



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การพัฒนาสารสำหรับใช้ในงานติดไม้ยางพาราจากน้ำยางธรรมชาติอีพอกไซด์

Development of Rubber Wood Adhesive from Epoxidized Natural Rubber Latex

โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุกฤทธิรา รัตนวิไล และคณะ

สิงหาคม 2550

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การพัฒนาสารสำหรับใช้ในงานติดไม้ยางพาราจากน้ำยางธรรมชาติอีพอกไซด์

Development of Rubber Wood Adhesive from Epoxidized Natural Rubber Latex

คณะผู้วิจัย

สังกัด

- | | |
|--------------------------------|--------------------------|
| 1. ผศ.ดร. สุกฤทธิรา รัตนวิไล | ภาควิชาวิศวกรรมเคมี |
| 2. ผศ.ดร. ชเนศ รัตนวิไล | ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ |
| 3. นางสาวฉัตรปกรณ์ นันทวงศ์ | ภาควิชาวิศวกรรมเคมี |
| 4. นางสาวจุพนธิ์ จิตต์ต่างวงศ์ | ภาควิชาวิศวกรรมเคมี |
| | คณะวิศวกรรมศาสตร์ |
| | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |

ชุดโครงการวิจัยการพัฒนาอุตสาหกรรมยางพารา

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปผู้บริหาร (Executive Summary)

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการเตรียมกาวยางจากน้ำยางธรรมชาติอีพอกไซค์ ซึ่งน้ำยางธรรมชาติอีพอกไซค์เกิดจากการทำปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันของน้ำยางธรรมชาติ แล้วนำไปผสมตามสูตรร่วมกับสารเพิ่มการยึดติดต่างๆ เพื่อปรับปรุงสมบัติของกาวน้ำยางธรรมชาติอีพอกไซค์ให้มีสมบัติดีขึ้นเพื่อให้สามารถนำไปใช้ในงานติดไม้ยางพาราได้ โดยเปอร์เซ็นต์โมลอีพอกไซค์ที่เหมาะสมในการเตรียมกาวยาง มีค่าเท่ากับ 44% โดยใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาอีพอกซิเดชัน 6 ชั่วโมง และสารตัวเติมที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ คิวมาโรนเรซิน 6, 7 และ 8 phr แบ่งข้าวเหนียวเจลลาติไนซ์ 6, 7 และ 8 phr และแบ่งข้าวเหนียวเจลลาติไนซ์ผสมร่วมกับคิวมาโรนเรซิน ที่อัตราส่วนต่าง โดยสมบัติที่ต้องการปรับปรุง คือ ความต้านแรงลอก ความต้านแรงเฉือน และนำกาวยางที่ผสมสารเพิ่มการยึดติดแต่ละชนิดที่ให้ค่าแรงเฉือนสูงสุดไปทดสอบความแข็งแรงของรอยต่อแบบนิ้วมือประสานในรูปแรงดึงขนานเส้นสูงสุด และความแข็งแรงของรอยต่อแบบนิ้วมือประสานในรูปการดัดสถิตย์แสดงผลด้วยค่ามอดูลัสแตกร้าว โดยทำการทดสอบตามมาตรฐานตามลำดับดังนี้

- ทดสอบความต้านแรงลอก (Cleavage peel strength)
(ASTM D3807) ใช้ชิ้นทดสอบไม้ยางพาราจำนวน 5 ชิ้นต่อหนึ่งตัวอย่าง
- ทดสอบความต้านแรงเฉือน (Shear strength)
(ASTM D2339) ใช้ชิ้นทดสอบไม้ยางพาราจำนวน 10 ชิ้นต่อหนึ่งตัวอย่าง
- ทดสอบความแข็งแรงของรอยต่อแบบนิ้วมือประสาน
 - การดึงขนานเส้น (Tension parallel to grain) (AITC Test 106. 1967)
ใช้ชิ้นทดสอบไม้ยางพาราจำนวน 10 ชิ้นต่อหนึ่งตัวอย่าง
 - การดัดสถิตย์ (Static bending) (ASTM 1989a) ใช้ชิ้นทดสอบไม้ยางพาราจำนวน 10 ชิ้นต่อหนึ่งตัวอย่าง

โดยพบว่าการผสมสารเพิ่มการยึดติดทั้ง 2 ชนิดคือ แบ่งข้าวเหนียวเจลลาติไนซ์ และคิวมาโรนอีพอกซิเดชันลงในกาวยางส่งผลให้ความต้านแรงลอกของกาวลดลงเนื่องจากการรวมตัวเป็นกลุ่มเล็กๆของอนุภาคในกาวเมื่อแห้ง จึงทำให้ความเป็นยาง (Elastomer) และความเป็นเนื้อเดียวกันของกาวลดน้อยลง ตรงกันข้ามความต้านแรงเฉือนการผสมสารเพิ่มการยึดติดทั้ง 2 ชนิดคือ แบ่งข้าวเหนียวเจลลาติไนซ์และคิวมาโรนอีพอกซิเดชันลงในกาวยาง ส่งผลให้ความต้านแรงเฉือนของกาวเพิ่มขึ้นโดยคิวมาโรนอีพอกซิเดชันส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของความต้านแรงเฉือนมากกว่าแบ่งข้าวเหนียวเจลลาติไนซ์

กาวยางที่ผสมคิวมาโรนอิมัลชันสามารถยึดติดไม้ได้ดีกว่ากาวยางที่ผสมแป้งข้าว-
เหนียวเจลลาติไนซ์กับคิวมาโรนอิมัลชัน และกาวยางที่ผสมแป้งข้าวเหนียวเจลลาติไนซ์
ตามลำดับ และกาวยางสามารถยึดติดได้ดีมากขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณคิวมาโรนอิมัลชัน ซึ่งปริมาณ
สูงสุดที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ 8 phr ซึ่งเป็นสูตรกาวที่ดีที่สุด เนื่องจากมีเนื้อกาว ความหนืด และความ
หนาแน่นผ่านตามอก. 521-2527 แต่ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ที่ 9.5 ซึ่งสูงกว่ามอก.181-2530
เพราะต้องมีการปรับความเป็นกรด-ด่าง เพื่อไม่ให้กาวยางจับตัวเป็นก้อน กาวยางผสมคิวมาโรน-
อิมัลชัน 8 phr มีค่าความต้านแรงลอก ความต้านแรงเฉือน แรงดึงขนาบเส้นสูงสุด ค่ามอดูลัส
แตกร้าวคือ 0.88×10^6 kN/m, 5.08×10^6 N/m², 28.40×10^6 N/m² และ 20.21×10^6 N/m² ตามลำดับ ซึ่งมี
ค่าน้อยกว่ากาวUF แต่หากไม่คิดค่าความต้านแรงลอกผลที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับผลของกาว TOA คือ
ความต้านแรงเฉือน แรงดึงขนาบเส้นสูงสุด และค่ามอดูลัสแตกร้าว 6.2×10^6 N/m², 37.21×10^6
N/m² และ 23.03×10^6 N/m² ตามลำดับ ซึ่งเป็นกาวที่นิยมใช้สำหรับติดไม้ในปัจจุบัน ดังนั้นจึงมี
ความเป็นไปได้สูงในการพัฒนากระบวนการนี้ให้สามารถใช้ในการอุตสาหกรรมไม้ยางพารา นอกจากนี้
กาวยางที่เตรียมได้ก็ยังมีข้อดีตรงที่ไม่เป็นอันตรายกับผู้ใช้งานและไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม เนื่องจากกาว
ยางมีน้ำเป็นส่วนประกอบหลัก จากการประเมินต้นทุนในการเตรียมกาวยางยางผสมคิวมาโรน-
อิมัลชัน 8 phr โดยคำนวณค่าใช้จ่ายเฉพาะในส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมเท่านั้น ไม่คำนึงถึง
ค่าไฟฟ้าและค่าแรงงาน ราคาของกาวยางที่เตรียมได้ประมาณ 219 บาทต่อกิโลกรัม

