าไปในระบบทางเดินหายใจ มีกลิ่น เกิดเชื้อราและแบคทีเรีย และไม่เหมาะกับการใช้งานเกี่ยวกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ นอกจากนี้ยังมีการแก้ปัญหาด้วยการเติมคลอรีน แต่พบว่าอายุการใช้งานของถุงมือลดลงเนื่องจากการลดสารเติมแต่ง และสีของถุงมือเข้มไม่น่าใช้งานเนื่องจากการเติมคลอรีน (ชญาภา นิยมสุวรรณ 2550) เพื่อเป็นการลดการสัมผัสระหว่างผิวหนังกับถุงมือยาง เมื่อไม่นานมานี้จึงได้มีการวิจัยที่ทำการเคลือบอนุภาคพอลิเมอร์บนผิวยางธรรมชาติ ได้แก่ การเคลือบพอลิเมทิลเมทาไครเลต: PMMA (Sruanganurak A., 2006), (Anachungsuk W., 2010) และเคลือบ PMMA/Chitosan (Kanjathaworn N., 2013) การทดลองพบว่า ความแข็งและความขรุขระที่ผิวหน้าของแผ่นฟิล์มยางธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น แต่ความเสียดทานที่ผิวสัมผัสลดลง จึงสามารถลดการสัมผัสระหว่างผิวหนังกับยางธรรมชาติได้ จึงลดอาการแพ้ยางธรรมชาติได้และช่วยลดแรงเสียดทานในการสวมใส่จึงใส่ได้สบายยิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ถุงมือยางธรรมชาติที่เคลือบอนุภาคของพอลิเมอร์นั้นยังมีการผลิตเชิงการค้าน้อย เพราะมีราคาแพง

ดังนั้นการลดการแพ้โปรตีนน้ำยางธรรมชาติจึงมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้บุคลากรที่มีโอกาสสัมผัสกับเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ แพทย์ พยาบาล ผู้ที่ทำงานกับสัตว์ และอาหาร จะสามารถติดเชื้อได้ง่ายแม้จะสวมถุงมือขณะทำงานแล้วก็ตาม ดังนั้นจึงมีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการใช้อุณหภูมิของโลหะเงินมาใช้ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในพอลิเมอร์และยางธรรมชาติ (Abu Bakar et.al, 2007, 2010), (Guidelli E.J., 2011), (Rathnayake W.G.I.U., 2012), (Lyutakov O., 2015) ซึ่งพบว่าอนุภาคซิลเวอร์ที่มีขนาดเล็กระดับนาโนสามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ประเภทแบคทีเรียและเชื้อราได้

ในงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจจะสังเคราะห์ยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยพอลิเมทิลเมทาโครเลตที่มีอนุภาคนาโนซิลเวอร์ ในรูปแบบอิมัลชัน เพื่อให้ได้ยางกราฟต์พอลิเมอร์ที่มีอนุภาคนาโนซิลเวอร์ที่สามารถขึ้นรูปเป็นถุงมือยางได้ โดยยางกราฟต์พอลิเมอร์ที่ได้จะถูกตรวจสอบสมบัติทางผิว ได้แก่ ความแข็ง ความขรุขระ การกระจายตัวของพอลิเมอร์และอนุภาคนาโนซิลเวอร์ ศึกษาสมบัติการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ และศึกษาสมบัติเชิงกลสำหรับการใช้งานเป็นถุงมือยางทางการแพทย์ ผลการวิจัยที่ได้สามารถนำไปใช้พัฒนาถุงมือยางธรรมชาติเพื่อป้องกันการแพ้ยางธรรมชาติและยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อสังเคราะห์ยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยพอลิเมทิลเมทาโครเลตที่มีอนุภาคนาโนซิลเวอร์ที่มีผิวสัมผัสลดลงและยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์เหมาะสำหรับการนำไปผลิตถุงมือ

ขอบเขตการวิจัย

สังเคราะห์ยางธรรมชาติจากน้ำยางชั้น 60% เป็น 3 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติ ยางธรรมชาติ กราฟต์ด้วยพอลิเมทิลเมทาโครเลต และยางธรรมชาติยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยพอลิเมทิลเมทาโครเลตที่มีอนุภาคซิลเวอร์นาโน และศึกษาเปรียบเทียบสมบัติเชิงผิว และการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ ของถุงมือทั้ง 3 ชนิด

คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย

น้ำยางธรรมชาติ คือวัสดุพอลิเมอร์ที่มีต้นกำเนิดจากของเหลวของพืชบางชนิด ซึ่งมีลักษณะเป็นของเหลวสีขาว คล้ายน้ำนม มีสมบัติเป็นคอลลอยด์ อนุภาคเล็ก มีตัวกลางเป็นน้ำ

อนุภาคนาโนซิลเวอร์ อนุภาคเงินขนาดเล็กที่มีพื้นที่ผิวมากทำให้โอกาสการสัมผัสกับเชื้อจุลินทรีย์มีมากเป็นผลให้มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มสูงขึ้น

พอลิเมทิลเมทาโครเลต เป็นเทอร์โมพลาสติกชนิดหนึ่ง พลาสติกชนิดนี้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานหลายอย่าง เช่น กระจกใสบนเครื่องบิน ป้ายโฆษณา กระจกตู้ปลา วัสดุทางการแพทย์ เป็นต้น เนื่องจากวัสดุมีสมบัติโดดเด่นในเรื่องความเหนียว (toughness) ความโปร่งใส (transparent) สามารถขึ้นรูปได้ง่าย

การแพ้ถูงมือยางธรรมชาติ เป็นการแพ้ที่เกิดจากการแพ้โปรตีนในยางธรรมชาติ ที่ใช้ทำถูงมือ และอุปกรณ์เครื่องใช้ที่เป็นยาง ผู้ที่มีความเสี่ยงสูงต่อการแพ้ ได้แก่ บุคลากรทางการแพทย์ ที่ใช้ถูงมือ ยาง ผู้ป่วยที่ต้องใส่สายสวนปัสสาวะบ่อย และผู้ป่วยที่มีผิวหนังอักเสบบริเวณมืออยู่ก่อน อาการมี ตั้งแต่ เกิดผื่น คัน ลมพิษบริเวณที่สัมผัส หรือบวม (angioedema) มีน้ำมูก น้ำตาไหลไปจนถึงเป็น หอบ หืด และถ้าเป็นมากอาจทำให้เสียชีวิตได้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

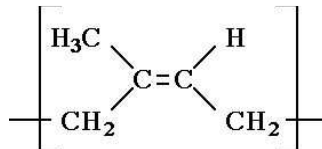
ได้ผลิตภัณฑ์ถูงมือยางที่มีสมบัติเชิงผิวซึ่งมีแนวโน้มในการลดการสัมผัสกับผิวหนังเพื่อลด การแพ้โปรตีนน้ำยางและยังยั้งเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อบุคลากรทางการแพทย์หรือผู้ที่แพ้ ถูงมือยางแต่มีความจำเป็นต้องใช้ถูงมือยางในการทำงาน และได้ผลิตภัณฑ์ที่ส่งเสริมการใช้ยางใน ประเทศ พัฒนาผลผลิตจากยางพาราในประเทศให้เกิดมูลค่าสูงสุด

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ยางธรรมชาติ (Natural Rubber)

ยางธรรมชาติมีชื่อทางเคมี คือ cis-1,4-polyisoprene กล่าวคือ มี isoprene (C_5H_8)_n โดยที่ n มีค่าตั้งแต่ 15,000 -20,000 ยางธรรมชาติเป็นโพลิเมอร์ที่มีสมบัติเด่นหลายประการ เช่น มีสมบัติเชิงกลดีมีความยืดหยุ่น (elastic) สูง มีความเหนียว (toughness) มีความต้านทานต่อการขัดถู (abrasion resistance) สูง และสามารถยึดติดกับวัสดุอื่น เช่น โลหะและสิ่งทอได้ดีจึงสามารถนำไปใช้งานทางวิศวกรรมได้หลากหลายมากขึ้น อุตสาหกรรมยางประกอบด้วยอุตสาหกรรม 2 ส่วน คือ อุตสาหกรรมต้นน้ำซึ่งผลิตวัตถุดิบ และอุตสาหกรรมปลายน้ำซึ่งผลิตผลิตภัณฑ์ (วารสารณ์ ขจรไชยกุล, 2549)



ภาพที่ 2.1 cis-1,4 polyisoprene

ที่มา: Polymer Processing.com. 2001

เนื่องจากส่วนประกอบของยางธรรมชาติเป็นไฮโดรคาร์บอนที่ไม่มีขั้ว ดังนั้น ยางจึงละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว เช่น เบนซีน เฮกเซน เป็นต้น โดยทั่วไปยางธรรมชาติมีโครงสร้างการจัดเรียงตัวของโมเลกุลแบบอสัณฐาน (amorphous) แต่ในบางสภาวะโมเลกุลของยางสามารถจัดเรียงตัวค่อนข้างเป็นระเบียบที่อุณหภูมิต่ำหรือเมื่อถูกยืด มันจึงสามารถเกิดผลึก (crystallize) ได้ การเกิดผลึกเนื่องจากอุณหภูมิต่ำ (low temperature crystallization) จะทำให้ยางแข็งมากขึ้น แต่ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น ยางก็จะอ่อนลงและกลับสู่สภาพเดิม ในขณะที่การเกิดผลึกเนื่องจากการยืดตัว (strain induced crystallization) ทำให้ยางมีสมบัติเชิงกลดี นั่นคือ ยางจะมีความทนทานต่อแรงดึง (tensile strength) ความทนทานต่อการฉีกขาด (tear resistance) และความทนทานต่อการขัดสี (abrasion resistance) สูง

ยางธรรมชาติถูกนำไปใช้งานทางวิศวกรรมได้หลากหลายมากขึ้น อุตสาหกรรมยางประกอบด้วยอุตสาหกรรม 2 ส่วน คือ อุตสาหกรรมต้นน้ำซึ่งผลิตวัตถุดิบ และอุตสาหกรรมปลายน้ำซึ่งผลิตผลิตภัณฑ์ยางแปรรูปขึ้นต้นได้มาจากวัตถุดิบ คือ น้ำยางสดที่ได้จากการกรีตต้นยางพารา มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาว คล้ายน้ำมัน ต้องเติมสารรักษาสภาพน้ำยางไม่ให้น้ำยางจับตัวเป็นก้อนก่อนเวลาที่ต้องการ ซึ่งการนำน้ำยางสดมาแปรรูปเป็นยางแปรรูปขึ้นต้นสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. ยางแห้ง แบ่งตามกรรมวิธีการผลิตเป็น 3 ประเภท คือ

1.1 ยางแบบธรรมดา ผลิตโดยวิธีดั้งเดิม ได้แก่ ยางแผ่นรมควัน ยางแผ่นผึ่งแห้ง ยางเครพ

1.2 ยางแบบระบุคุณภาพมาตรฐาน ผลิตโดยมีเงื่อนไขการระบุคุณภาพมาตรฐาน ตามสากล ได้แก่ ยางแท่งมาตรฐาน

1.3 ยางแบบอื่นๆ ที่มีวิธีการผลิตเฉพาะตัว เพื่อให้ได้ผลผลิตเหมาะสมกับงานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ชนิดใด ชนิดหนึ่งโดยเฉพาะ หรือเพื่อวัตถุประสงค์จะปรับปรุงสมบัติบางประการของยางธรรมชาติ ได้แก่ ยางที่มีความหนืดคงที่ ยางเทอร์โมพลาสติก ยางอีพอกซีไดซ์ยางผง ยางเหลว เป็นต้น

2. ของเหลว ได้แก่ น้ำยางข้น ซึ่งมี 2 ประเภท คือ

2.1 น้ำยางข้นธรรมดาที่ไม่ผ่านการดัดแปรด้วยสารเคมีหรือวิธีการใดๆ เพื่อให้โมเลกุลของยางเปลี่ยนไป

2.2 น้ำยางข้นที่ผ่านกระบวนการดัดแปรด้วยสารเคมีหรือการฉายรังสีให้โมเลกุลของยางเปลี่ยนแปลง เรียกว่า “น้ำยางคงรูป” หรือ “น้ำยางพรีวัลคาไนซ์” ผลิตภัณฑ์ยาง

อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางจัดเป็นอุตสาหกรรมปลายน้ำ แบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่ม ได้แก่

1. กลุ่มยางล้อยานยนต์ ประกอบด้วยยางล้อรถยนต์รถบรรทุก รถใช้ในอุตสาหกรรม และการเกษตร รถจักรยานยนต์และรถจักรยาน และยางล้อเครื่องบิน

2. กลุ่มผลิตภัณฑ์ยางใช้ในงานวิศวกรรมหรือใช้ในอุตสาหกรรม ประกอบด้วยชิ้นส่วนยานยนต์ชิ้นส่วนยางอุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์ยางใช้ในงานก่อสร้าง สายพาน ท่อยางและลูกกลิ้งยาง

3. กลุ่มผลิตภัณฑ์ยางจากน้ำยางข้น ประกอบด้วยถุงมือ ถุงยางอนามัย เส้นด้ายยางยืด/เส้นด้ายยางยืด ลูกโป่งและอุปกรณ์ที่ใช้ในทางการแพทย์ เช่น สายสวนปัสสาวะ สายน้ำเกลือ

4. กลุ่มผลิตภัณฑ์ยางอื่นๆ ประกอบด้วยรองเท้ายาง พื้นรองเท้ายาง รางรถของผลิตภัณฑ์กีฬาและของเล่น เป็นต้น

น้ำยางข้น (concentrated latex) เนื่องจากน้ำยางสดที่กรีตได้จากต้นยางมีปริมาณน้ำมากเกินไป ไม่เหมาะที่จะนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์และยัง เปลืองค่าใช้จ่ายในการขนส่ง จึงต้องนำ น้ำยางที่ได้นี้ไปผ่านกระบวนการปั่นเหวี่ยง (centrifugation) เพื่อลดปริมาณน้ำ ในน้ำยางสดจนกระทั่งได้น้ำยางที่มีปริมาณเนื้อยางแห้งเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 30 เป็นร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก น้ำยางที่ได้นี้ เรียกว่า น้ำยางข้น (concentrated latex) โดยจะต้องเติมสารรักษาสภาพ เช่น แอมโมเนีย หรือ แอมโมเนียมร่วมกับสารอื่นลงไปเพื่อป้องกันการบูดเน่าของน้ำยาง ทำให้น้ำยางสามารถเก็บไว้ได้นาน

ชนิดและการใช้งานถุงมือยางของไทย

เนื่องจากรูปแบบการบริโภค หรือการใช้งานถุงมือยาง มีหลายแบบ เช่น ใช้ในวงการแพทย์ หรือในอุตสาหกรรม หรือแม้แต่ในครัวเรือน จึงทำให้ผู้ผลิตถุงมือยางต้องผลิตถุงมือยางตามความต้องการตลาดซึ่งสามารถแบ่งประเภทของถุงมือยางตามลักษณะการใช้งานได้ 3 ประเภท คือ ถุงมือยางที่ใช้ทางการแพทย์ ถุงมือยางที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม และถุงมือยางในครัวเรือน ดังนี้