นอกจากนี้มีการวิเคราะห์ขนาดของอนุภาคของกาวโดยใช้เครื่องมือ Particle size
analyzer และหาขนาดช่องว่างของผนังเซลล์ไม้ยางพาราโดยใช้เทคนิค SEM (Scanning Electron
Microscope) พบว่าอนุภาคของกาวยางที่เตรียมได้ทุกชนิด สามารถแทรกตัวเข้าไปในรูพรุนของไม้
ยางพาราได้เนื่องจากมีขนาดอนุภาคเล็กกว่าขนาดรูพรุนของไม้ยางพารา โดยกาวที่เตรียมได้ทุก
ชนิดมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยใกล้เคียงกันประมาณ 1.1 ไมโครเมตร และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
(Standard deviation, SD) อยู่ในช่วง 0.5-0.7 โดยขนาดอนุภาคใหญ่สุดที่วัดได้มีขนาด 5.8
ไมโครเมตร ขนาดรูพรุนเฉลี่ยของไม้ยางพารามีค่าประมาณ 20 ไมโครเมตร และวิเคราะห์ชิ้นไม้
หลังการทดสอบ พบว่ากาวที่เตรียมได้ส่วนใหญ่อยู่เฉพาะบริเวณผิวหน้าของไม้ยางพาราทำให้แรง
ยึดเกาะระหว่างกาวกับไม้ต่ำ จึงทำให้ค่าความต้านแรงเฉือนที่ได้มีน้อยลงและลักษณะของชิ้น
ทดสอบของกาวยางภายหลังการดึงเกิดความเสียหายเฉพาะตรงจุดที่กาวไม่ได้เกิดบริเวณเนื้อไม้

จากการศึกษาหมู่ฟังก์ชันของกาวยางด้วยเทคนิค FT-IR พบว่ากาวยางที่ผสมแป้ง
ข้าวเหนียวเจลลาติไนซ์ปรากฏหมู่ฟังก์ชันของ C-O-C ที่อยู่บนโมเลกุลของอะไมเลสและอะไมโล-
เพกตินในแป้งข้าวเหนียวเจลลาติไนซ์ และกาวยางที่ผสมคิวมาโรนอิมัลชันปรากฏวงแหวน
เบนซีนที่อยู่บนโมเลกุลของคิวมาโรนเรซิน นอกจากนี้ยังปรากฏหมู่ฟังก์ชันของ C=O เพิ่ม

ขึ้นมาใน กาวยางที่ผสมสารเพิ่มการยึดติดทั้งสองชนิดโดยเฉพาะกาวยางที่ผสมคิวมาโรนอิมัลชัน ซึ่งหมู่ C=O สามารถพบได้ในโมเลกุลของกาว TOA และกาว UF เช่นเดียวกัน

มีการศึกษาสารเพิ่มการยึดเพิ่มเติมนอกขอบเขตการวิจัยโดยใช้ Petroleum resin 15, 30 และ 45 phr, Terpene phenolic resin 30, 45 และ 60 phr, และ ชัน (Dammar) 10, 15 และ 20 phr เป็นส่วนผสมร่วมในกาวน้ำยางธรรมชาติอีพอกไซด์พบว่ากาวยางที่ผสม Terpene phenolic resin สามารถยึดติดไม่ได้ดีกว่ากาวยางที่ผสม Petroleum resin และกาวยางที่ผสมชัน ตามลำดับ และกาวยางผสม Terpene phenolic resin สามารถยึดติดได้ดีมากขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณ Terpene phenolic resin ซึ่งปริมาณสูงสุดที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ 60 phr และมีแนวโน้มที่สามารถใส่เพิ่มได้ กาวยางที่ผสม Terpene phenolic resin มีเนื้อกาว ความหนืด และความหนาแน่นผ่าน มาตรฐาน ในส่วนของความต้านทานแรงลอก และความต้านทานแรงเฉือนมีค่า 2.23×10^6 kN/m, 5.64×10^6 N/m² ตามลำดับซึ่งสูงกว่าความต้านทานแรงลอก และความต้านทานแรงเฉือนของกาวยางที่ผสม คิวมาโรนอิมัลชันปริมาณ 8 phr ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.88×10^6 kN/m, 5.08×10^6 N/m² ตามลำดับ และที่สำคัญค่าที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับความต้านทานแรงลอก และความต้านทานแรงเฉือนของกาว UF ซึ่งเป็นกาวที่ใช้สำหรับติดไม้ที่ใช้ในอุตสาหกรรม

บทคัดย่อ

โครงการวิจัย: RDG4950015

ชื่อโครงการวิจัย: การพัฒนาการสำหรับใช้ในงานติดไม้ยางพาราจากน้ำยางธรรมชาติอีพอกไซด์

นักวิจัย: ศศ.ดร. สุกฤทธิรา รัตนวิไลและคณะ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

E-mail Address: sukritthira.b@psu.ac.th

ระยะเวลาทำการวิจัย: ธันวาคม 2548 – สิงหาคม 2550

คำสำคัญ: น้ำยางธรรมชาติอีพอกไซด์, กาวยางติดไม้, ไม้ยางพารา

ปัจจุบันกาวที่ใช้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราเป็นกาวสังเคราะห์จำพวกกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์เป็นโพลีเมอร์ที่จัดอยู่ในประเภทอะมิโนเรซิน (Amino resins) โดยทำปฏิกิริยาควบแน่นระหว่างยูเรียกับฟอร์มัลดีไฮด์ กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์มีความแข็งแรงสูง แต่ไอระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์จัดเป็นสารมีพิษที่เป็นอันตรายกับผู้ใช้ จากเหตุผลดังกล่าวเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคในการใช้เฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา และเล็งเห็นว่าในประเทศไทยโดยเฉพาะทางภาคใต้มีการปลูกยางพาราเป็นจำนวนมาก ในงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาการพัฒนาการจากน้ำยางพาราในรูปของยางธรรมชาติอีพอกไซด์ (ENR) ซึ่งยางธรรมชาติอีพอกไซด์มีลักษณะชอบน้ำ โดยเตรียมยางธรรมชาติอีพอกไซด์จากน้ำยางข้นที่มีปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content, DRC) 20% โดยน้ำหนัก ทำปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส โดยใช้กรดเปอร์ฟอร์มิกเป็นสารอีพอกซิไดซ์ พบว่าปริมาณหมู่อีพอกไซด์ที่เกิดขึ้นบนโมเลกุลยางธรรมชาติเพิ่มขึ้นตามเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา และค่าอุณหภูมิกลายแก้ว (Glass transition temperature, T_g) ของยางธรรมชาติอีพอกไซด์มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณหมู่อีพอกไซด์ และเปอร์เซ็นต์โมลอีพอกไซด์ที่เหมาะสมสำหรับผลิตกาวยางเท่ากับ 44% ที่เวลาทำปฏิกิริยา 6 ชั่วโมง เมื่อทดสอบด้วยเครื่อง FT-IR กาวยางที่ผสมแป้งข้าวเหนียวเจลาตินในโซ่ปรากฏหมู่ฟังก์ชันของ C-O-C บนโมเลกุลของอะไมเลสและอะไมโลเพกตินในแป้งข้าวเหนียวเจลาตินในโซ่ และกาวยางที่ผสมคิวมาโรนอิมัลชัน ปรากฏวงแหวนเบนซีนที่อยู่บนโมเลกุลของคิวมาโรนเรซิน และปรากฏ C=O ซึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชันใหม่ที่เกิดขึ้นในกาวยาง สำหรับกาวยางที่ผสมคิวมาโรนอิมัลชันที่มีความเป็นกรดต่างของน้ำยางน้อยกว่า 8.6 น้ำยางจะจับตัวเป็นก้อน แต่กาวยางที่มีความเป็นกรดต่างมากกว่า 8.6 น้ำยางยังคงสภาพเป็นของเหลวหนืด สำหรับกาวยางทุกสูตรมีปริมาณเนื้อกาว (%TSC) ความหนาแน่น และความหนืดผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกาวยาง

มอก.521-2527 แต่ความเป็นกรด-ด่างสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกาวโพลีไวนิลอะซิเตตอิมัลชันมอก.181-2530 กาวยางที่ผสมคิวมาโรนอิมัลชันมีค่าความต้านแรงเฉือนสูงกว่า กาวยางที่ผสมระหว่างแป้งข้าวเหนียวเจลาตินไนซ์กับคิวมาโรนอิมัลชัน และกาวยางที่ผสมแป้งข้าวเหนียวเจลาตินไนซ์ และมีค่าเพิ่มตามปริมาณคิวมาโรนอิมัลชันที่ใช้ สำหรับกาวยางที่ผสมคิวมาโรนอิมัลชันปริมาณ 8 phr เป็นสูตรกาวที่ดีที่สุด มีค่าความต้านแรงเฉือน แรงดึงขนานเสี้ยน สูงสุด และค่ามอดูลัสแตกร้าวเท่ากับ $5.08 \times 10^6 \text{ N/m}^2$, $28.40 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ และ $20.21 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ ตามลำดับ แต่ค่าที่ได้ยังน้อยกว่ากาว TOA และกาว UF