1. ถุงมือยางที่ใช้ในทางการแพทย์ (medical gloves) โดยปกติถุงมือยางที่ใช้สำหรับทางการแพทย์ยังสามารถแบ่งได้อีก 2 แบบ คือ

1.1 ถุงมือยางที่ใช้ในงานผ่าตัด (surgical gloves) หรือทางศัลยกรรม จะมีลักษณะเนื้อบางเหนียวและยาวถึงข้อศอก มีความแข็งแรงและต้องผ่านการฆ่าเชื้อ 100% โดยเครื่องแกมมาเรย์ การบรรจุหีบห่อมีความประณีตสะดวกเวลาแกะใช้ ปกติใช้เพียงครั้งเดียวแล้วทิ้งวัสดุที่ใช้คือน้ำยางธรรมชาติเป็นหลัก และเทคโนโลยีการผลิตค่อนข้างสูงเพราะต้องการถุงมือยางที่มีความสะอาดและคุณภาพสูง

1.2 ถุงมือยางที่ใช้ในงานตรวจโรคทั่วไป (examination gloves) เป็นถุงมือที่ใช้ในวงการแพทย์สำหรับใช้ตรวจโรคทั่วไป มีลักษณะบางพร้อมทั้งมีความกระชับมือและสั้นแค่ข้อมือ ไม่แยกข้างซ้าย หรือข้างขวา ใช้เพียงครั้งเดียวทิ้งโดยไม่มีการนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อป้องกันเชื้อโรคแพร่กระจาย มีทั้งชนิดที่มีแป้งและไม่มีแป้ง การผลิตต้องออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งาน คือ ต้องใส่ได้ง่าย แกะห่อได้อย่างรวดเร็ว และราคาต้องไม่แพง

2. ถุงมือยางสำหรับใช้ในอุตสาหกรรม (industrial gloves) ถุงมือชนิดนี้ ส่วนใหญ่จะมีลักษณะจำเพาะในแต่ละอุตสาหกรรม มีความทนทานต่อการใช้งานเช่น ในด้านงานช่างซึ่งใช้สำหรับตัด เจีย จะมีลักษณะแข็งแรง เทอะทะ หรือแม้แต่ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ จะมีลักษณะบาง กระชับ สวมเฉพาะส่วนหนึ่งของนิ้ว เรียกว่า ถุงนิ้ว หรืออาจใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป การบรรจุหีบห่อไม่จำเป็นต้องสวยงาม

3. ถุงมือยางที่ใช้ในครัวเรือน หรือถุงมือแม่บ้าน (household gloves) ถุงมือชนิดนี้จะมี ความแข็งแรง ทนทาน เนื้อหนากว่าถุงมือยางที่ใช้ในการแพทย์เนื่องจากต้องสัมผัสกับน้ำ ผงซักฟอก หรือน้ำยาทำความสะอาดต่างๆ เป็นถุงมือที่ใช้สำหรับงานบ้าน หรือในครัวเรือน เช่น งานทำความสะอาด งานซักล้าง มีลักษณะแข็งแรง ทนทานอายุการใช้งานยาวนาน สวมใส่สบาย นุ่มมือ มีหลายสีให้เลือก

วัตถุดิบที่นำมาผลิตถุงมือยางของไทย

อุตสาหกรรมถุงมือยางของไทยด้วย ถุงมือยางที่ผลิตในประเทศไทยส่วนใหญ่จะใช้น้ำยางชั้นชนิด 60% เป็นวัตถุดิบ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำยางชั้น โดยทั่วไป กระบวนการผลิตน้ำยางชั้นในประเทศจะใช้หลักการปั่นแยก ด้วยเครื่องปั่นแยก หรือนิยมเรียกว่า การผลิตน้ำยางชั้นด้วยวิธีปั่นแยกด้วยเครื่องเซนตริฟิวส์ เป็นการผลิตน้ำยางชั้นที่มีการใช้กันมากในเชิงพาณิชย์ในปัจจุบัน ซึ่งกระบวนการผลิตน้ำยางชั้น สามารถแยกกระบวนการผลิตออกเป็น

3 กระบวนการใหญ่ คือ กระบวนการรับน้ำยางและเตรียมน้ำยางสด กระบวนการปั่นแยกน้ำยางชั้น และรักษาสภาพ และ กระบวนการผลิตยางสกิม

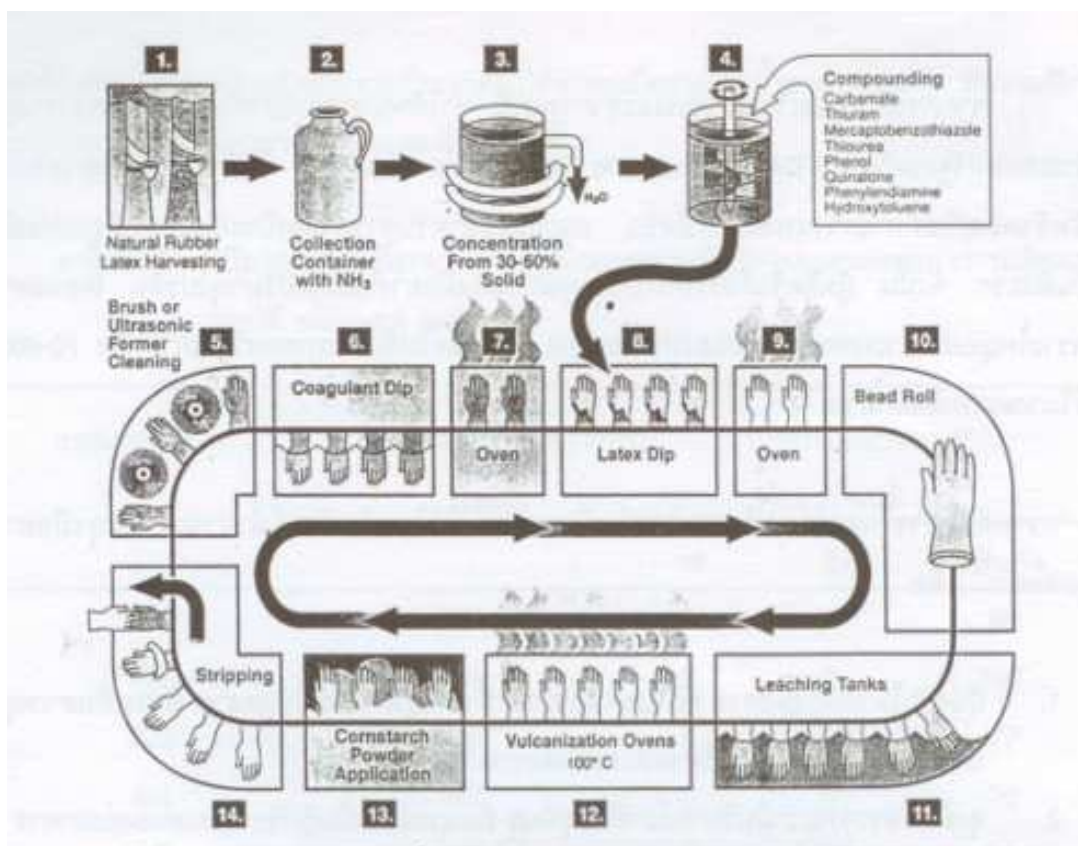
กระบวนการผลิตถุงมือยางของประเทศไทย

กระบวนการผลิตถุงมือยาง เป็นกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์จากกระบวนการจุ่ม (Dipping) กระบวนการจุ่ม หรือเป็นกระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยใช้วิธีการจุ่ม โดยจะนำแบบพิมพ์ (Former) ตามลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ โดยทั่วไปแบบพิมพ์จะทำจาก โลหะ พลาสติก เซรามิก แก้ว อะลูมิเนียม หรือวัสดุอื่น ๆ ที่มีความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ จุ่มลงในน้ำยางคอมปาวด์ (Compound Latex) น้ำยางคอมปาวด์ในอุตสาหกรรมประเภทการจุ่ม จะประกอบด้วยน้ำยางชั้น และสารเคมี ซึ่ง สูตรเคมีจะมีความแตกต่างกันไปตามแต่ละผลิตภัณฑ์ เช่น ตัวอย่างสูตรเคมีสำหรับถุงมือยาง จะ ประกอบด้วยสารเคมีต่าง ๆ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างสูตรเคมี สำหรับอุตสาหกรรมจุ่ม (ถุงมือแพทย์)

สารเคมี	น้ำหนักแห้ง (phr: ส่วนในร้อยของน้ำหนักยางแห้ง)
60% น้ำยางชั้น	100.00
10% KOH	0.30
20% Potassium Laurate	0.20
50% Sulphur	0.50
50% ZDC	0.75
40% SDBE	0.50
40% Wingstay L	0.75
10% ZnO	0.40

ที่มา: ทนงศักดิ์ วัฒนา และศุภัสสรณ์ หลิมเฮงฮะ. 2011



ภาพที่ 2.2 กระบวนการผลิตถุงมือยาง
ที่มา: ทนงค์ศักดิ์ วัฒนา และศุภัสชกรณ์ หลิมเฮงฮะ. 2011

กระบวนการผลิตที่สำคัญได้ คือ กระบวนการล้างแบบฟิมพ์ (former cleaning) ออบแบบฟิมพ์ให้แห้ง (oven 1) การจุ่มสารช่วยจับตัว (coagulant) ออบแห้งสารจับตัว (oven 2) การจุ่มน้ำยางคอมพาวด์ (latex dipping) การอบหมาดฟิล์มถุงมือ (oven 3) การม้วนขอบถุงมือ (beading) การล้างฟิล์มถุงมือ (leaching) การอบแห้ง (oven 4) การจุ่มแป้ง (powder) การอบแห้ง (oven 5) และการถอดถุงมือ (stripping)

มาตรฐานการตรวจสอบถุงมือยางของไทย

มาตรฐานของถุงมือยางสำหรับตรวจโรค สำหรับผลิตและนำเข้าเพื่อขายให้ผู้บริโภคภายในประเทศ ซึ่งอาจทำจากน้ำยางธรรมชาติ หรือยางสังเคราะห์ จะต้องผ่านคุณภาพมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 30) พ.ศ.2547 เรื่องถุงมือสำหรับการตรวจโรค โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) ประเภท โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือถุงมือที่ทำจากยางธรรมชาติและทำจากยางสังเคราะห์

สำหรับผลิตและนำเข้าเพื่อขายให้ผู้บริโภคภายในประเทศ ซึ่งอาจทำจากน้ำยางธรรมชาติ หรือยางสังเคราะห์ จะต้องผ่านคุณภาพมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 30) พ.ศ. 2547 เรื่องถุงมือสำหรับการตรวจโรค โดยมี รายละเอียด ดังนี้ โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ถุงมือที่ทำจากยางธรรมชาติและทำจากยางสังเคราะห์

2) ชนิดถุงมือ โดยแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดปราศจากเชื้อ และไม่ปราศจากเชื้อ

3) มิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ในการพิจารณาความกว้างของฝ่ามือและความยาวของถุงมือยาง ให้อ้างอิงมาตรฐาน มอก.1056-2548 และความหนาของถุงมือยาง โดยความหนาให้อ้างอิงตามมาตรฐาน ISO 4648 และตำแหน่งสำหรับวัดความหนาให้อ้างอิง มาตรฐาน มอก.1056-2548 ซึ่งค่ามิติและความคลาดเคลื่อน ให้อ้างอิงตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2.2 มิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของถุงมือยางสำหรับตรวจโรค

รหัสขนาด	ขนาดระบุ	ความกว้าง (มม.)	ความยาวต่ำสุด (มม.)	ความหนา (ชั้นเดียว) ต่ำสุด (มม.)	ความหนา (ชั้นเดียว) สูงสุด (มม.) (ที่กึ่งกลางฝ่ามือ)
6 และเล็กกว่า 6	เล็กพิเศษ (XS)	≤ 80	220	สำหรับทุกขนาด: บริเวณผิวเรียบ: 0.08	สำหรับทุกขนาด: บริเวณผิวเรียบ: 2.00
6.5	เล็ก (S)	80±5	220		
7	กลาง (M)	85±5	230	บริเวณผิวไม่เรียบ: 0.11	บริเวณผิวไม่เรียบ: 2.03
7.5		95±5	230		
8	ใหญ่ (L)	100±5	230		
8.5		110±5	230		
9 และใหญ่กว่า	ใหญ่พิเศษ (XL)	≥ 110	230		

ที่มา: ทนงศักดิ์ วัฒนา และศุภัสชกรณ์ หลิมเฮงฮะ. 2011

4) การรั้วซึมน้ำ โดยให้อ้างอิงตามมาตรฐาน มอก.1056-2548 ภาคผนวก ก

5) คุณลักษณะเกี่ยวกับแรงดึง ขึ้นตัวอย่างถุงมือที่นำมาทดสอบต้องมีอายุไม่ต่ำกว่า 12 เดือน โดยทำให้เป็นรูป ดรัมเบลล์แบบที่ 2 จำนวนไม่น้อยกว่า 3 ชิ้น จากถุงมือแต่ละข้าง โดยค่าที่ได้ต้องเป็นไปตามค่าในตารางที่ 3

ตารางที่ 2.3 คุณลักษณะเกี่ยวกับแรงดึงและเกณฑ์ที่กำหนดของถุงมือสำหรับตรวจโรค

ประเภทที่ทำจาก	ก่อนบ่มแรง		หลังบ่มแรง	
	แรงดึงเมื่อขาด ต่ำสุด (นิวตัน)	ความยืดเมื่อขาด ต่ำสุด (ร้อยละ)	แรงดึงเมื่อขาด ต่ำสุด (นิวตัน)	ความยืดเมื่อขาด ต่ำสุด (ร้อยละ)
น้ำยางธรรมชาติ	7.0	650	6.0	500
น้ำยางสังเคราะห์	7.0	500	7.0	400

ที่มา: ทนงศักดิ์ วัฒนา และศุภัสชกรณ์ หลิมเฮงฮะ. 2011

6) ความปราศจากเชื้อโรค ถุงมือสำหรับการตรวจโรคชนิดปราศจากเชื้อ ต้องปราศจากเชื้อเมื่อทดสอบตาม USP 26

7) การซักตัวอย่างและเกณฑ์การยอมรับ การซักตัวอย่างและการตรวจสอบถุงมือ ให้เป็นไปตาม ISO 2859-1 ในกรณีไม่ทราบรุ่นให้ถือว่ามิขนาด 35,001-150,000

การแพ้โปรตีนในน้ำยางธรรมชาติ

การแพ้ผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติ อาจเกิดจากการแพ้สารเคมีที่ผสมลงไปในช่วงขั้นตอนการผลิตและการแพ้โปรตีนบางชนิดที่อยู่ในน้ำยางพารา อาการแพ้ดังกล่าวนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