ABSTRACT

Project Code: RDG4950015

Project Name: Development of Rubber Wood Adhesive from Epoxidized Natural Rubber Latex

Researcher: Sukritthira Ratanawilai, et al. Chemical Engineering Department, Engineering

Faculty, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112

E-mail Address: sukritthira.b@psu.ac.th

Project Period: December, 2005 – August 2007

Keyword: Epoxidized Natural Rubber Latex, Rubber Wood Adhesive, Rubber Wood

At the moment, adhesive mostly used in rubber wood furniture industry is urea-formaldehyde which is amino resin polymer. It is made from condensation reaction between urea and formaldehyde. This adhesive has good adhesion but it is harmful for user because formaldehyde is poison and causes the irritation. For the safety of rubber wood furniture user and for the benefit of the owner of rubber wood plantation in the south of Thailand, the adhesive prepared from rubber latex is developed in the form of epoxidized natural rubber (ENR) and it is a water-based adhesive. ENR was prepared by epoxidation reaction of 20% DRC rubber latex with the performic acid at 50°C. It was found that the amount of epoxide groups in the natural rubber molecules increased upon time. In addition, T_g of ENR increased as the amount of epoxide groups increased. The optimum epoxidation for using as the adhesive is about 44% with 6 hours of the reaction time. By using FT-IR spectroscopy, C-O-C on molecule of amylose and amylopectin was found for the adhesive mixed with gelatinized sticky rice flour. Furthermore, the benzene ring on molecule of coumarone resin was observed and C=O was formed for the adhesive mixed with coumarone emulsion. Rubber adhesive mixed with coumarone emulsion was coagulated when pH was lower than 8.6 but if pH above 8.6, it was a sticky liquid. Dry rubber content, viscosity and density values of all rubber adhesives prepared in this research were in the range of Thai Industrial Standard 521-2527. However, pH was higher than value in Thai Industrial Standard 181-2530. Rubber adhesive mixed with coumarone emulsion showed higher shear strength followed by rubber adhesive mixed with gelatinized sticky rice flour and coumarone emulsion, and rubber adhesive mixed with gelatinized sticky rice flour, respectively.

Besides, shear strength of rubber adhesive increased with increasing the amount of coumarone emulsion. Rubber adhesive having 8 phr of coumarone emulsion gave the best properties. It had shear strength, tension parallel to grain and modulus of rupture (MOR) of $5.08 \times 10^6 \text{ N/m}^2$, $28.40 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ and $20.21 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ respectively. Nevertheless, these properties are lower than those of TOA and UF.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สำหรับทุนวิจัยเพื่อสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งทำให้งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงไปได้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร.เจริญ นาคะสรรค์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำและแนวทางแก้ปัญหา รวมทั้งอนุเคราะห์สารเคมีบางชนิดสำหรับงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทดสอบ คณะอุตสาหกรรมเกษตร และบุคลากรภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ทุกๆ ท่านที่ให้ความช่วยเหลือจนการดำเนินการวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ท้ายสุดขอขอบคุณสมาชิกในทีมวิจัยการใช้ยางกับงานทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ทุกๆ ท่าน ที่คอยผลักดัน ร่วมฝ่าฟัน และเป็นกำลังใจที่ดีในการทำงานวิจัยชิ้นนี้จนสำเร็จ อีกทั้งเป็นเพื่อนร่วมความคิด ร่วมอุดมการณ์ และเพื่อนร่วมงานที่ดีในการสร้างสรรค์งานการใช้ยางกับงานทางวิศวกรรมต่อไปในอนาคต

สุกฤษฎิ์ รัตน์วิไลและคณะ

สารบัญ

	หน้า
บทสรุปผู้บริหาร	(3)
บทคัดย่อ	(6)
Abstract	(8)
กิตติกรรมประกาศ	(10)
สารบัญ	(11)
รายการตาราง	(13)
รายการภาพประกอบ	(15)
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 บทนำต้นเรื่อง	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2. ตรวจสอบเอกสาร	4
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับน้ำยางธรรมชาติ	4
2.2 ยางธรรมชาติอีพอกไซค์	12
2.3 วัสดุแก้วและการยึดเกาะ	23
2.4 ชนิดของข้อต่อไม้ที่ใช้ในเฟอร์นิเจอร์	35
2.5 สารเพิ่มการยึดติด	36
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	44
3. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	48
3.1 สารเคมี	48
3.2 อุปกรณ์	49
3.3 วิธีการวิจัย	52
4. ผลการทดลองและวิจารณ์	58
ส่วนที่ 1 รายงานผลตามขอบเขตงานวิจัยโดยใช้ Coumarone resin และแป้งข้าวเหนียว เจลลาตินซ์ เป็นส่วนผสมร่วมในกาวน้ำยางธรรมชาติอีพอกไซค์	
4.1 การวิเคราะห์สมบัติของยางธรรมชาติอีพอกไซค์	58
	(11)

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 การเตรียมสารเพิ่มการยึดติด	64
4.3 การเตรียมกาวยาง	65
4.4 การทดสอบคุณสมบัติของกาว	80
4.5 การทดสอบความต้านแรงลอก	83
4.6 การทดสอบความต้านแรงเฉือน	86
4.7 การทดสอบความแข็งแรงของข้อต่อแบบนิ้วมือประสาน	90
4.8 การประเมินต้นทุนในการเตรียมกาวยาง	93
ส่วนที่ 2 การรายงานผลการศึกษาเพิ่มเติมนอกขอบเขตงานวิจัยโดยใช้ Petroleum resin, Terpene phenolic resin, และ ชัน (Dammar) เป็นส่วนผสมร่วมในกาวน้ำยางธรรมชาติอีพอกไซค์	
4.9 สมบัติของน้ำยางธรรมชาติอีพอกไซค์ต่อระยะเวลาการเก็บ	96
4.10 สารเพิ่มการยึดติด	97
4.11 กาวยางธรรมชาติอีพอกไซค์และสารตัวเติม	98
4.12 การทดสอบคุณสมบัติของกาว	102
4.13 การทดสอบความต้านแรงลอก	104
4.14 การทดสอบความต้านแรงเฉือน	106
5. สรุปผลการทดลอง	109
ข้อเสนอแนะ	111
เอกสารอ้างอิง	112
ภาคผนวก	
ก. บทความสำหรับการเผยแพร่และกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง	116
ข. ตารางเปรียบเทียบวัสดุประสงค์	117
ค. คุณลักษณะทางฟิสิกส์ของกาวชนิดต่างๆ	124
ง. ผลการทดสอบคุณสมบัติของกาว	127

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
1 องค์ประกอบของน้ำยางธรรมชาติ	5
2 ชนิดของน้ำยางและระบบการรักษาสภาพน้ำยางขึ้นที่ผลิตโดยวิธีการปั่น	8
3 การใช้สารอีพอกไซด์แต่ละชนิดในปฏิกิริยาออกซิเดชัน	14
4 เปอร์เซ็นต์การบวมพองของยางในของเหลวชนิดต่างๆ	19
5 ตัวอย่างสูตรกาวน้ำยางประเภทกาวฉีกของจดหมาย	26
6 ตัวอย่างสูตรกาวสารละลาย	27
7 ชนิดของเรซิน	37
8 อัตราส่วนของสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	53
9 อัตราส่วนของสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมกาวยางสูตรพื้นฐาน	56
10 อัตราส่วนของสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมกาวยางสูตรปรับปรุง	58
11 ตำแหน่งของหมู่ฟังก์ชันของยางธรรมชาติอีพอกไซด์	59
12 อัตราส่วนการดูดกลืนและปริมาณหมู่อีพอกไซด์ของยางธรรมชาติอีพอกไซด์ที่วิเคราะห์โดยเทคนิค FT-IR และเทคนิค ¹ H-NMR	62
13 กาวสูตรต่างๆ โดยปรับเปลี่ยนเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักและปริมาณของแป้งข้าวเหนียวเจลลาติน	66
14 ผลของความต้านแรงเฉือนในกาวสูตรต่างๆ เมื่อใช้คิวมาโรนอีมีลชัน 8 phr เป็นสารเพิ่มการยึดติด โดยปรับเปลี่ยนค่าความเป็นกรด-ด่างในสูตรกาวพื้นฐาน	69
15 กาวสูตรต่างๆ โดยปรับเปลี่ยนชนิดและปริมาณของสารเพิ่มการยึดติดในสูตรกาวพื้นฐาน (แสดงในรูปน้ำหนักเปียก (กรัม) และน้ำหนักแห้ง (phr))	71
16 ต้นทุนในการเตรียมน้ำยางธรรมชาติอีพอกไซด์	94
17 ต้นทุนในการเตรียม 22% คิวมาโรนอีมีลชัน	94
18 ต้นทุนในการเตรียมกาวยางผสมคิวมาโรนอีมีลชัน 8 phr	95
19 สมบัติของน้ำยางธรรมชาติอีพอกไซด์ต่อระยะเวลาการเก็บ	96
20 กาวยางสูตรปรับปรุงโดยปรับเปลี่ยนชนิด และปริมาณของสารเพิ่มการยึดติด	99
21 สัญลักษณ์หมายเลขแทนชนิดของกาว	102
22 กาวยาง (ตามมอก.521-2527)	124
23 กาวเรซินสังเคราะห์ (ฟีนอลิกและอะมีโนพลาสติก) สำหรับไม้ (ตามมอก.360-2523)	125

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
24 กาวโพลีไวนิลอะซิเตดอิมัลชัน (ตามมอก.181-2530)	126
25 ผลการทดสอบคุณสมบัติกาวก่อนใช้งาน	127
26 ผลการทดสอบคุณสมบัติกาวหลังใช้งาน	128

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบที่	หน้า
1 โครงสร้างของน้ำยางธรรมชาติ	6
2 โครงสร้างของยางธรรมชาติอีพอกไซด์	12
3 ปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันโดยใช้กรดเปอร์ฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	14
4 ปฏิกิริยาการเปิดวงแหวนอีพอกไซด์	15
5 ปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันโดยใช้กรดเปอร์ฟอร์มิก	16
6 การคำนวณการจัดเรียงหมู่อีพอกไซด์แบบสุ่มของยางธรรมชาติอีพอกไซด์	17
7 การเปลี่ยนแปลงของค่าอุณหภูมิกลายแก้วต่อปริมาณเปอร์เซ็นต์โมลอีพอกไซด์	18
8 ¹³ C-NMR สเปกตรัมของยางธรรมชาติอีพอกไซด์ 30 เปอร์เซ็นต์โมล	20
9 ¹ H-NMR สเปกตรัมของยางธรรมชาติอีพอกไซด์ 50 เปอร์เซ็นต์โมล	21
10 กราฟมาตรฐานเปอร์เซ็นต์โมลอีพอกไซด์ของยางธรรมชาติอีพอกไซด์จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FT-IR	22
11 ขนาดและลักษณะชั้นทดสอบความต้านแรงลอก	30
12 ขนาดและลักษณะชั้นทดสอบความต้านแรงเฉือน	31
13 ปากจับชั้นทดสอบความต้านแรงเฉือน	32
14 ขนาดของชั้นทดสอบและการทดสอบการดึงขนานเลื่อน	33
15 ตัวอย่างชั้นทดสอบและตำแหน่งที่ใช้ทดสอบการคัดสติดัย	35
16 โครงสร้างโมเลกุลของ Abietic acid	37
17 โครงสร้างเคมีของ Indene และ Coumarone	38
18 ปฏิกิริยาการเกิดเรซินชนิด Novolak	40
19 โครงสร้างของเรซินฟีนอลิกชนิด Novolak ที่ปรับปรุงด้วยหมู่อัลคิล	40
20 แบบจำลองโครงสร้างกรานูลของแป้ง	41
21 สูตรโครงสร้างทางเคมีของอะไมโลส ซึ่งเชื่อมต่อด้วยพันธะ α -1,4 และอะไมโลเพกติน ที่เชื่อมต่อกับอะไมโลสด้วยพันธะ α -1,6	42
22 การบวม การแตกตัว และการกระจายตัวของกรานูลแป้งขณะเกิดเจล	43
23 ชุดอุปกรณ์สำหรับเตรียมน้ำยางธรรมชาติอีพอกไซด์	49
24 เครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์	50

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบที่	หน้า
25 เครื่องดีฟเฟอร์เรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริมิเตอร์	50
26 เครื่องทดสอบสมบัติด้านการดึง	51
27 เครื่องวัดความหนืด อาร์ วี บรูคฟิลด์	51
28 เครื่องหมุนเหวี่ยง	52
29 วิธีการเตรียมคิวมาโรนอิมัลชัน	55
30 ลักษณะน้ำยางธรรมชาติอีพอกไซค์จากปฏิกิริยาอีพอกซิเคชัน โดยใช้กรดเปอร์ฟอร์มิก และลักษณะน้ำยางขึ้น	58
31 กราฟสเปกตรัมอินฟราเรดของยางธรรมชาติและยางธรรมชาติอีพอกไซค์ระยะเวลาการเกิดปฏิกิริยา 6 ชั่วโมง	60
32 ¹ H-NMR สเปกตรัมของยางธรรมชาติอีพอกไซค์ระยะเวลาการเกิดปฏิกิริยา 6 ชั่วโมง	61
33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์โมลอีพอกไซค์กับเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา	62
34 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิคล้ายแก้วกับเปอร์เซ็นต์โมลอีพอกไซค์ของยางธรรมชาติอีพอกไซค์	63
35 คิวมาโรน อินดิน เรซินในรูปอิมัลชันและแป้งข้าวเหนียวเจลาตินไนซ์	64
36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์โมลอีพอกไซค์กับค่าความต้านแรงเหนียว	65
37 กาวยางสูตรพื้นฐานที่ใช้ 10% โดยน้ำหนักของแป้งข้าวเหนียวเจลาตินไนซ์เป็นสารเพิ่มการยึดติดในปริมาณต่างๆ	67
38 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกาวสูตรต่างๆ กับค่าความต้านแรงเหนียว	67
39 กาวยางที่ค่าความเป็นกรด-ด่างต่างๆ เมื่อใช้คิวมาโรนอิมัลชัน 8 phr เป็นสารเพิ่มการยึดติด	68
40 กราฟแสดงผลของความเป็นกรด-ด่างต่อความต้านแรงเหนียว	69
41 กาวยางธรรมชาติอีพอกไซค์ 44% โมลอีพอกไซค์ ผสมแป้งข้าวเหนียวเจลาตินไนซ์ 10% โดยน้ำหนัก : คิวมาโรนอิมัลชัน 22% โดย น้ำหนัก ที่ปริมาณต่างๆ	73
42 กราฟแสดงสเปกตรัมอินฟราเรดของกาว UF กาว TOA และกาวยาง	74
43 กราฟแสดงสเปกตรัมอินฟราเรดของแป้งข้าวเหนียวเจลาตินไนซ์ กาวยางและกาวยางที่ผสมแป้งข้าวเหนียวเจลาตินไนซ์	75

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบที่	หน้า
44 กราฟแสดงสเปกตรัมอินฟราเรดของคิวมาโรนอิมัลชัน กาวยางและกาวยางที่ผสม คิวมาโรนอิมัลชัน	76
45 กราฟแสดงขนาดอนุภาคเฉลี่ยของกาวยางชนิดต่างๆ	77
46 ภาพถ่ายขวางเลื่อยรูปทรงของไม้ยางพารา ก่อนและหลังขัดกระดาษทราย	78
47 ภาพถ่าย SEM แสดงลักษณะพื้นผิวของกาวยางผสมคิวมาโรนอิมัลชัน 8 phr และกาวยางผสมแป้งข้าวเหนียวเจลาตินไนซ์ 8 phr ณ กำลังขยายต่างๆ	79
48 กราฟแสดงผลของชนิดกาวต่อปริมาณเนื้อกาว	80
49 กราฟแสดงผลของชนิดกาวต่อความหนาแน่น	80
50 กราฟแสดงผลของชนิดกาวต่อความหนืด	81
51 กราฟแสดงผลของชนิดกาวต่อความเป็นกรด-ด่าง	81
52 กราฟแสดงผลของชนิดกาวต่อความต้านแรงลอก	83
53 ลักษณะชั้นทดสอบภายหลังการทดสอบความต้านแรงลอก	84
54 กราฟแสดงผลของชนิดกาวต่อความต้านแรงเฉือน	87
55 ลักษณะของชั้นทดสอบภายหลังการทดสอบแรงเฉือน	89
56 กราฟแสดงผลของชนิดกาวต่อแรงดึงขนาบเสี้ยนสูงสุด	90
57 ลักษณะของชั้นทดสอบภายหลังการทดสอบแรงดึงขนาบเสี้ยนสูงสุด	90
58 กราฟแสดงผลของชนิดกาวต่อค่ามอดูลัสแตกร้าว	91
59 ลักษณะของชั้นทดสอบภายหลังการทดสอบการดัดสติลย์	92
60 ลักษณะ Petroleum resin	97
61 ลักษณะ Terpene phenolic resin	97
62 ลักษณะ ชัน (Dammar)	98
63 กาวยางโดยมีสารเพิ่มการยึดติด คือ Terpene phenolic resin และ Petroleum resin ที่ปริมาณต่างๆ	100
64 กาวยางโดยมีสารเพิ่มการยึดติดคือ ชัน ที่ปริมาณต่างๆ	101
65 กราฟแสดงผลของชนิดกาวต่อปริมาณเนื้อกาว	102
66 กราฟแสดงผลของชนิดกาวต่อความหนาแน่น	103
67 กราฟแสดงผลของชนิดกาวต่อความหนืด	103

รายการภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบที่	หน้า
68 กราฟแสดงผลของชนิดกาบต่อความเป็นกรด-ด่าง	104
69 กราฟแสดงผลของชนิดกาบต่อความต้านแรงลอก	105
70 กราฟแสดงผลของชนิดกาบต่อความต้านแรงเฉือน	107

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำต้นเรื่อง

ปัจจุบันกาที่ใช้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราเป็นกาสังเคราะห์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศจำพวกกายูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์หรือกาไอโซไซยานเนต ซึ่งไอของฟอร์มัลดีไฮด์ หากสูดดมเข้าไปมากๆ อาจทำให้น้ำท่วมปอด แน่นหน้าอกและเสียชีวิตได้ในที่สุด [1] ในส่วนของกาไอโซไซยานเนต ไอของกาชนิดนี้จัดเป็นสารที่มีพิษต่อระบบหายใจทำให้หลอดลมหดเกร็งเช่นกัน [2] นอกจากนี้แล้วจากข้อมูลการผลิตกาจำพวกกายูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ ที่ผลิตจากบริษัทในประเทศไทยโดยนำเข้าเฉพาะสารเคมีหลักจากต่างประเทศ พบอัตราการผลิตในปี 2546 ประมาณ 86,000 ตันต่อปี (<http://www.thannews.th.com/detailNews>) โดยกายูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ที่ใช้สำหรับข้อต่อไม้ชนิดต่างๆมีราคาประมาณ 38 บาทต่อกิโลกรัม หากใช้ในการอัดประสานต้องการความแข็งแรงสูงราคากายูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ประมาณ 56 บาทต่อกิโลกรัม และใช้ร่วมกับ hardener ราคาประมาณ 181 บาทต่อกิโลกรัม (บริษัท National starch and chemical (Thailand) Ltd) ราคาขายเฉลี่ยของกาทั้งสองประเภทประมาณ 80 บาทต่อกิโลกรัม ดังนั้นราคาขายรวมเบื้องต้นประมาณ 6,880 ล้านบาทต่อปี โดยกาใช้งานส่วนใหญ่ของกาทั้ง 2 ชนิดคือใช้กับงานไม้ทั่วไป งานไม้ในโรงงานเฟอร์นิเจอร์ งานบรรจุภัณฑ์ที่ใช้กระดาษหนา รวมทั้งกล่องกระดาษต่างๆ ซึ่งมีมูลค่าของกาสูงดังนั้นเพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้เฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา เพื่อลดการสูญเสียเงินจากการนำเข้ากาหรือสารเคมีในการผลิตกาสำหรับติดไม้ยางพาราที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และเพื่อหาแนวทางต่อสู้กับความก้าวหน้าของนักวิจัยต่างประเทศที่พยายามค้นคว้าวิจัยเพื่อหาทางสังเคราะห์ชนิดต่างๆ มาแทนกาใช้ยางธรรมชาติผู้วิจัยจึงขอเสนอโครงการวิจัยหัวข้อการพัฒนาการผลิตกาสำหรับใช้ในงานติดไม้ยางพาราจากน้ำยางธรรมชาติอีพอกไซด์ โดยมีเป้าหมายที่จะส่งเสริมการนำน้ำยางธรรมชาติไปใช้ในการผลิตกาสำหรับใช้ในงานติดไม้ยางพารา โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม นั่นคือ การเตรียมวัสดุกาจากน้ำยางธรรมชาติซึ่งหลีกเลี่ยงกาใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ Organic solvent เช่น โทลูอิน หรือ เฮกเซน ซึ่งสารเหล่านี้เป็นตัวก่อให้เกิดมลพิษ ประกอบกับในประเทศไทยโดยเฉพาะ 14 จังหวัดภาคใต้ น้ำยางพาราหาได้ง่ายและมีราคาถูก หากสามารถผลิตกาสำหรับติดไม้ยางพาราจากน้ำยางธรรมชาติจะช่วยให้น้ำยางธรรมชาติเป็นที่ต้องการในตลาดวัสดุกาต่อไปใน

อนาคตซึ่งเป็นผลดีต่อเศรษฐกิจของประเทศและชาวสวนยาง จากการคำนวณราคาต้นทุนต่อ 1 กิโลกรัมของสูตรกาวที่เสนอผลิตในงานวิจัยครั้งนี้โดยไม่รวมค่าใช้จ่ายด้านพลังงานและสารเพิ่มความเหนียวที่ใช้คือ Coumarone resin และแป้งข้าวเหนียว มีราคาประมาณ 200 บาทต่อ 1 กิโลกรัม โดยมีสัดส่วนการใช้น้ำยางธรรมชาติอยู่ 70 ส่วนต่อสารเคมี 30 ส่วนซึ่งหากแนวโน้มในการพัฒนาการผลิตกาวสำหรับใช้ในงานติดไม้ยางพารามีผลเป็นที่น่าพอใจประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับก็จะนำไปสู่ความสามารถในการเพิ่มมูลค่าของสินค้าทางการเกษตรกรรมของประเทศคือยางพารา และนำไปสู่ความก้าวหน้าเชิงวิชาการในด้านสารยึดติดที่ปราศจากตัวทำละลาย

แนวทางในการผลิตโดยกาวใช้น้ำยางธรรมชาติอีพอกไซด์ ซึ่งเตรียมจากน้ำยางธรรมชาติโดยใช้กรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการทำปฏิกิริยาอีพอกซิเคชัน (วัชรินทร์ สายน้ำใส 2545) ซึ่งทำให้เกิดวงแหวนอีพอกไซด์ (Epoxide rings) ในโมเลกุลยางธรรมชาติซึ่งวงแหวนอีพอกไซด์สามารถแตกออกได้ง่ายและเกิดอันตรกิริยาต่อได้ดีโดยเฉพาะกับหมู่ไฮดรอกซิลในโมเลกุลของแป้ง น้ำยางธรรมชาติอีพอกไซด์ที่ได้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตกาวตามสูตรที่เลือกใช้ต่อไป

ผู้ทำวิจัยเสนอใช้น้ำยางธรรมชาติอีพอกไซด์ เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตกาวตาม โดยมี Coumarone resin และแป้งข้าวเหนียวเจลาติไนซ์ เป็นส่วนผสมร่วมซึ่งทำหน้าที่เพิ่มความแข็งแรงในการเกาะติดให้แก่กาว นำกาวที่เตรียมได้ทดสอบสมบัติกาวได้แก่ ปริมาณเนื้อกาว ความหนืด ความหนาแน่น และความเป็นกรด-ด่าง และทดสอบคุณภาพรอยต่อระหว่างกาวที่ผลิตได้กับข้อต่อไม้ยางพาราโดยทดสอบคุณภาพของรอยต่อด้วยการทดสอบความต้านแรงเฉือน (Shear strength) ความต้านแรงลอก (Cleavage peel strength) การดึงขนานเสี้ยน (Tension parallel to grain) และการคดสถิตย์ (Static bending) โดยมีปัจจัยและตัวแปรต่างๆที่ต้องการศึกษาตามวัตถุประสงค์และขอบเขตที่ได้กล่าวในลำดับต่อไป โดยในรายงานวิจัยฉบับนี้แบ่งการรายงานผลการวิจัยออกเป็น 2 ส่วนประกอบกันคือ ส่วนที่ 1 การรายงานผลตามขอบเขตของงานวิจัยโดยใช้ Coumarone resin และแป้งข้าวเหนียวเจลาติไนซ์ เป็นส่วนผสมร่วม ส่วนที่ 2 การรายงานผลการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อประโยชน์ของงานวิจัยโดยการใช้ Petroleum resin, Terpene phenolic resin, และ ชัน (Dammar) เป็นส่วนผสมร่วม