1. Irritant contact dermatitis เป็นการแพ้ที่พบได้บ่อย โดยเฉพาะในกรณีที่ใช้ถุงมือเป็นประจำ ผิวหนังบริเวณที่สัมผัส จะเกิดอาการระคายเคือง แห้ง และคัน

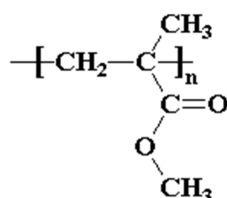
2. Allergic contact dermatitis (delayed hypersensitivity) การแพ้ชนิดนี้เกิดจากสารเคมีที่ผสมลงไปในช่วงขั้นตอนการผลิต อาการจะเกิดขึ้นใน 24-48 ชั่วโมงหลังสัมผัส อาการที่เกิดขึ้นได้แก่ มีผื่นคัน ซึ่งต่อไปอาจจะเป็นตุ่มพองและ ขยายวงกว้างกว่าบริเวณที่สัมผัส

3. Latex allergy (immediate hypersensitivity) เป็นการแพ้ชนิดที่อันตราย เชื่อว่าเกิดจากการกระตุ้นของโปรตีนที่อยู่ในยางพาราเอง อาการจะเกิดเร็วในเวลาเป็นนาทีถึงชั่วโมง เริ่มจากการมีผื่นแดงๆ หรือผื่นคล้ายลมพิษ คัน บางรายมีผลต่อระบบทางเดินหายใจคือ มีน้ำมูกไหล ไอ จาม ระคายเคืองในคอ ในรายที่รุนแรงจะมีอาการหายใจลำบาก หอบหืด และช็อคได้ ซึ่งอาการแพ้ที่เกิดขึ้นจะเหมือนการได้รับพิษจากผึ้งต่อย

การลดการแพ้โปรตีนน้ำยาง

การลดการแพ้โปรตีนในน้ำยางสามารถทำได้หลายวิธี เริ่มจากการควบคุมวัตถุดิบน้ำยางสดที่ใช้ควบคู่กับการควบคุมกระบวนการผลิตในโรงงาน เพื่อให้ได้น้ำยางชั้นที่เหมาะสมสำหรับการผลิตถุงมือที่มีระดับโปรตีนต่ำ เช่น การแยกโปรตีนออกจากน้ำยางสดโดยใช้เอนไซม์ การใช้สารละลายโพแทสเซียม ไฮดรอกไซด์ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และ สารละลายกรดแลคติกเพื่อลดโปรตีนในน้ำยาง นอกจากนี้ยังมีการวิจัยและพัฒนาการปรับสภาพผิวถุงมือยาง เช่น การเติมแป้ง (powdered gloves) การทำคลอรีนชัน (chlorination) หรือการเคลือบผิวด้วยโพลิเมอร์ (polymer coating) เป็นต้น

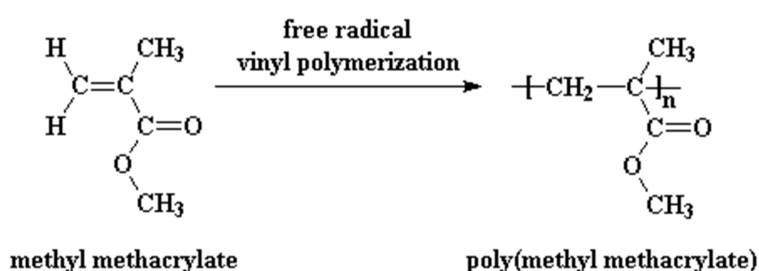
2. พอลิเมทิลเมทาไครเลต Poly(methyl methacrylate)



ภาพที่ 2.3 โครงสร้าง Poly (methyl methacrylate)

ที่มา: Polymer Science Learning Center. 2016

พอลิเมทิลเมทาไครเลต Poly (methyl methacrylate) หรือที่นิยมเรียกกันโดยทั่วไปว่า อะคริลิก (Acrylic) เป็นเทอร์โมพลาสติกที่เตรียมจากเมทิลเมทาไครเลตเลตมอนอเมอร์ด้วยปฏิกิริยาการพอลิเมอไรเซชันแบบลูกโซ่ฟรีแรดิคัล (Free Radical Chain Polymerization)



ภาพที่ 2.4 การสังเคราะห์ Poly (methyl methacrylate)

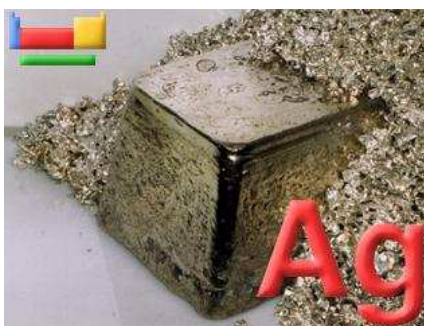
ที่มา: Polymer Science Learning Center. 2016

พอลิเมอร์ชนิดนี้มีความเป็นอสัณฐาน (amorphous) จึงทำให้มีความโปร่งใสคล้ายแก้ว และมีสมบัติแข็ง แต่เปราะ ด้วยสมบัติที่มีความโปร่งใสอีกทั้งยังสามารถย้อมสีได้ง่ายจึงทำให้มีการนำพอลิเมทิลเมทาไครเลตมาใช้ประโยชน์ในงานหลายด้าน เช่น ป้ายโฆษณา กรอบไฟท้ายรถยนต์ เลนส์ กระเบื้องผนังหลังคาชนิดใส และอุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นต้น กระบวนการพอลิเมอไรเซชันของพอลิเมทิลเม

ทาคิริเลต สามารถเตรียมได้หลายแบบได้แก่ แบบสารละลาย (solution polymerization) แบบแขวนลอย (suspension polymerization) แบบอิมัลชัน (emulsion polymerization) และแบบบัลค์ (bulk polymerization) ซึ่งกระบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบบัลค์ เป็นกระบวนการที่ง่ายที่สุด ต้นทุนในการผลิตค่อนข้างต่ำ และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสิ่งเจือปนน้อย โดยทั่วไปมักใช้เตรียมพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างความเป็นอสัณฐานสูง เช่น พอลิสไตรีน พอลิเมทิลเมทาคิริเลต และพอลิไวนิลคลอไรด์ เป็นต้น พอลิเมทิลเมทาคริเลต มีคุณสมบัติทางกลที่ดี สามารถเข้ากันได้ดีกับเนื้อเยื่อในร่างกาย มีความเป็นพิษต่ำ ขั้นตอนการผลิตทำได้ง่าย จึงนำมาใช้ทางการแพทย์อย่างกว้างขวาง

3. เงิน (silver)

เงินเป็นธาตุที่ 2 ของหมู่ IB ในตารางธาตุ จัดเป็นโลหะและโลหะทรานซิชัน มีเลขอะตอม มีเลขมวล 7107.870 amu จุดหลอมเหลว 960.8°C จุดเดือด 2210°C ความหนาแน่น 10.5 g/cc ที่ 20°C เลขออกซิเดชันสามัญ +1



ภาพที่ 2.5 โลหะเงิน

ที่มา: Periodic Table. 2558

การใช้ประโยชน์โลหะเงิน

โลหะเงินใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง พอสรุปได้ดังนี้

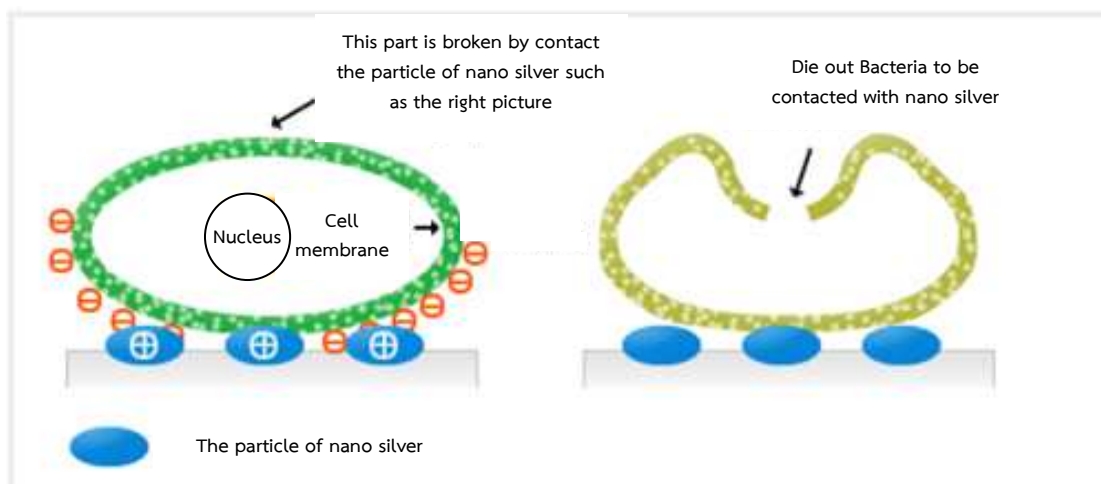
1. ใช้ทำขดลวดแลกเปลี่ยนความร้อน (heat exchange coils) และอุปกรณ์การระเหยท่อลำเลียง
2. ใช้ทำอุปกรณ์สำหรับทำปฏิกิริยาเคมี
3. ใช้เตรียมซิลเวอร์ไนเตรต ซิลเวอร์โบรไมด์ ซึ่งใช้เป็นน้ำยาการถ่ายภาพ
4. ใช้ในอุตสาหกรรมเภสัชภัณฑ์
5. ใช้เป็นตัวเร่ง (catalyst) ในปฏิกิริยาหลายประเภท เช่น ปฏิกิริยาการเตรียมเอทีลิน

ความเป็นพิษของโลหะเงิน

เงินในรูปของธาตุอิสระเป็นพิษไม่มากนัก แต่เกลือส่วนใหญ่เป็นพิษ (เพราะ แอนไอออน) สารประกอบของเงินเมื่อเข้าสู่ร่างกายถูกดูดเข้าสู่ระบบการหมุนเวียนของโลหิตได้ และถูกรีดิวซ์ทำให้โลหะเงินตกค้างตามเนื้อเยื่อต่างๆ ผลก็คือผิวหนังเกิดจุดสีเทา สภาวะเช่นนี้เรียกว่า argyria

อนุภาคซิลเวอร์นาโน

เทคโนโลยีซิลเวอร์นาโน เป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่พัฒนามาจากความรู้ของคนในแถบยุโรป ยุคเก่าที่นำเหรียญเงินแช่ลงในถังน้ำนม เพื่อชะลอการบูดเน่าและสามารถเก็บน้ำนมได้นานกว่าปกติ หรือแม้แต่ในอินเดียก็มีการเก็บอาหารที่เน่าเสียง่ายโดยใช้ภาชนะเงิน แต่ในปัจจุบัน ได้นำนาโนเทคโนโลยีมาร่วมพัฒนาโดยทำให้เงินเป็นอนุภาคเล็กๆ ระดับนาโน หรือ 10^{-9} เท่า เพื่อสามารถแทรกลงไปเนื้อผ้า เคลือบบนผิวหรือนำมาต่อให้เป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์ที่ต้องการ เมื่ออากาศเกิดความชื้น ซิลเวอร์ไอออนจะถูกปล่อยออกมาเกิดกลไกการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์จนตายในที่สุด



ภาพที่ 2.6 กลไกของของซิลเวอร์ไอออนต่อเชื้อจุลินทรีย์

ที่มา: มาริสา คุณธนวงศ์. 2558

ผลึกของซิลเวอร์นาโนหรืออนุภาคเงินขนาดจิ๋วมีพื้นที่ผิวมากทำให้ออกาสการสัมผัสกับเชื้อจุลินทรีย์มีมากเช่นกันเป็นผลให้ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มสูงขึ้น ซิลเวอร์นาโนมีปฏิกิริยาตอบโต้อย่างมากกับโปรตีน จุลินทรีย์มีองค์ประกอบของโปรตีนเป็นองค์ประกอบหลัก ดังนั้นเมื่ออนุภาคเงินขนาดจิ๋วสัมผัสกับจุลินทรีย์ มันจะไปเกาะที่ผนังเซลล์และแทรกเข้าไปภายในโดยจะไปเกาะกับหมู่-SH (sulphydryl) ของเอนไซม์ ซึ่งจะมีผลต่อระบบเมทาโบลิซึมทำให้เกิดการยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์ และเกิดการทำลายระบบหายใจ ระบบขนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการ

เมทาโบลิซึมและระบบขนย้ายซึบสเตรทในเยื่อหุ้มเซลล์ ยิ่งไปกว่านั้น ยังเกิดการยับยั้งการเพิ่มจำนวน และการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการติดเชื้อ กลิ่น อากาโรคัน และการเกิดแผล มีการนำซิลเวอร์ไอออนในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น เสื้อนาโน เจลล้างมือ ฆ่าเชื้อโรคโดยไม่ต้องใช้น้ำ ระบบฟอกอากาศของเครื่องปรับอากาศ หมวกนำไฟฟ้า ที่สามารถประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และวงจรไฟฟ้า แม้กระทั่งอุปกรณ์ด้านไอที เมื่อเร็วๆ นี้ มีการนำเทคโนโลยี nano shield coating มาเคลือบวัสดุผิวหน้าของเมาส์และคีย์บอร์ดเพื่อป้องกันเชื้อแบคทีเรียและเชื้อโรคต่างๆ ที่สะสมมาจากการใช้งานและยังขจัดกลิ่นตลอดอายุการใช้งานอีกด้วย

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปี 2006 Sruanganurak A. และคณะ ได้ทำการเพิ่มความขรุขระและลดแรงเสียดทานที่ผิวของฟิล์มยางธรรมชาติ ก่อนกระบวนการวัลคาไนเซชันด้วยซัลเฟอร์ด้วยการเคลือบด้วยอนุภาคของพอลิเมทิลเมทาไครเลตด้วยเทคนิค Layer by layer (LbL) ก่อนการเคลือบอนุภาคของพอลิเมทิลเมทาไครเลตจะทำการให้ความร้อนและใช้รังสียูวีกระตุ้นให้เกิดการกราฟต์ของฟิล์มยางธรรมชาติกับพอลิอะคริลาไมด์ พบว่าการปกคลุมของอนุภาคพอลิเมทิลเมทาไครเลตบนแผ่นฟิล์มจะขึ้นกับความเข้มข้นและเวลาในการจุ่มแช่แผ่นฟิล์ม ซึ่งสามารถศึกษาการปกคลุมได้โดยใช้เทคนิค SEM ทำการทดสอบตีเชิงกลด้วยการดึงยืด 0-7 รอบ พบว่าการปกคลุมของอนุภาคเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยและสมบัติเชิงกลอยู่ในเกณฑ์การใช้เป็นถุงมือยาง

ในปี 2007 Sruanganurak A. และคณะ ได้ทำการสังเคราะห์อนุภาคของพอลิเมทิลเมทาไครเลต ด้วยเทคนิค Layer by layer (LbL) เพิ่มความขรุขระและลดแรงเสียดทานที่ผิวของฟิล์มยางธรรมชาติ ตรวจสอบการปกคลุมของพอลิเมทิลเมทาไครเลตด้วยเทคนิค SEM พบว่าการปกคลุมของอนุภาคพอลิเมทิลเมทาไครเลตบนแผ่นฟิล์มจะขึ้นกับความเข้มข้นและเวลาในการจุ่มแช่แผ่นฟิล์ม ทำการทดสอบตีเชิงกลด้วยการดึงยืด 0-7 รอบ พบว่าการปกคลุมของอนุภาคเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยและสมบัติเชิงกลอยู่ในเกณฑ์การใช้เป็นถุงมือยาง

ในปี 2010 Anancharungsuk W. และคณะ ได้ทำการลดแรงเสียดทานของยางธรรมชาติ ด้วยการเติมอนุภาคของพอลิเมทิลเมทาไครเลต ความขรุขระที่ผิวหน้าของยางระดับนาโนถูกวิเคราะห์ด้วยเทคนิค AFM ค่าความขรุขระจะเพิ่มขึ้นในขณะที่แรงเสียดทานน้อยลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นและเวลาในการจุ่มแช่ การใช้น้ำยาผสมจะให้อนุภาคที่มีขนาดเล็กและขนาดใหญ่ การมีอนุภาคขนาดเล็กเพิ่มขึ้นจะช่วยให้การกระจายตัวของอนุภาคพอลิเมทิลเมทาไครเลตที่ผิวของยางธรรมชาติดีขึ้นดีขึ้น

ในปี 2010 Anancharungsuk W. และคณะ ได้ทำการเพิ่มความขรุขระที่ผิวของฟิล์มยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยพอลิอะคริลาไมด์ ก่อนกระบวนการวัลคาไนเซชันด้วยซัลเฟอร์ด้วยการเคลือบด้วยอนุภาคของพอลิเมทิลเมทาไครเลตในรูปแบบลาเท็กซ์ เพื่อลดการสัมผัสโดยตรงระหว่างผิวหนังกับแผ่นฟิล์มยาง พบว่าการปกคลุมของอนุภาคพอลิเมทิลเมทาไครเลตบนแผ่นฟิล์มจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการจุ่มแช่แผ่นฟิล์มนานขึ้น ขนาดอนุภาคที่ใช้ใหญ่ขึ้นและความเข้มข้นของพอลิเมทิลเมทาไครเลตเพิ่มขึ้น

ในปี 2013 Kanjanathaworn N. และคณะ ได้ทำการสังเคราะห์พอลิเมทิลเมทาไครเลตที่มีโคโตซานในรูปแบบลาเท็กซ์ โดยการพอลิเมอไรเซชันในรูปอิมัลชันด้วยสารละลาย 1% โคโตซานในกรดแอสติค ได้อนุภาคของพอลิเมทิลเมทาไครเลต-โคโตซาน รูปร่างทรงกลมขนาด 380 นาโนเมตร โดยโคโตซานจะอยู่ชั้นนอกสุดของอนุภาคลาเท็กซ์ พบว่าการเติมพอลิเมทิลเมทาไครเลต-โคโตซานเป็นการเพิ่มความขรุขระที่ผิวของฟิล์มยางธรรมชาติ และการปกคลุมของอนุภาคพอลิเมทิลเมทาไครเลตบนแผ่นฟิล์มจะขึ้นกับความเข้มข้นและเวลาในการจุ่มแช่แผ่นฟิล์ม และฟิล์มยางที่มีพอลิเมทิลเมทาไครเลต-โคโตซานช่วยลด cytotoxicity บนเซลล์ L-929 ได้ จึงช่วยลดการแพ้ได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตถุงมือได้

ในปี 2007 Abu Bakar N.H.H และคณะ ได้ทำการสังเคราะห์อนุภาคเงินนาโนในทางธรรมชาติ ด้วยการรีดิวซ์ด้วยแสงบนแผ่นยางธรรมชาติที่มีเกลือของเงิน ตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่ได้ด้วยเทคนิค TEM, XRD และ UV spectroscopic ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของอนุภาคเงินอยู่ในช่วง 4-10 นาโนเมตร และมีการกระจายตัวอยู่ในอนุภาคของยางเมพื้นผิว จากการตรวจสอบด้วย XRD พบว่าอนุภาคเงินมีโครงสร้างแบบ fcc และพบว่าโปรตีนในน้ำยางธรรมชาติช่วยให้อนุภาคเงินเสถียรอยู่ในทางธรรมชาติได้

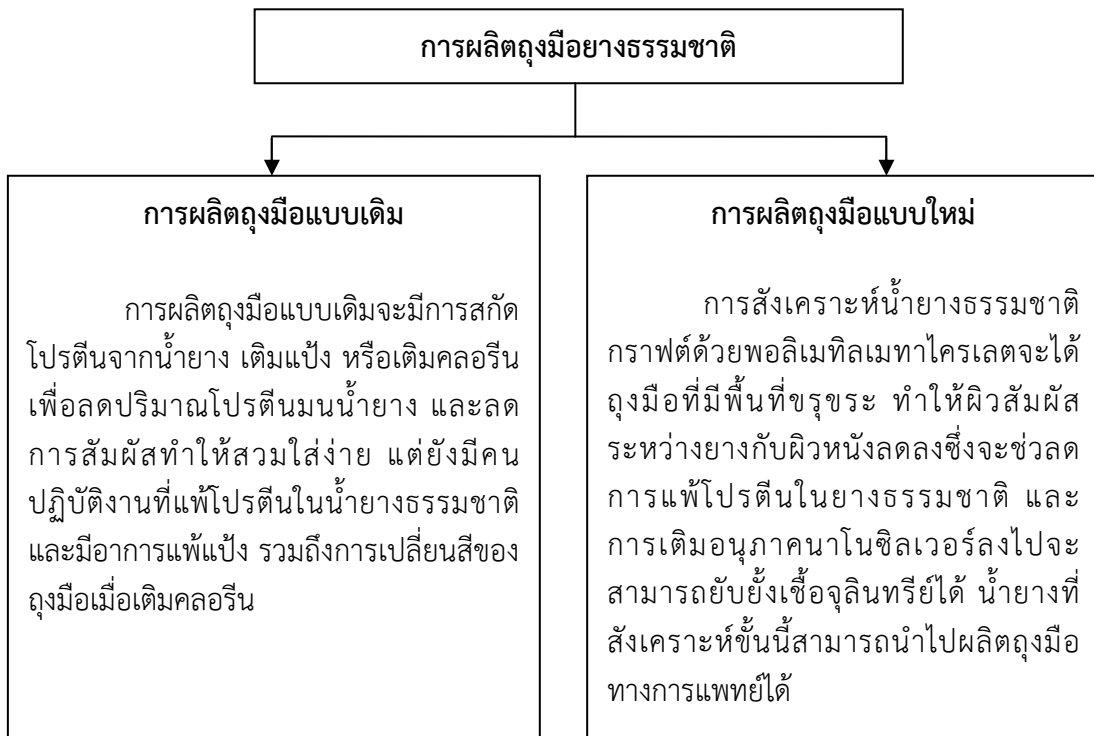
ในปี 2010 Abu Bakar N.H.H และคณะ ได้สังเคราะห์ยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยพอลิไวนิลไพโรลิโดนที่มีอนุภาคเงินนาโน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของอนุภาคเงินเท่ากับ 4.1 นาโนเมตร การสังเคราะห์ยางทำด้วยการพอลิเมอไรซ์พอลิไวนิลไพโรลิโดนลงในน้ำยางโดยใช้ควมินและเตตระเอทิลลิทเทเนียม เป็นตัวริเริ่ม เปรอ์เซ็นต์การกราฟต์ศึกษาจากการสกัดและใช้เทคนิค FTIR ตรวจสอบการกระจายตัวของอนุภาคเงินที่ล้อมรอบด้วยพอลิไวนิลไพโรลิโดนบนยางธรรมชาติด้วยเทคนิค TEM พบว่าพอลิไวนิลไพโรลิโดนช่วยให้การกระจายตัวของอนุภาคเงินดี

ในปี 2011 Guidelli E.J และคณะ ได้สังเคราะห์ยางธรรมชาติที่มีการเติมอนุภาคเงินนาโน อนุภาคเงินนาโนด้วยเทคนิคง่ายๆ โดยการให้ความร้อนแก่สารละลายซิลเวอร์ไนเตรตในน้ำยางธรรมชาติ และตรวจสอบสมบัติเชิงผิวด้วยเทคนิคยูวีสเปกโตรสโกปี ปริมาณของซิลเวอร์ไนเตรตและน้ำยางมีผลต่อการเกิดอนุภาคเงินนาโนที่ความเข้มข้นของซิลเวอร์ไนเตรตต่ำจะให้อนุภาคเงินขนาดเล็ก ขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 2-100 นาโนเมตร และมีรูปร่างเป็นทรงกลม จากการตรวจสอบด้วยเทคนิค SAED พบว่าอนุภาคเงินนาโนมีโครงสร้างผลึก จากการตรวจสอบด้วย FTIR พบว่าปริมาณซิลเวอร์ไอออนจะลดลงเมื่อมีการทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียที่อยู่ในน้ำยางชั้น และพบว่าโครงสร้างพอลิไอโซพรีนของยางธรรมชาติรวมกับอนุภาคของซิลเวอร์นาโน ซึ่งผลของการวิจัยนี้ได้จากการกระบวนการที่ง่าย ราคาไม่แพง และได้ซิลเวอร์นาโนที่มีการกระจายตัวและมีความเสถียรดี

ในปี 2012 Rathnayake W.G.I.U และคณะ ได้สังเคราะห์ยางธรรมชาติที่มีสมบัติต้านเชื้อจุลินทรีย์ด้วยการเติมอนุภาคเงินนาโน อนุภาคเงินนาโนเตรียมด้วยการรีดิวซ์ซิลเวอร์ไนเตรตด้วยโซเดียมซัลไฟด์ ศึกษาสมบัติด้วยเทคนิคยูวีสเปกโตรสโกปี ตรวจสอบขนาดอนุภาค การกระจายตัวของอนุภาคเงิน และสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus epidermidis* และ *Escherichia coli* และเชื้อรา *Aspergillus niger* พบว่ายางธรรมชาติที่มีอนุภาคเงินสามารถต้านเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราได้ในระดับดี

ในปี 2015 Lyutakov O. และคณะ ได้ทำการโอบไอออนเงินนาโนลงบนพอลิเมทิลเมทาคริลเลต และศึกษาสมบัติด้วยเทคนิค AAS, XPS และ AFM และสมบัติทางชีวภาพจะตรวจวัดจากอัตราการปลดปล่อยอนุภาคเงินจากพอลิเมออร์ ความเข้มข้นของอนุภาคเงินจะตรวจวัดด้วย electronic circular dichroism spectroscopy อัตราการปลดปล่อยอนุภาคเงินจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับสมบัติทางชีวภาพในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ *Staphylococcus epidermidis* และ *Escherichia coli* พบว่าฟิล์มพอลิเมทิลเมทาคริลเลตที่มีไอออนเงินมีประสิทธิภาพดีกว่าแบบอนุภาคและแบบพอลิเมออร์คอมเพล็กซ์ และความสามารถในการต้านเชื้อจุลินทรีย์จะขึ้นกับเวลาที่ใช้ในการแช่

กรอบแนวคิดในการวิจัย



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมี และเครื่องมือวิเคราะห์

3.1.1 สารเคมี

1. น้ำยางชั้น 60% (60% Natural rubber latex: สถาบันวิจัยยาง การยางแห่งประเทศไทย)
2. สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH: สถาบันวิจัยยาง การยางแห่งประเทศไทย)
3. สารละลายเทอริกซัลเฟอร์ (Terric Sulfer: สถาบันวิจัยยาง การยางแห่งประเทศไทย)
4. ซิงค์ไดออกไซด์ไดไทโอคาร์บาเมท (ZDEC: สถาบันวิจัยยาง การยางแห่งประเทศไทย)
5. ซิงค์ 2 เมอร์แคปโทเบนโซไทอาโซล (ZMBT: สถาบันวิจัยยาง การยางแห่งประเทศไทย)
6. ไททาเนียมออกไซด์ (TiO_2 : สถาบันวิจัยยาง การยางแห่งประเทศไทย)
7. ซิงค์ออกไซด์ (ZnO : สถาบันวิจัยยาง การยางแห่งประเทศไทย)
8. วิงสเตย์แอล (Wingstay-L: สถาบันวิจัยยาง การยางแห่งประเทศไทย)
9. สารละลายซิลเวอร์ไนเตรต (AgNO_3 : ACROS)
10. น้ำกลั่น (Distillated water)
11. เมทิลเมทาไครเลต มอนอเมอร์ (MMA monomer: ACROS)
12. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ความเข้มข้น 0.05 นอร์มอล
13. แก๊สไนโตรเจน (Nitrogen gas: ธนบุรีพัฒนา)

3.1.2 เครื่องมือ

1. ปีกเกอร์ (Beaker)
2. กระจกทรง (Cylinder)
3. ขวดวัดปริมาตร (Volumetric Flask) ขนาด 500 มิลลิลิตร และ 1000 มิลลิลิตร
4. ปิเปตต์ (Pipette)
5. ลูกยาง (Rubber Bulb)
6. ถ้วยระเหยสาร (Evaporating Dish)
7. แท่งแก้ว (Stirring Rod)
8. หลอดทดลอง (Test Tube)
9. หลอดหยด (Dropper)
10. เครื่องชั่ง (Balance)
11. เตาให้ความร้อนแบบหมุนเหวี่ยง (Hotplate stirrer)

12. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath)
13. เครื่องวัดพีเอช (pH Meter)
14. รีแอกเตอร์ (Parr Reactor)
15. อุปกรณ์วัดอัตราการไหล (Flow Meter)
16. กล้องจุลทรรศน์แบบเลเซอร์ รุ่น Olympus Lext Ols 4100 3D Measuring Laser Microscope
17. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM: Hitachi s-3400n Type II)