กล่าวโดยสรุปการวิจัยนี้ คือ การเตรียมน้ำยางธรรมชาติอีพอกไซด์จากน้ำยางพาราสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในการเตรียมกาวยางให้ได้คุณภาพตามมาตรฐาน เพื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา และเพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้บริโภคในการใช้เฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราและเพิ่มมูลค่าให้กับน้ำยางพารา

1.2 วัตถุประสงค์

1. ให้ได้ผลิตภัณฑ์กาวจากน้ำยางธรรมชาติอีพอกไซค์สำหรับใช้ในงานติดไม้ยางพาราที่มีคุณสมบัติเชิงเคมี ฟิสิกส์ และเชิงกลตามมาตรฐานอุตสาหกรรมกาว โดยใช้สารเพิ่มความเหนียว Coumarone resin และ แป้งข้าวเหนียวเจลาตินในขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์กาว
2. ทดสอบคุณภาพเชิงเปรียบเทียบของรอยต่อไม้ยางพาราด้วยกาวที่ผลิตได้จากน้ำยางธรรมชาติอีพอกไซค์กับกาวที่ใช้ในโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบสูตร และส่วนผสมในการผลิตกาวจากน้ำยางธรรมชาติอีพอกไซค์
2. ทราบประสิทธิภาพ และคุณสมบัติต่างๆ ของกาวที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับกาวที่ใช้ทั่วไปในอุตสาหกรรมไม้ยางพารา
3. ได้กาวจากน้ำยางธรรมชาติอีพอกไซค์สำหรับใช้ในงานติดไม้ยางพารา
4. ทราบผลการวิจัยเชิงเศรษฐศาสตร์
5. สามารถนำผลงานที่ได้เผยแพร่ต่อสาธารณชน

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับน้ำยางธรรมชาติ

น้ำยางธรรมชาติเป็นยางไม้ที่ได้จากการกรีดต้นไม้ใหญ่ที่เรียกว่า ต้นยางพารา มีชื่อเรียกทางพฤกษศาสตร์ว่า *Hevea brasiliensis* และมีถิ่นฐานเดิมอยู่ในทวีปอเมริกาใต้ ในปัจจุบันนิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลาย เช่น อุตสาหกรรมถุงมือยาง อุตสาหกรรมยางรถยนต์ เป็นต้น ทั้งในรูปของน้ำยางสด น้ำยางข้นจากการรักษาสภาพ และยางดิบประเภทต่างๆ

2.1.1 สมบัติทั่วไปของน้ำยางธรรมชาติ [3]

เมื่อกรีดยางผ่านเปลือกของต้นยาง จะมีน้ำยางซึมออกมาเป็นของเหลวสีขาวขุ่น คล้ายน้ำมันหรือครีม กลิ่นหอมเล็กน้อย มีความหนาแน่นระหว่าง 0.975 ถึง 0.980 กรัมต่อมิลลิลิตร มีค่าความเป็นกรด-ด่างตั้งแต่ 6.5 ถึง 7.0 ความหนืดและส่วนประกอบต่างๆ ของน้ำยางจะเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น พันธุ์ยาง อายุของต้นยาง และฤดูกาลกรีด เป็นต้น เมื่อนำน้ำยางที่กรีดได้ไปตรวจสอบจะพบว่ามือนูภาคขนาดต่างๆ กันแขวนลอย (Dispersion) อยู่ในตัวกลางที่เป็นของเหลว นูภาคเหล่านี้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 5 ไมโครเมตร และมีประจุเป็นลบซึ่งผลักกันตลอดเวลา จึงทำให้นูภาคเหล่านี้สามารถแขวนลอย และคงสภาพเป็นของเหลวอยู่ได้นานจนกว่าจะมีปัจจัยต่างๆ มารบกวนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง สำหรับส่วนของสารที่เป็นตัวกลางนั้น โดยทั่วไปเรียกว่า เซรัม (Serum)

น้ำยางมีลักษณะเป็นสารละลายคอลลอยด์ (Colloid) ชนิดไฮโดรโซล (Hydrosol) หรือสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย แต่มีลักษณะพิเศษกว่าไฮโดรโซลทั่วไป คือ น้ำยางมีลักษณะกึ่งชอบน้ำ (Hydrophilic) คือ ลักษณะที่เป็นสารละลายได้ง่ายเมื่อมีน้ำเป็นตัวทำละลาย และไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) คือ ลักษณะที่ไม่ยอมรวมกับน้ำ แต่ลักษณะที่ไม่ชอบน้ำจะเด่นกว่า นอกจากนี้ น้ำยางยังประกอบด้วยส่วนที่ไม่ใช่ยาง ได้แก่ สารพวกโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และอนุผลของโลหะ เป็นต้น องค์ประกอบของน้ำยางจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบของน้ำยางธรรมชาติ [3]

องค์ประกอบของน้ำยาง	ปริมาณ (%โดยน้ำหนัก)
ส่วนที่เป็นเนื้อยาง	35
ส่วนที่ไม่ใช่เนื้อยาง	
-ส่วนที่เป็นน้ำหรือเซรัม	55
-ส่วนที่เป็นลูทอยด์ (Lutoid) และสารอื่นๆ	10

ส่วนที่เป็นเนื้อยาง

เป็นอนุภาคที่ประกอบด้วยสารไฮโดรคาร์บอนได้จากหน่วยไอโซพรีน (Isoprene) มาเชื่อมต่อกันแขนงลอยอยู่ในเซรัม อนุภาคยางมีทั้งทรงกลมและรีคล้ายลูกแพร์ และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.02-0.03 ไมครอน โมเลกุลมีขนาดใหญ่ไม่ละลายน้ำ และเมื่ออยู่ในสภาพน้ำยางสดผิวรอบอนุภาคจะถูกห่อหุ้มด้วยชั้นของสารจำพวกไขมันและโปรตีน นอกจากนี้ยังมีโลหะบางชนิด เช่น แมกนีเซียม โพแทสเซียม และทองแดง ปนอยู่ในส่วนของยางประมาณ 0.05% โดยน้ำหนัก

ส่วนที่ไม่ใช่ยาง

ส่วนที่เป็นน้ำหรือที่เรียกว่าเซรัมของยาง มีความหนาแน่นประมาณ 1.02 กรัมต่อมิลลิลิตร ประกอบด้วยสารต่างๆ ดังนี้

- คาร์โบไฮเดรต เป็นสารพวกแป้งและน้ำตาล สารเหล่านี้จะถูกเปลี่ยนแปลงเป็นกรดไขมันได้โดยแบคทีเรียหรือจุลินทรีย์ทำให้น้ำยางจับตัวเป็นก้อน

- โปรตีนและกรดอะมิโนที่สำคัญ ได้แก่ แอลฟาไกลูโบลิน และอีวีน ซึ่งแอลฟาไกลูโบลินพบมากในน้ำยางสดมีสมบัติไม่ละลายน้ำแต่ละลายในสารละลายของเกลือ กรดและด่าง สำหรับอีวีนมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำประมาณ 10,000 และสามารถละลายน้ำได้ สารพวกโปรตีนประมาณครึ่งหนึ่งละลายอยู่ในส่วนที่เป็นน้ำ อีกครึ่งหนึ่งในสีถูกดูดซับอยู่รอบๆ ผิวนอกของอนุภาคยางและที่เหลือปะปนอยู่ในส่วนของลูทอยด์

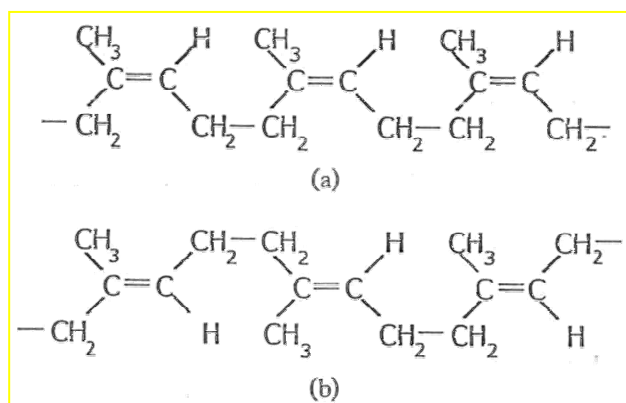
- ลูทอยด์ (Lutoid) หรือวิสคอยด์ (Viscoid) ในน้ำยางมีลักษณะเป็นอนุภาคทรงกลมมีเยื่อหุ้มห่ออยู่ภายในเยื่อประกอบด้วยสารละลายพวกกรด กรดเกลือ โปรตีน น้ำตาล และโพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenoloxidase) มีผลต่อความหนืดและความเสถียรของน้ำยางสดลูทอยด์มีสมบัติการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่าย ดังนั้นการเติมน้ำลงในน้ำยางมีผลทำให้ลูทอยด์เกิดการบวมตัวและแตกออกซึ่งเป็นผลให้ของเหลวภายในลูทอยด์ออกมาอยู่ในส่วนของเซรัม ทำให้น้ำยางมีความหนืดเพิ่มขึ้น นอกจากจะมีสารพวกลูทอยด์แล้วยังมีสารอีกประเภทหนึ่ง เรียกว่า อนุภาค

เฟรย์-วิสลิง (Frey wyssling) ซึ่งมีลักษณะกลม สีเหลืองเข้ม และมีอนุภาคใหญ่กว่าอนุภาคยาง มีสารคาโรทีนอยด์ (Carotinoid) ซึ่งเป็นตัวทำให้เกิดสีเหลือง น้ำยางข้นที่ได้จากการหมุนเหวี่ยงโดยการเติมแอมโมเนียจะไม่พบอนุภาคเฟรย์-วิสลิงอยู่ด้วย อาจเป็นเพราะอนุภาคเหล่านี้ถูกแยกออกจากยางและละลายอยู่ในส่วนของเซรัม

2.1.2 โครงสร้างทางเคมีของน้ำยางธรรมชาติ

น้ำยางธรรมชาติเป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ มีชื่อทางเคมีว่า โพลีไอโซพรีน (Polyisoprene) ซึ่งได้จากหน่วยของไอโซพรีนต่อกันแบบหัวต่อหาง แต่ละหน่วยไอโซพรีนประกอบด้วยธาตุคาร์บอน 5 อะตอม และไฮโดรเจน 8 อะตอม มีสูตรเคมี คือ $(C_5H_8)_n$

การเชื่อมต่อกันเป็นโมเลกุลนั้นอาจเชื่อมได้ 2 แบบ คือ แบบซิส (cis-form) และแบบทรานส์ (trans-form) ซึ่งมีสูตรโครงสร้าง ดังนี้



(a) cis-1,4 Polyisoprene

(b) trans-1,4 Polyisoprene

ภาพประกอบที่ 1 แสดงโครงสร้างของน้ำยางธรรมชาติ [4]

ยางพาราประกอบด้วยสายโซ่โมเลกุลของพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างเกือบทั้งหมด (ประมาณ 97%) เป็น cis-1,4 ดังนั้นชื่อทางเคมีที่แท้จริงของยางพารา คือ cis-1,4 Polyisoprene สำหรับยางกัตตาเปอร์ชา (Gutta-percha) หรือยางบาลาด้า (Balata) มีโครงสร้างเป็น trans-1,4 Polyisoprene ยางกัตตาเปอร์ชามีปลูกอยู่ในประเทศมาเลเซีย ส่วนยางบาลาด้ามีปลูกอยู่ตามชายฝั่งตะวันออกเฉียงเหนือของทวีปอเมริกาใต้และประเทศอินโดเนเซีย ในทางการค้าไม่ค่อยมีความสำคัญมีการใช้งานน้อยซึ่งแต่เดิมใช้ทำสายเคเบิลได้น้ำ ในปัจจุบันใช้หุ้มลูกกอล์ฟและทำกาวยพิเศษบางชนิดเท่านั้น ทั้งนี้เพราะน้ำยางแข็งตัวเร็วมากในอากาศ [3]

2.1.3 การรักษาสภาพน้ำยางธรรมชาติ [5]

น้ำยางสด (Field latex) ที่ได้จากต้น เมื่อทิ้งไว้ส่วนที่เป็นน้ำจะค่อยๆ ระเหยไปทำให้น้ำยางข้นขึ้น หรือถ้าน้ำยางถูกรบกวนจนทำให้สารที่ห่อหุ้มเม็ดยางแตกออก เม็ดยางจะจับตัวเป็นก้อนเล็กๆ ที่เรียกว่า เม็ดพริก และถ้าแตกออกมากก็จะจับตัวเป็นก้อนใหญ่ นอกจากนี้ถ้าใส่กรดลงไปจะช่วยให้ยางจับตัวเป็นก้อนเร็วขึ้น เพราะฉะนั้นถ้าไม่เติมสารเคมีเพื่อป้องกันการจับตัวของเม็ดยางแล้วน้ำยางสดจะคงสภาพอยู่ได้ไม่เกิน 3 ชั่วโมง ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการจับตัว คือ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นในน้ำยาง อุณหภูมิ และสมบัติความคงตัวของน้ำยางแต่ละพันธุ์ ซึ่งสัมพันธ์กับธาตุโลหะที่มีอยู่ในน้ำยางและลูทอยด์ที่แตกออกเนื่องมาจากการกรีดต้นยาง เมื่อน้ำยางเสียสภาพจะเกิดการแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นเนื้อยางกับส่วนที่เป็นขรุ้ม ซึ่งภายหลังจะเกิดการบูดเน่าและมีกลิ่นเหม็น เพราะฉะนั้นสิ่งสำคัญที่ควรกระทำ คือ ภายหลังจากที่ได้น้ำยางจากการกรีดมาแล้วภายใน 2-3 ชั่วโมง ต้องรีบเติมสารรักษาสภาพน้ำยางลงในน้ำยางเพื่อควบคุมการเกิดกรดไขมันทำให้น้ำยางคงสภาพเป็นของเหลวอยู่เสมอ สารเคมีที่ใช้รักษาสภาพน้ำยางมีหลายชนิด ได้แก่ แอมโมเนีย ฟอสเฟต คอสติโกโซดา โซเดียมไบซัลไฟต์ โพร์มาลดีไฮด์กับบอเรต และออกซาลเรต เป็นต้น การใช้แอมโมเนียมีข้อดี คือ สามารถเติมในน้ำยางได้ง่าย และไล่ออกจากน้ำยางได้ง่ายเช่นกัน

การเก็บรักษาสภาพน้ำยาง มี 2 ประการ คือ

1. เก็บรักษาในระยะสั้น (Short-term preservation) วัตถุประสงค์ คือ เพื่อรักษาสภาพน้ำยางให้คงเป็นของเหลวในช่วง 2-3 วัน ก่อนที่จะนำไปทำยางแท่งชนิดต่างๆ หรือก่อนที่จะทำเป็นน้ำยางข้น สารที่ใช้ เรียกว่า สารป้องกันน้ำยางจับตัว (Anticoagulant)
2. เก็บรักษาในระยะยาว (Long-term preservation) ส่วนใหญ่มีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อคงสภาพน้ำยางให้อยู่ในสภาพของน้ำยางข้น ในช่วงที่เก็บอยู่ในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางสำเร็จรูปหรือรอการส่งน้ำยางข้นไปจำหน่ายต่างประเทศ ซึ่งควรเก็บไว้ได้นาน้อย 1 เดือน สารเคมีที่ใช้รักษาสภาพน้ำยางข้นให้เป็นของเหลวอยู่ได้นานๆ เรียกว่า สารรักษาสภาพน้ำยาง (Preservatives) สำหรับน้ำยางข้นที่ใช้แอมโมเนียเพียงอย่างเดียวเพื่อรักษาสภาพน้ำยางจะต้องใช้ปริมาณแอมโมเนียสูงถึง 0.7% โดยน้ำหนัก น้ำยางชนิดนี้ เรียกว่า HA latex (High Ammonia latex) ส่วนน้ำยางที่ใช้แอมโมเนียเล็กน้อยประมาณ 0.2% โดยน้ำหนัก รวมกับสารช่วยอื่นๆ เรียกว่า LA latex (Low Ammonia latex) ตัวอย่างชนิดของน้ำยางและระบบการรักษาสภาพน้ำยางข้นที่ผลิตโดยวิธีการปั่นแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงชนิดของน้ำยางและระบบการรักษาสภาพน้ำยางข้นที่ผลิตโดยวิธีการปั่น [5]

ชนิดของน้ำยาง	ระบบการรักษาสภาพน้ำยางข้น
HA	0.7% โดยน้ำหนักของแอมโมเนีย
LA-SPP	0.2% โดยน้ำหนักของแอมโมเนีย + 0.2% โดยน้ำหนักของโซเดียมเพนตะคลอโรฟีนีต
LA-BA	0.2% โดยน้ำหนักของแอมโมเนีย + 0.2% โดยน้ำหนักของกรดบอริก + 0.05% โดยน้ำหนักของกรดลอริก
LA-ZDC	0.2% โดยน้ำหนักของแอมโมเนีย + 0.1% โดยน้ำหนักของซิงค์ไดเอทิลไดไซโอคาร์บาริเมต + 0.05% โดยน้ำหนักของกรดลอริก
LA-TZ	0.2% โดยน้ำหนักของแอมโมเนีย + 0.013% โดยน้ำหนักของเตตระเมทิลไฮยูเรมไดซัลไฟด์ (TMTD) + 0.13% โดยน้ำหนักของซิงค์ออกไซด์ + 0.05% โดยน้ำหนักของกรดลอริก

หมายเหตุ สารเคมีที่เติมคิดโดยสัดส่วนน้ำหนัก/น้ำหนักยางทั้งหมด

2.1.4 น้ำยางข้น (Concentrated latex)

น้ำยางสดจากต้นยังไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรม เนื่องจากมีปริมาณน้ำยางต่ำ ดังนั้นจึงมีการผลิตน้ำยางข้นเพื่อแยกส่วนที่ไม่ใช่น้ำยางออกไป ทำให้มีเนื้อยางเพิ่มสูงขึ้นและง่ายต่อการเก็บรักษา

น้ำยางข้น หมายถึง น้ำยางที่ผ่านการกำจัดน้ำออกไปบางส่วน เพื่อให้มีเนื้อยางแห้งเพิ่มขึ้นเป็น 60% โดยน้ำหนัก ซึ่งจากเดิมมีเนื้อยางแห้งอยู่เพียง 30-40% โดยน้ำหนัก ปัจจุบันความต้องการน้ำยางข้นเพิ่มมากขึ้น จึงได้ปรับปรุงวิธีการผลิตน้ำยางข้นให้มีสมบัติที่ดีขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำยางข้นเป็นวัตถุดิบ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์แบบจุ่ม (Dipping) แบบหล่อ (Casting) แบบพ่น (Spraying) และแบบใช้แม่แบบ (Molding) เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากน้ำยางข้น ได้แก่ ถุงมือ ลูกโป่ง และกาว เป็นต้น

การผลิตน้ำยางข้นแบ่งออกเป็น 4 วิธี คือ

1. วิธีทำให้เกิดครีม (Creaming)
2. วิธีการปั่นโดยเครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuging machine)
3. วิธีทำให้น้ำระเหย (Evaporation)
4. วิธีการแยกด้วยไฟฟ้า (Electrodecantation)

2.1.4.1 วิธีทำให้เกิดครีม (Creaming)

เป็นวิธีเก่าแก่ที่สุดในการผลิตน้ำยางข้น โดยทำให้ส่วนที่เป็นยางลอยตัวแยกออกจากน้ำหรือใช้สารที่ทำให้เกิดครีม (Creaming agent) เติมลงในน้ำยางสดที่ผสมแอมโมเนีย (เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำยางจับตัวเป็นก้อน) สารพวกนี้ได้แก่ โซเดียมอัลกิเนตหรือแอมโมเนียมอัลกิเนต (Sodium alginate or ammonium alginate) แล้วกวนให้เข้ากันยางตั้งทิ้งไว้ประมาณ 10-12 วัน ส่วนที่เป็นยางจะลอยขึ้นมารวมกันอยู่ทางตอนบนของส่วนที่เป็นน้ำ ดังนั้นน้ำยางจะแยกเป็น 2 ชั้น ชั้นล่างเป็นน้ำซึ่งมีส่วนที่เป็นยางเพียงเล็กน้อย ส่วนชั้นบนเป็นครีมซึ่งมีปริมาณเนื้อยางสูงประกอบด้วยปริมาณของแข็ง (Total Solid Content, TSC) ประมาณ 61.5% โดยน้ำหนัก (ซึ่งมีเนื้อยางแห้งอยู่ประมาณ 60% โดยน้ำหนัก) น้ำที่อยู่ตอนล่างสามารถระบายออกโดยเหลือน้ำยางตอนบนไว้ หลังจากนั้นให้เติมแอมโมเนียลงไปอีกครั้งเพื่อรักษาสภาพน้ำยางข้นแต่วิธีนี้ไม่นิยมทำกัน เพราะยุ่งยากและสิ้นเปลืองเวลา

2.1.4.2 วิธีการปั่นโดยเครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuging machine)

เป็นวิธีที่นิยมใช้มากในปัจจุบัน น้ำยางข้นที่ได้สามารถนำไปทำผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปได้แทบทุกชนิด เครื่องหมุนเหวี่ยงที่ใช้ เรียกว่า Latex separator หรือ Latex concentrator เป็นการหมุนเหวี่ยงเพื่อแยกยางที่เบากว่า (ความถ่วงจำเพาะ 0.92) ออกจากของเหลวที่หนักกว่า (ความถ่วงจำเพาะ 1.02) โดยน้ำยางสดที่ใส่แอมโมเนียมาแล้วจะไหลผ่านท่อเข้าไปในถ้วยปั่นแยกและถูกเหวี่ยงโดยการหมุนด้วยความเร็ว 7,000-8,000 รอบต่อนาที โดยวิธีนี้สารจะถูกแยกออกเป็น 2 ทาง ทางหนึ่งเป็นน้ำยางข้นจะถูกเหวี่ยงขึ้นข้างบน และไหลออกตามช่องทางตอนบนของเครื่องที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดประมาณ 61.5% โดยน้ำหนัก (เป็นเนื้อยางแห้ง 60% โดยน้ำหนัก) ส่วนอีกทางหนึ่งอยู่ด้านล่างเป็นน้ำยางที่มีเนื้อยางแห้งปนอยู่เพียง 3-5% โดยน้ำหนัก เรียกว่า หางน้ำยาง (Skim latex)

การผลิตน้ำยางข้นโดยวิธีการปั่นเป็นวิธีที่นิยมและทำกันเป็นการค้ามากที่สุด ส่วนวิธีอื่นๆ จำกัดการใช้ เพราะเป็นวิธีที่ค่อนข้างยุ่งยาก สิ้นเปลืองเวลา จึงไม่ค่อยนิยมทำเป็นการค้า

2.1.4.3 วิธีทำให้น้ำระเหย (Evaporation)

น้ำยางข้นจากวิธีนี้ มีสมบัติแตกต่างจากวิธีใช้เครื่องหมุนเหวี่ยง วิธีทำเป็นเพียงการระเหยเอาน้ำออกจากน้ำยางสดเพียงอย่างเดียวเท่านั้น จึงต้องเติมสารที่ทำให้น้ำยางคงตัวและไม่ระเหิดไป ได้แก่ สารจำพวกสบู่ และป้องกันไม่ให้น้ำยางที่บริเวณผิวหน้าหรือบริเวณที่มีการระเหยน้ำเกิดการจับตัว การผลิตทำโดยการกรองน้ำยางตามปกติพร้อมทั้งเติมสารที่ทำให้น้ำคงตัวลงไป เช่น สบู่โปแตสเซียมจากน้ำมันมะพร้าว (Potassium coconut oil soap) ปริมาณ 2% โดยน้ำหนักหลังจาก

นั้นทำให้น้ำระเหยด้วยความร้อน โดยผ่านน้ำร้อนเข้าไปในถัง 2 ชั้น ที่มีน้ำยางอยู่ภายใน ขณะที่ถึงบรรจุน้ำยางหมุ่นไปรอบๆ นั้นอากาศภายในถังจะถูกดูดออกไปพร้อมกับพาน้ำที่ระเหยออกจากน้ำยางออกไปให้เร็วที่สุด วิธีนี้จะได้น้ำยางชั้นที่มีปริมาณของแข็งรวมทั้งหมด 70-75% โดยน้ำหนัก น้ำยางชั้นที่ได้มีความคงตัวสูงมากสามารถนำไปใช้ประโยชน์โดยการผสมกับสารที่มีความหนืดสูง เช่น การทำกาว ซีเมนต์ราดถนน เป็นต้น

2.1.4.4 วิธีการแยกด้วยไฟฟ้า (Electrodecantation)

น้ำยางสดเป็นของเหลวที่มีอนุภาคของยางแขวนลอยอยู่ในของเหลวที่เป็นตัวกลาง การเคลื่อนไหวของอนุภาคเหล่านี้จะเกิดอย่างต่อเนื่องตามประจุไฟฟ้