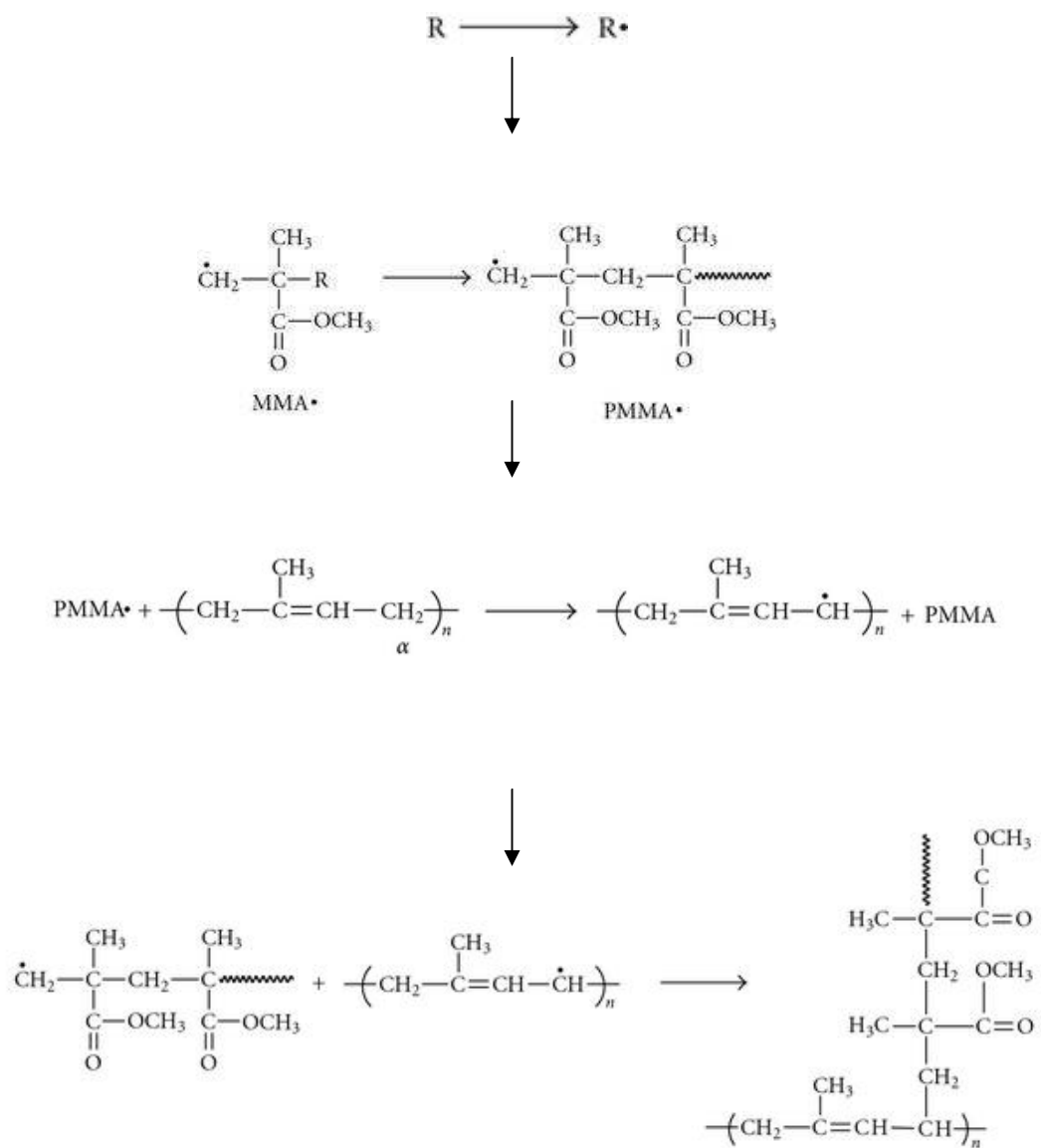
3.2 วิธีการทดลอง

สังเคราะห์น้ำยางธรรมชาติคอมพาวด์ สูตรน้ำยางคอมพาวด์นำมาจากสูตรการผลิตถุงมือยางทางการแพทย์ของ สถาบันวิจัยยาง การยางแห่งประเทศไทย โดยมีสารที่เป็นส่วนประกอบและมีสัดส่วนดังแสดงในตารางที่ 1 ก่อนนำน้ำยางคอมพาวด์ไปใช้งาน จะต้องมีการตรวจสอบความเหมาะสมของการบ่มด้วยวิธีการทดสอบจำนวนคลอโรฟอร์มทำการผสมน้ำยางชั้นกับ 10% สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ กวนผสมเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเติม สารละลายเทอริกซิลเฟอร์ 10% ซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมท (ZDEC) ซิงค์ 2 เมอร์แคปโทเบนโซไทอาโซล (ZMBT) และไททานเนียมออกไซด์ตามลำดับ กวนผสมเป็นเวลา 5 นาที ทุกครั้งหลังก่อนเติมสารตัวถัดไป จากนั้นเติมซิงค์ออกไซด์เป็นตัวสุดท้าย จะต้องกวนผสมเป็นเวลา 20 นาที บ่มน้ำยางคอมพาวด์ที่อุณหภูมิห้อง กวนที่ความเร็วรอบ 10 รอบต่อนาที เป็นเวลา 48 ชั่วโมง น้ำยางคอมพาวด์จะนำไปใช้โดยไม่ผ่านกระบวนการพรีวัลคาไนซ์ (pre-vulcanized) ด้วยความร้อน สูตรน้ำยางคอมพาวด์แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สูตรน้ำยาล้างคอมพาวด์

สารเคมี	ปริมาณ (กรัม)
60% NRL	167.0
10% Potassium hydroxide	2.0
10% Teric 16 a16	0.2
50% Sulfur	1.6
50% ZDEC	0.8
50% ZMBT	0.8
50% Titanium dioxide	2.0
50% Wingstay-L	2.0
50% Zinc oxide	2.0
Deionized water	170.5

1. สังเคราะห์น้ำยาล้างธรรมชาติกราฟต์ด้วย PMMA ที่อัตราส่วนต่างๆ โดยกราฟต์ PMMA ลงบนสายโซ่ของยางธรรมชาติด้วยเทคนิค emulsion polymerization โดยใช้อัตราส่วนของยางธรรมชาติ/MMA ที่อัตราส่วน 95/5, 90/10 และ 80/20 โดยน้ำหนัก ใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 0.3 เป็นตัวริเริ่ม เจือจางน้ำยาล้างด้วยน้ำจนได้เปอร์เซ็นต์ total solid content (TSC) เท่ากับ 50% แล้วใส่ลงในรีแอกเตอร์ จากนั้นเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และคนสารละลายด้วยความเร็วรอบ 120 rpm ที่อุณหภูมิ 50°C ผสมลาเท็กซ์ที่ได้เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นหยุด MMA monomer และลงในรีแอกเตอร์พร้อมคนสารละลาย เพื่อให้อนุภาคของยางได้ดูดซับมอนอเมอร์ ให้เกิดปฏิกิริยานาน 2.5 ชั่วโมงภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน กลไกการกราฟต์ยางธรรมชาติด้วย PMMA จะเริ่มจากการแตกตัวเป็นไอออนอิสระของตัวริเริ่ม จากนั้น MMA จะเริ่มการพอลิเมอไรซ์ด้วยไอออนอิสระสายโซ่ PMMA ยาวขึ้นและมีการถ่ายโอนไอออนอิสระไปยังโมเลกุลของยางธรรมชาติ ในขั้นสิ้นสุดปฏิกิริยาจะเกิดการรวมตัวกันของไอออนอิสระ แสดงดังภาพที่ 3.1 จึงสิ้นสุดปฏิกิริยาการกราฟต์ พิสูจน์โครงสร้างของน้ำยาล้างที่มี PMMA ด้วยเทคนิค ATR-IR ขึ้นรูปฟิล์มยางที่มี PMMA บนกระจกนาฬิกา นำไปศึกษาสมบัติความขรุขระที่ผิวหน้าก้วยกล้องจุลทรรศน์แบบเลเซอร์ ดังแสดงในภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.1 กลไกการกราฟต์อย่างธรรมชาติด้วย PMMA

ที่มา: Qinghuang Wang. 2012



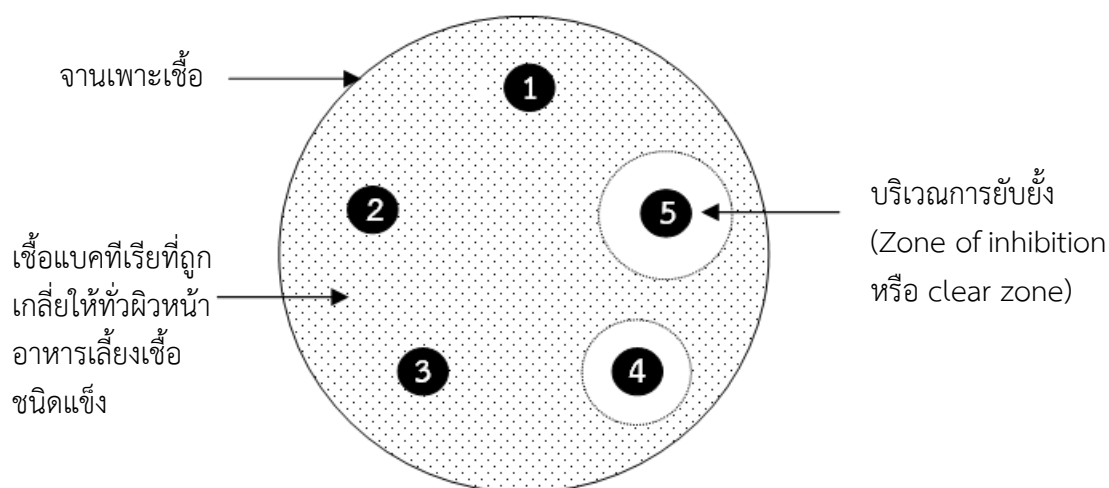
ภาพที่ 3.2 กล้องจุลทรรศน์แบบเลเซอร์
ที่มา: Olympus-global.com. 2013

2. สังเคราะห์น้ำยางธรรมชาติกราฟต์ที่มีนาโนซิลเวอร์ ที่ความเข้มข้นของซิลเวอร์ ไนเตรต ร้อยละ 0.5, 0.75 และ 1.0 โดยสังเคราะห์นาโนซิลเวอร์ด้วยเทคนิค Green synthetic route [9] โดยละลายน้ำยางชั้นที่ความเข้มข้นที่ต้องการในน้ำ 300 mL จนได้สารละลายสีขาว เจือจางซิลเวอร์ ไนเตรตลงในน้ำยางตามความเข้มข้นที่ต้องการ นำสารละลายที่ได้มาให้ความร้อนในอ่างน้ำร้อน 60°C ภายใต้การคนอย่างรุนแรงเป็นเวลา 1 ชั่วโมง สีของสารละลายจะเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีเหลือง แสดงว่าเกิดคอลลอยด์ของซิลเวอร์ ขึ้นรูปน้ำยางเป็นแผ่นฟิล์ม อบในตู้อบที่อุณหภูมิ 50°C ทิ้งไว้ 1 คืน นำฟิล์มออกจากตู้อบแล้วนำไปฉายด้วยแสงยูวีที่มีความยาวคลื่นน้อยกว่า 300 นาโนเมตร เป็นเวลา 20 นาที [10] ศึกษาขนาดและการกระจายตัวของอนุภาคนาโนซิลเวอร์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)



ภาพที่ 3.3 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด
ที่มา: ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. 2559

3. ศึกษาสมบัติการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของน้ำยางธรรมชาติ โดยใช้เทคนิค Agar diffusion โดยทำการทดสอบกับเชื้อแบคทีเรีย 2 ชนิด ประกอบด้วยเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียก่อโรค ได้แก่ เชื้อแบคทีเรีย Staphylococcus (*S. aureus*) และเชื้อแบคทีเรียแกรมลบ ได้แก่ เชื้อแบคทีเรีย Escherichia coli (*E. coli*) นำเชื้อแบคทีเรียที่มีความเข้มข้นของเชื้อเริ่มต้น 8 log CFU/mL นำมาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียด้วยตัวอย่างทดสอบ โดยหยดตัวอย่าง 50 ไมโครกรัม ของน้ำยางคอมพาวด์ น้ำยางคอมพาวด์ที่มี PMMA และน้ำยางคอมพาวด์ที่มี PMMA และนาโนซิลเวอร์ ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ ทดสอบการยับยั้งเชื้อที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 96 ชั่วโมง [14] วัดผลโดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณการยับยั้งที่เกิดขึ้น (Zone of inhibition หรือ clear zone) ทุก 12 ชั่วโมง โดยใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์และหาค่าเฉลี่ย

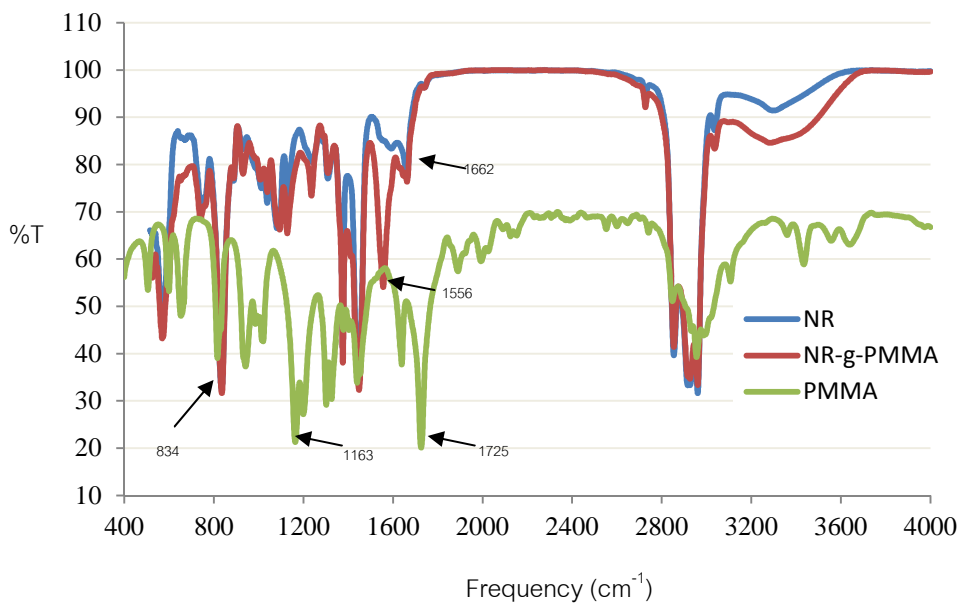


ภาพที่ 3.4 วิธีการทดสอบด้วยวิธีการแพร่ผ่านในหลุมวุ้น (Agar well diffusion)

บทที่ 4 ผลการวิจัย

4.1 การศึกษาหมู่ฟังก์ชันของยางธรรมชาติกราฟต์ด้วย PMMA

การตรวจสอบการกราฟต์ของพอลิเมทิลเททาครีเลตลงบนโครงสร้างของยางคอมพาวด์เมทิลเมทาโครเลต (PMMA) และยางคอมพาวด์ที่มี PMMA สามารถตรวจสอบได้ด้วยเทคนิค ATR-IR ซึ่งแสดงผล ดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ATR-IR สเปกตรัมของ ยางคอมพาวด์ PMMA และยางคอมพาวด์ที่มี PMMA

จากภาพที่ 4.1 แสดงให้เห็นลักษณะหมู่ฟังก์ชันที่สำคัญของยางธรรมชาติ ซึ่งแสดงที่ความยาวคลื่น 1662 และ 834 cm⁻¹ ซึ่งแสดงถึง C=C stretching และ CH=C ตามลำดับ ลักษณะหมู่ฟังก์ชันสำคัญของเมทิลเมทาโครเลต แสดงที่ความยาวคลื่น 1725 และ 1163 cm⁻¹ ตามลำดับ ซึ่งแสดงถึง C=O และ C-O [9] ตัวอย่าง และยางคอมพาวด์ที่มี PMMA สามารถพิสูจน์ได้ว่า มีโครงสร้างของ C=O จาก PMMA เข้าไปในโครงสร้างของยางธรรมชาติ ที่ความยาวคลื่น 1556 cm⁻¹ จากภาพแสดงให้เห็นว่ามีการกราฟต์ของ PMMA ในโครงสร้างของยางธรรมชาติ

4.2 การศึกษาลักษณะความขรุขระที่ผิวหน้าของยางธรรมชาติที่กราฟต์ด้วย PMMA

การศึกษาลักษณะความขรุขระที่ผิวหน้า (Surface roughness: R_a) ของยางธรรมชาติที่กราฟต์ด้วย PMMA ที่อัตราส่วนของ NR: PMMA ที่ 95:5, 90:10 และ 80:20 โดยจะใช้กล้องจุลทรรศน์แบบเลเซอร์รุ่น Olympus Lext Ols 4100 3D Measuring Laser Microscope ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.2

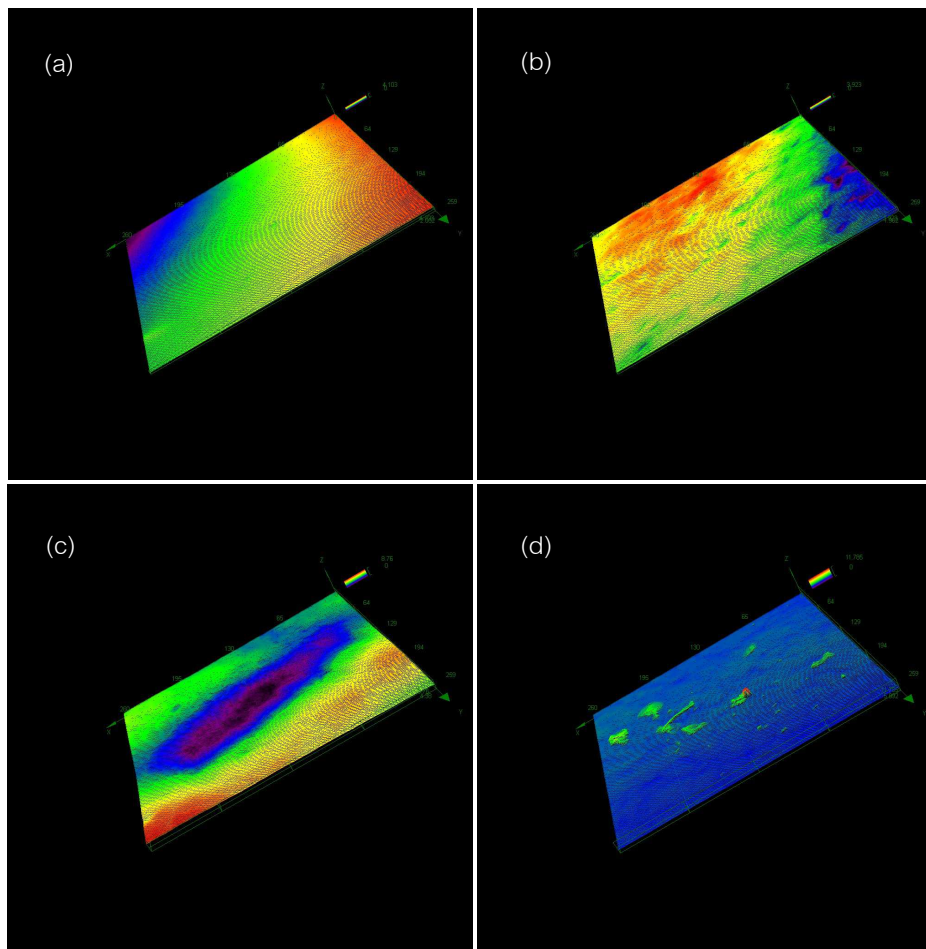
ตารางที่ 4.1 ความขรุขระที่ผิวหน้าของยางธรรมชาติที่กราฟต์ด้วย PMMA

ตัวอย่าง	ความขรุขระที่ผิวหน้า (μm)
Natural rubber latex compound	0.839
NR: PMMA (95:5)	0.554
NR: PMMA (90:10)	1.075
NR: PMMA (80:20)	0.389

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าความขรุขระเฉลี่ยที่ผิวหน้าของยางธรรมชาติที่กราฟต์ด้วย PMMA จะเพิ่มขึ้นเมื่อ ปริมาณ PMMA เพิ่มขึ้น ที่อัตราส่วนของ NR: PMMA ที่ 90:10 จะให้ค่าความขรุขระของผิวหน้าสูงสุด จากค่าความขรุขระของผิวหน้าที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากยางธรรมชาติมีการดูดซับ PMMA ไว้มากขึ้น ซึ่งสามารถอนุมานได้ว่าผิวสัมผัสระหว่างผิวของฟิล์มยางธรรมชาติกับผิวหนังจะลดลงด้วย แต่ที่อัตราส่วนของ NR: PMMA ที่ 80:20 พบว่าความขรุขระเฉลี่ยที่ผิวหน้าต่ำกว่าที่อัตราส่วน 90:10 มาก เนื่องจากที่อัตราส่วนนี้ PMMA เกิดการรวมตัวตกตะกอนเป็นก้อนไม่เป็นเนื้อเดียวกับยางธรรมชาติ ดังแสดงในภาพที่ 4.2 เมื่อวิเคราะห์ความขรุขระที่ผิวหน้าด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบเลเซอร์ ผลการวิเคราะห์แสดงดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.2 ลักษณะผิวหน้าของ NR: PMMA: 80:20

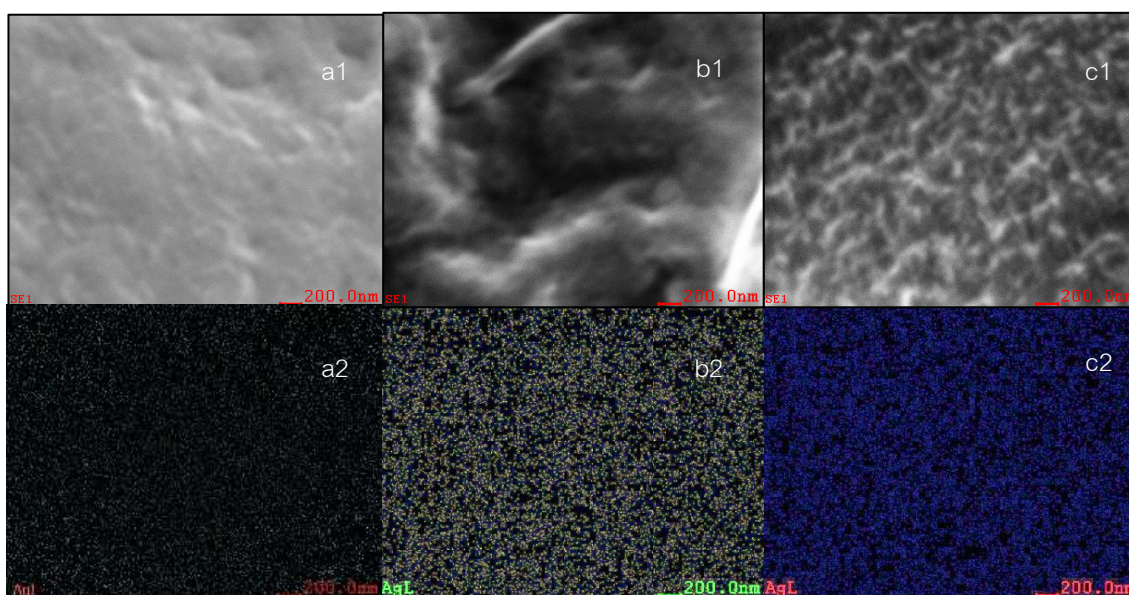


ภาพที่ 4.3 ลักษณะผิวหน้าจากกล้องจุลทรรศน์แบบเลเซอร์ของ (a) ยางธรรมชาติ (b) NR: PMMA: 95:5 (c) NR: PMMA: 90:10 และ (d) NR: PMMA: 80:20

จากภาพที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าลักษณะความขรุขระที่ผิวหน้าของยางธรรมชาติที่กราฟต์ด้วย PMMA ที่อัตราส่วนของ NR: PMMA ต่าง ๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบเลเซอร์ มีผลสอดคล้องกับความขรุขระที่ผิวหน้าในตารางที่ 4.1 ซึ่งจากภาพจะเห็นได้ว่าที่ NR: PMMA ที่ 90:10 จะให้ค่าความขรุขระของผิวหน้าสูงสุด โดยจะสามารถเห็นได้จากจากสีของพื้นผิวภายในภาพที่มีความแตกต่างกัน ซึ่งแสดงถึงความสูงต่ำของพื้นที่ที่แตกต่างกัน แต่ที่อัตราส่วนของ NR: PMMA ที่ 80:20 จากภาพพบว่า เกิดอนุภาคตกตะกอนเป็นก้อนไม่เป็นเนื้อเดียวกับยางธรรมชาติ

4.3 การศึกษาลักษณะของอนุภาคนาโนซิลเวอร์

ในการศึกษาขนาดและการกระจายตัวของอนุภาคนาโนซิลเวอร์ในฟิล์มยางธรรมชาติที่มี PMMA ที่อัตราส่วน NR: PMMA ที่ 90:10 ที่มีปริมาณซิลเวอร์ 0.5 0.75 และ 1.0% (w:w) ซึ่งจะใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ผลการศึกษาแสดงดังภาพที่ 4.4



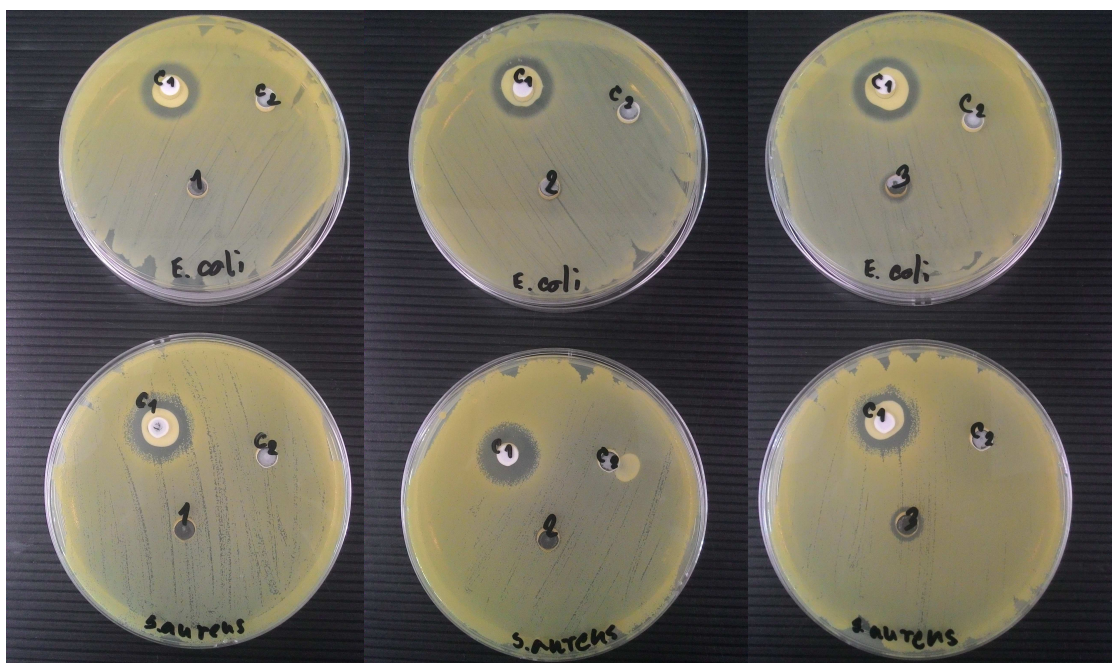
ภาพที่ 4.4 SEM images ของ NR: PMMA: 90:10 ที่มีปริมาณซิลเวอร์ต่างๆ (a1, a2) 0.5% (b1, b2) 0.75% และ (c1, c2) 1.0%

จากภาพที่ 4.4 เป็นผลการศึกษาผิวของฟิล์มยางโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด: SEM-EDX ซึ่งแสดงให้เห็นลักษณะผิวหน้าของฟิล์มยางที่อัตราส่วน NR: PMMA ต่างๆ (a1, b1 และ c1) และเมื่อใช้เทคนิคการสแกนแบบ mapping เฉพาะธาตุเงิน (ซิลเวอร์) จะเห็นลักษณะการกระจายตัวของอนุภาคนาโนซิลเวอร์ในฟิล์มยาง (a2, b2 และ c2) จากภาพพบว่าขนาดของอนุภาคนาโนซิลเวอร์ในฟิล์มยางธรรมชาติที่มี PMMA ที่อัตราส่วน NR: PMMA ที่ 90:10 ที่มีปริมาณซิลเวอร์ 0.5 0.75 และ 1.0% (w:w) มีขนาดเล็กกว่า 200 นาโนเมตร และการกระจายตัวที่ผิวหน้า

ของอนุภาคนาโนซิลเวอร์จะมีความเป็นระเบียบมากขึ้นเมื่อปริมาณซิลเวอร์เพิ่มขึ้น การผลการทดลองดังกล่าว ในการศึกษาสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของยางธรรมชาติ ยางธรรมชาติกราฟต์ PMMA และยางธรรมชาติกราฟต์ PMMA ที่มีอนุภาคนาโนซิลเวอร์ จะใช้อัตราส่วน NR: PMMA ที่ 90:10

4.4 การศึกษาสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของยางธรรมชาติที่มีอนุภาคนาโนซิลเวอร์

ในการศึกษาสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของยางธรรมชาติ ยางธรรมชาติกราฟต์ PMMA และยางธรรมชาติกราฟต์ PMMA ที่มีอนุภาคนาโนซิลเวอร์ จะใช้แบคทีเรีย 2 ชนิด ได้แก่ Gram-negative *E. coli* และ Gram-positive *S. aureus* ผลการศึกษาแสดงดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 สมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* และ *S. aureus* ของน้ำยางธรรมชาติ น้ำยางธรรมชาติกราฟต์ PMMA และน้ำยางธรรมชาติกราฟต์ PMMA ที่มีอนุภาคนาโนซิลเวอร์ โดย C_1 = Control NR, C_2 = Control NR: PMMA, 1 = 0.5%w:w Ag, 2 = 0.75% w:w Ag, และ 3 = 1.0% w:w Ag

จากภาพที่ 4.5 น้ำยางธรรมชาติแสดงสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้ง Gram-negative *E. coli* และ Gram-positive *S. aureus* โดยจะสังเกตเห็นได้เคลียร์โซนซึ่งเกิดจากการตายของเชื้อแบคทีเรีย ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากในน้ำยางคอมพาวด์มีส่วนผสมของซิงค์ออกไซด์ (ZnO) ซึ่งมีสมบัติในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียสองชนิดนี้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Gunalan และคณะ แต่เมื่อทำการกราฟต์ PMMA ลงบนโครงสร้างของยางธรรมชาติ พบว่าสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียหายไป

อาจเนื่องมาจากอนุภาคซิงค์ออกไซด์ถูกหุ้มด้วยอนุภาคของ PMMA ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Ma และคณะ อย่างไรก็ตามเมื่อมีการเติมอนุภาคนาโนซิลเวอร์ลงในยางธรรมชาติกราฟต์ PMMA พบว่ายางธรรมชาติกราฟต์ PMMA แสดงสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย โดยจะมีสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ปริมาณซิลเวอร์ 1.0% w:w ที่เวลา 96 ชั่วโมง ซึ่งการยับยั้งเชื้อมีเกิดจากผลึกของซิลเวอร์นาโนหรืออนุภาคเงินขนาดเล็กมีพื้นที่ผิวมากสัมผัสกับเชื้อจุลินทรีย์ เป็นผลให้ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มสูงขึ้น นาโนซิลเวอร์มีปฏิกิริยาตอบโต้อย่างมากกับโปรตีน จุลินทรีย์มีองค์ประกอบของโปรตีนเป็นองค์ประกอบหลัก ดังนั้นเมื่ออนุภาคเงินขนาดเล็กสัมผัสกับจุลินทรีย์ มันจะไปเกาะที่ผนังเซลล์และแทรกเข้าไปภายในโดยจะไปเกาะกับหมู่ -SH (Sulfphydryl) ของเอนไซม์ ซึ่งจะมีผลต่อระบบเมทาโบลิซึมทำให้เกิดการยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์ และเกิดการทำลายระบบหายใจ ระบบขนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการเมทาโบลิซึมและระบบขนย้ายซัสเตรทในเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้แบคทีเรียตายในที่สุด (มาริสา คุณธนวงศ์, 2558) จากสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย E. coli และ S. aureus ยางธรรมชาติกราฟต์ PMMA ที่มีอนุภาคนาโนซิลเวอร์สามารถอนุมานได้ว่าน้ำยางธรรมชาตินี้สามารถนำไปขึ้นรูปเป็นถุงมือแพทย์ที่มีสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการสังเคราะห์น้ำยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่มีอนุภาคนาโนซิลเวอร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงสภาพผิวหน้าของฟิล์มยางที่มีความขรุขระเพิ่มขึ้นด้วยการกราฟต์ด้วยพอลิพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่อัตราส่วนยางธรรมชาติต่อพอลิเมอร์ที่ 95:5, 90:10 และ 80:20 ซึ่งเมื่อผิวของฟิล์มยางมีความขรุขระมากขึ้น จะสามารถช่วยลดพื้นที่การสัมผัสกับผิวหนังลดลงได้ และศึกษาสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียด้วยการเติมอนุภาคนาโนซิลเวอร์ที่ปริมาณร้อยละ 0.5 0.75 และ 1.0 โดยน้ำหนัก เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้ในการผลิตถุงมือแพทย์ที่ลดการแพ้โปรตีนน้ำยางและยับยั้งเชื้อแบคทีเรียต่อไป จากการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ความขรุขระเฉลี่ยที่ผิวหน้าของยางธรรมชาติที่กราฟต์ด้วย PMMA จะเพิ่มขึ้นเมื่อ ปริมาณ PMMA เพิ่มขึ้น ที่อัตราส่วนของ NR: PMMA ที่ 90:10 จะให้ค่าความขรุขระของผิวหน้าสูงสุด และเมื่อเพิ่มอัตราส่วนเป็น NR: PMMA ที่ 80:20 ยางจะเกิดการตกตะกอน
2. ขนาดของอนุภาคนาโนซิลเวอร์ในฟิล์มยางธรรมชาติที่มี PMMA ที่มีปริมาณซิลเวอร์ 0.5 0.75 และ 1.0% (w/w) มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 200 นาโนเมตร และมีการกระจายตัวของอนุภาคนาโนซิลเวอร์ที่ผิวหน้าจะมีความเป็นระเบียบมากขึ้นเมื่อปริมาณซิลเวอร์เพิ่มขึ้น
3. ยางธรรมชาติกราฟต์ PMMA แสดงสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้ง Gram-negative E. coli และ Gram-positive S. aureus ที่ปริมาณซิลเวอร์ 1.0% w/w ที่เวลา 96 ชั่วโมง

5.2 อภิปรายผล

1. ความขรุขระเฉลี่ยที่ผิวหน้าของยางธรรมชาติที่กราฟต์ด้วย PMMA จะเพิ่มขึ้นเมื่อ มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Anancharungsuk W. และคณะ (Anancharungsuk W. Et al., 2010) ทำการลดแรงเสียดทานของยางธรรมชาติด้วยการเติมอนุภาคของพอลิเมทิลเมทาโครเลต โดยค่าความขรุขระจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นและเวลาในการจุ่มแช่ และงานวิจัยของ Kanjanathaworn N. และคณะ (Kanjanathaworn N. Et al., 2013) ซึ่งได้ทำการสังเคราะห์พอลิเมทิลเมทาโครเลตที่มีโคโตซานในรูปแบบลาเท็กซ์ โดยการพอลิเมอไรเซชันในรูปอิมัลชันด้วยสารละลาย 1% โคโตซานในกรดแอสติค ได้อนุภาคของพอลิเมทิลเมทาโครเลต-โคโตซาน รูปร่างทรงกลมขนาด 380 นาโนเมตร พบว่าการเติมพอลิเมทิลเมทาโครเลต-โคโตซาน เป็นการเพิ่มความขรุขระที่ผิวของฟิล์มยางธรรมชาติ และการปกคลุมของอนุภาคพอลิเมทิลเมทาโครเลตบนแผ่นฟิล์มจะขึ้นกับความเข้มข้นและเวลาในการจุ่มแช่แผ่นฟิล์ม และฟิล์มยางที่มีพอลิเมทิลเมทาโครเลต-โคโตซานช่วยลดการแพ้ได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตถุงมือได้

2. น้ำยางธรรมชาติแสดงสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้ง Gram-negative E. coli และ Gram-positive S. aureus เนื่องจากมีส่วนผสมของซิงค์ออกไซด์ (ZnO) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Gunalan และคณะ (Gunalan S. Et al., 2012) เมื่อทำการกราฟต์ PMMA ลงบนโครงสร้าง

ของยางธรรมชาติ สมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียจะหายไป เนื่องจากอนุภาคซิงค์ออกไซด์ถูกหุ้ม (Encapsulate) ด้วยอนุภาคของ PMMA ซึ่งซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Ma และคณะ (Ma X. et. Al., 2013) และเมื่อมีการเติมอนุภาคนาโนซิลเวอร์ลงในยางธรรมชาติกราฟต์ PMMA สามารถแสดงสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียอีกครั้งหนึ่ง

3. นาโนซิลเวอร์ที่สังเคราะห์ได้มีขนาดเล็กกว่า 200 นาโนเมตร และมีการกระจายตัวในฟิล์ม ยางอย่างสม่ำเสมอ มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Abu Bakar และคณะ (Abu Bakar N.H.H, 2007) ซึ่งได้สังเคราะห์อนุภาคเงินนาโนในยางธรรมชาติ ด้วยการริวิตซ์ด้วยแสงบนแผ่นยางธรรมชาติ ที่มีเกลือของเงิน ได้ขาดอนุภาคซิลเวอร์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยในช่วง 4-10 นาโนเมตร และมีการกระจายตัวอยู่ในอนุภาคของยางเต็มพื้นที่ และพบว่าโปรตีนในน้ำยางธรรมชาติช่วยให้อนุภาคเงิน เสถียรอยู่ในยางธรรมชาติได้

4. จากงานวิจัยนี้ปริมาณของนาโนซิลเวอร์ที่ 1.0% w/w จะยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ดีที่สุด โดยจะเริ่มยับยั้งที่เวลาผ่านไป 96 ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Rathnayake และคณะ (Rathnayake W.G.I.U, 2012) ซึ่งได้สังเคราะห์ยางธรรมชาติที่มีสมบัติต้านเชื้อจุลินทรีย์ด้วยการเติมอนุภาคเงินนาโน พบว่าสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย Staphylococcus epidermidis และ Escherichia coli นอกจากนี้ยังมีสมบัติยับยั้งเชื้อรา Aspergilles nigger พบว่ายางธรรมชาติที่มีอนุภาคเงินสามารถต้านเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราได้ในระดับดี

5.3 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

ผลงานวิจัยที่ได้นี้สามารถนำไปผลิตถุงมือแพทย์ได้ แต่ต้องผ่านการทดสอบมาตรฐาน อุตสาหกรรมถุงมือแพทย์เสียก่อน

5.4 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ศึกษาเกี่ยวกับปริมาณพอลิเมอร์ที่อัตราส่วนอื่นๆ ที่มีผลต่อความขรุขระของผิวหน้า
2. ศึกษาเปอร์เซ็นต์ grafting ของ PMMA ในยางธรรมชาติ และยืนยันผลการกราฟต์ด้วย NMR
3. ศึกษาผลของปริมาณพอลิเมอร์ที่อัตราส่วนต่างๆ ที่มีผลต่อสมบัติเชิงกล
4. ศึกษาลักษณะของอนุภาคนาโนซิลเวอร์ว่าเป็นโลหะ หรือสารประกอบอนุภาคนาโนซิลเวอร์ รูปแบบใดที่ส่งผลต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย
5. ศึกษาปริมาณอนุภาคนาโนซิลเวอร์ที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ที่เวลาน้อยกว่า 96 ชั่วโมง

บรรณานุกรม

บรรณานุกรมภาษาไทย

- ชญาภา นิ่มสุวรรณ. (2550). การแพ้โปรตีนในน้ำยางธรรมชาติ: วิธีการตรวจสอบและเทคโนโลยีการแก้ไข. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยียาง. 1, 2, 11-24.
- มาริสา คุณธนวงศ์. 2558. “มารู้จักกับเทคโนโลยีซิลเวอร์นาโน”. สืบค้นเมื่อ 2558, สิงหาคม 31, เข้าถึงได้จาก: <https://www.gotoknow.org/posts/259566>.
- ทองคำดี วัฒนา ศุภัสชกรณ์ ทลิสมเฮงฮะ. (2011). “เทคโนโลยีการผลิตถุงมือยางทางการแพทย์ (medical latex glove)”. สืบค้นเมื่อ 2558, สิงหาคม 1, เข้าถึงได้จาก: http://www.tpa.or.th/publisher/pdfFileDownloadS/TN217A_p67-72.pdf.
- วราภรณ์ ขจรไชยกูล. (2549). ยางธรรมชาติ: การผลิตและการใช้งาน /วราภรณ์ ขจรไชยกูล. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. (2559). “ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เชิงฟิสิกส์ Physical Characterization Laboratory”. สืบค้นเมื่อ 2560, มกราคม 15, เข้าถึงได้จาก: <https://www.mtec.or.th/mcu/phcl/index.php/en/service>.

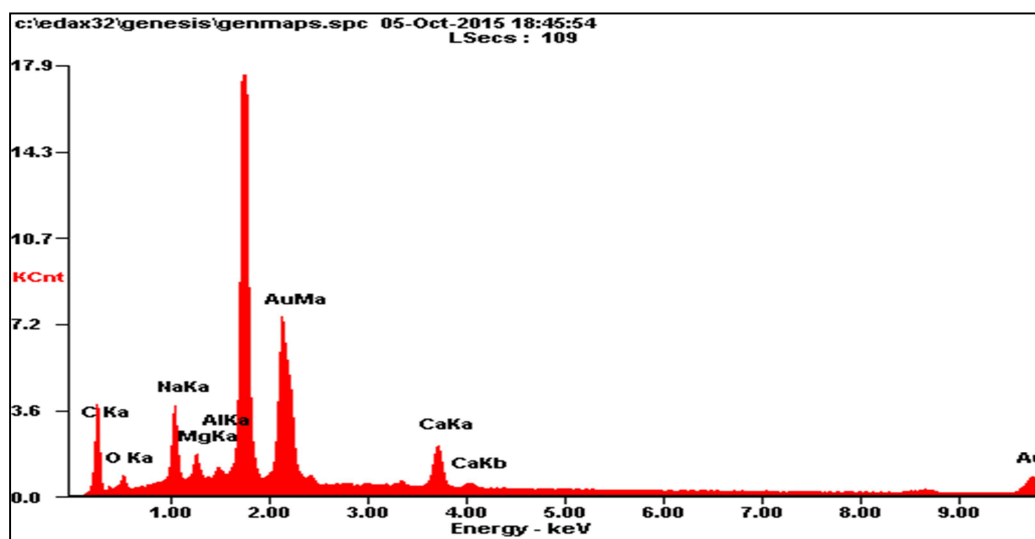
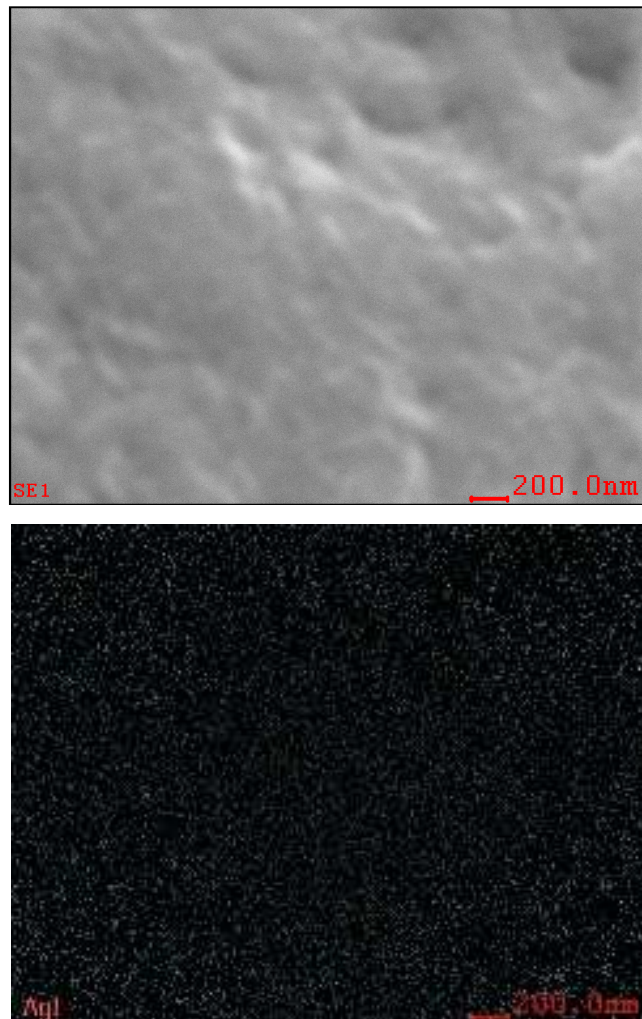
บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ

- Abu Bakar N.H.H., Ismail J., & Abu Bakar M. (2007). Synthesis and characterization of silver nanoparticles in natural rubber, *Materials Chemistry and Physics*, 104, 276–283.
- Abu Bakar N.H.H., Ismail J., & Abu Bakar M. (2010). Silver nanoparticles in polyvinylpyrrolidone grafted natural rubber, *Reactive & Functional Polymers*, 70, 168–174.
- Anancharungsuk W., Polpanich D., Jangpatarapongsa K., & Tangboriboonrat P. (2010). In vitro cytotoxicity evaluation of natural rubber latex film surface coated with PMMA nanoparticles. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 78, 328–333.
- Anancharungsuk W., Polpanich D., Jangpatarapongsa K., & Tangboriboonrat P. (2010). Reduction of surface friction of natural rubber film coated with PMMA particle: Effect of particle size. *Journal of Applied Polymer Science*, 115, 3680–3686
- Bang J., Rhee S.E., Kim K., Lee B.H., & Choe S., (2013). Effect of Hydrogen Peroxide on the UCST Behavior of PMMA in the Modified Dispersion Polymerization, *Macromolecular Research*, 21, 1, 78-84.

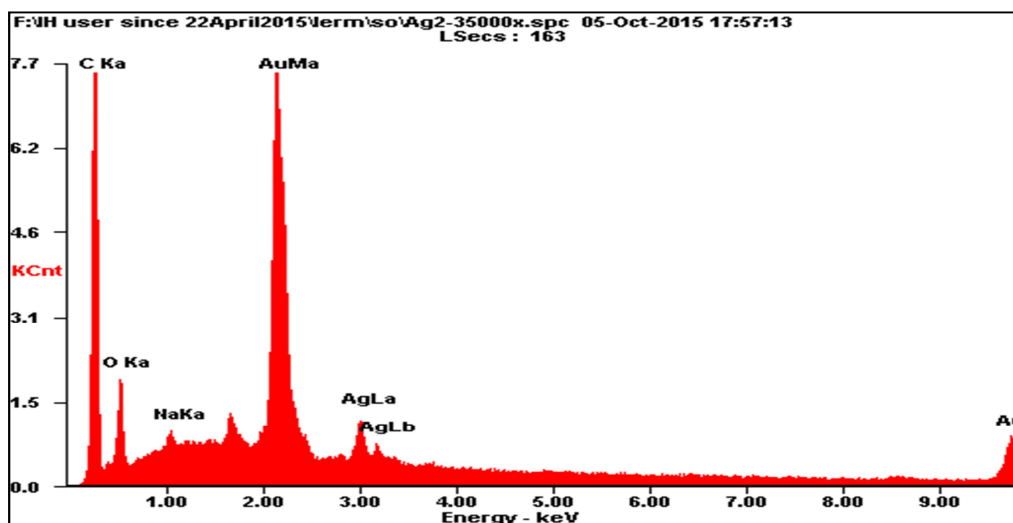
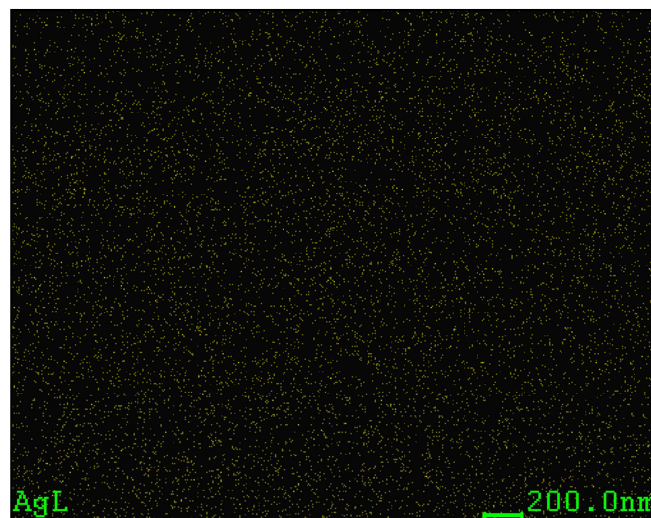
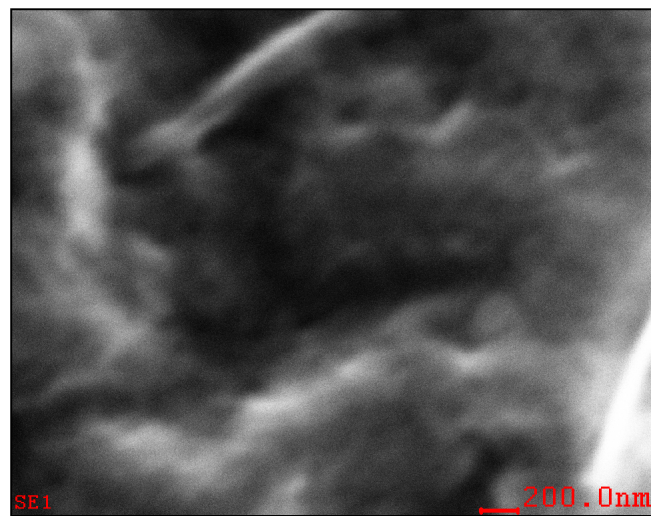
- Charous B.L., Tarlo S.M., Charous M.A., & Kelly K. (2002). Natural rubber latex allergy in the occupational setting. *Methods*, 27, 15–21.
- Guidelli E.J., Ramos A.P., Elisabete M., Zaniquelli D., & Baffa O. (2011). Green synthesis of colloidal silver nanoparticles using natural rubber latex extracted from *Hevea brasiliensis*. *Spectrochimica Acta Part A*, 82, 140–145.
- Gunalan S., Sivaraj R., & Rajendran V. (2012). Green synthesized ZnO nanoparticles against bacterial and fungal pathogens. *Progress in Natural Science: Materials International*, 22, 693–700.
- Johns J., & Nakason C. (2011). Dielectric properties of natural rubber/chitosan blends: Effects of blend ratio and compatibilization. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 357, 1816–1821.
- Kanjanathaworn N., Polpanich D., Jangpatarapongsa K., & Tangboriboonrat P. (2013). Reduction of cytotoxicity of natural rubber latex film by coating with PMMA - Chitosan nanoparticles. *Carbohydrate Polymers*. 97, 1, 52-58.
- Koch H.U. (1997). Regulatory aspects of latex allergy (CEN; extractable protein and allergen assays for latex gloves). *Rev. Revue Francaise D' Allergologie*, 37, 8, 1201-1210.
- Ljutakov O., Goncharova I., Rimpelova S., Kolarova K., Svanda J., & Svorcik V. (2015). Silver release and antimicrobial properties of PMMA films doped with silver ions, nano-particles and complexes. *Materials Science and Engineering C*, 49, 534–540.
- Ma X., Tang L., Zhou B., Xia Y., Lei H. & Wang Z. (2013) Preparation of ZnO/PMMA inorganic/organic composite microspheres via soap less emulsion polymerization. *e-Polymers*, 10, 504–508.
- Olympus-global.com. (2013). “Release of New Industrial Laser Microscope for 3D Surface Measurement LEXT OLS4100 3D Measuring Laser Microscope” สืบค้นเมื่อ 2560, มกราคม 15, เข้าถึงได้จาก: <http://www.olympus-global.com/en/news/2013a/nr130529olse.jsp>.
- Parameshwaran R., Kalaiselvam S., & Jayave R. (2013). Green synthesis of silver nanoparticles using *Beta vulgaris*: Role of process conditions on size distribution and surface structure. *Materials Chemistry and Physics*, 140, 135–147.
- Periodic Table. (2558). “Silver”. สืบค้นเมื่อ 2558, สิงหาคม 31, เข้าถึงได้จาก: <http://www.rmutphysics.com/charud/specialnews/3/periodic3/silver.htm>.
- Polymer Processing.com. (2001). “natural rubber”. สืบค้นเมื่อเมื่อ 2560, มกราคม 15, เข้าถึงได้จาก: <http://www.polymerprocessing.com/polymers/NR.html>.

- Polymer Science Learning Center. (2016). "Poly(methyl methacrylate)". สืบค้นเมื่อ 2559, สิงหาคม 31, เข้าถึงได้จาก: <http://pslc.ws/mactest/pmma.htm>.
- Rathnayake W.G.I.U., Ismail H., Baharin A., Darsanasiri A.G.N.D., & Rajapakse S. (2012). Synthesis and characterization of nano silver based natural rubber latex foam for imparting antibacterial and anti-fungal properties, *Polymer Testing*, 31, 586–592.
- Saramolee P., Lopattananon N., & Sahakaro K. (2014). Preparation and some properties of modified natural rubber bearing grafted poly (methyl methacrylate) and epoxide groups. *European Polymer Journal*, 56, 1–10.
- Sruanganurak A., Sanguansap K., & Tangboriboonrat P. (2006). Layer-by-layer assembled nanoparticles: A novel method for surface modification of rubber latex film. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 289, 110–117
- Sruanganurak A., Tangboriboonrat P. (2007). Surface modification of sulphur prevulcanized natural rubber latex sheet via layer-by-layer assembled PMMA particles. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 301, 1–3, 147–152.
- Wang O., Luo Y.Y., Feng C., Yi Z., Qiu Q., Kong L. X., and Peng Z. (2012). Reinforcement of Natural Rubber with Core-Shell Structure Silica-Poly(Methyl Methacrylate) Nanoparticles. *Journal of Nanomaterials*. Article ID 782986, 9 pages

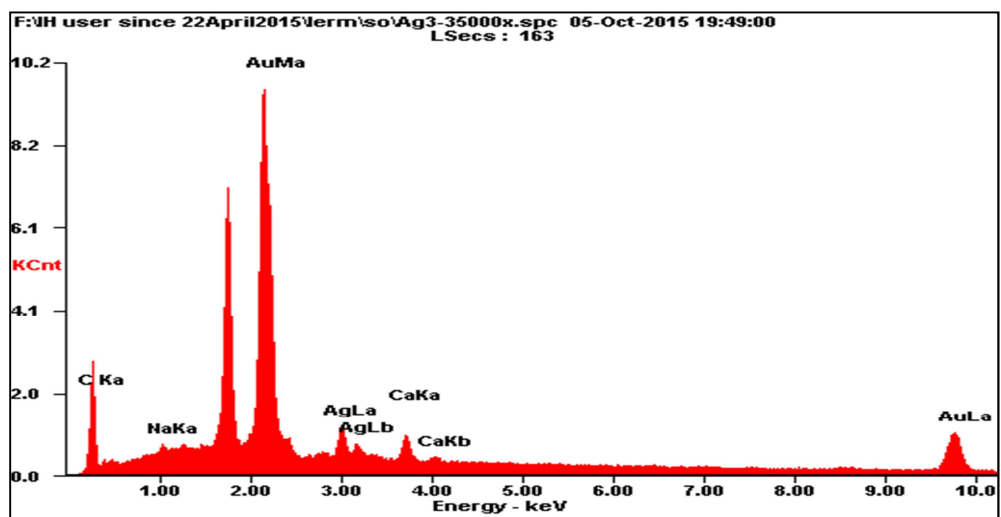
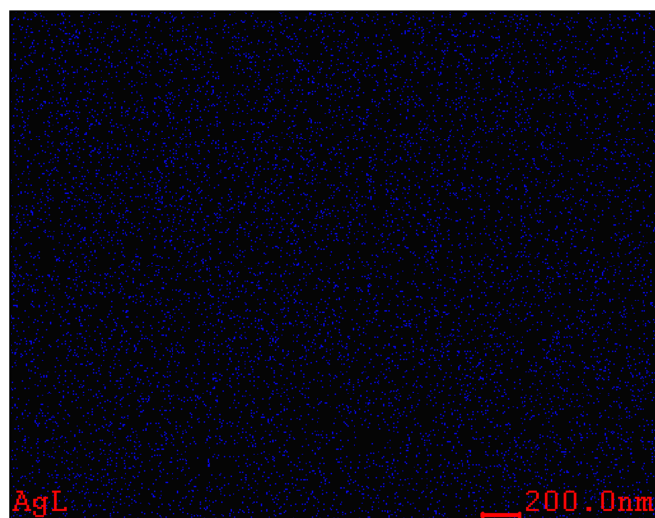
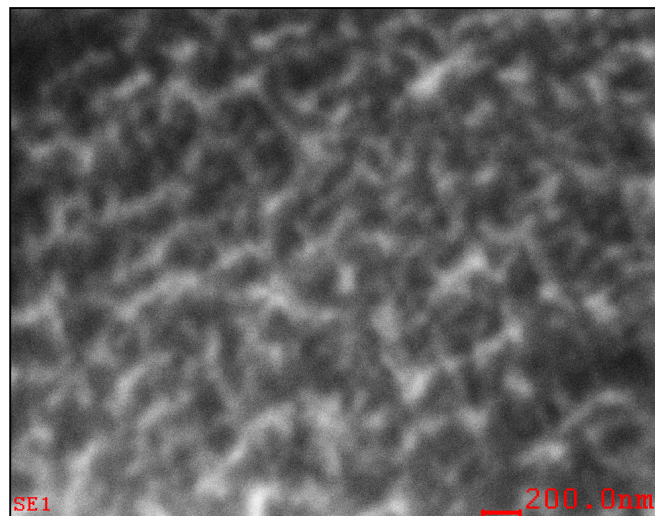
ภาคผนวก



ภาพที่ ก.1 SEM images SEM mapping และ SEM-EDX ของ NR: PMMA: 90:10
ที่มีปริมาณซิลเวอร์ 0.5%



ภาพที่ ก.2 SEM images SEM mapping และ SEM-EDX ของ NR: PMMA: 90:10
ที่มีปริมาณซิลเวอร์ 0.75%



ภาพที่ ก.3 SEM images SEM mapping และ SEM-EDX ของ NR: PMMA: 90:10
ที่มีปริมาณซิลเวอร์ 1.0%

ประวัติผู้วิจัย

นางฐิตินาถ สุขคนตร์ เกิดเมื่อวันที่ 19 กันยายน 2518 ที่จังหวัดระนอง สำเร็จการศึกษา
ระดับปริญญาตรี สาขาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ เมื่อปี พ.ศ. 2540 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท สาขาปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์
พอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2543 และสำเร็จปริญญาเอก
สาขาปิโตรเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2553 ปัจจุบันดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์
สาขาเคมี และเป็นอาจารย์ผู้สอนหลักสูตรอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต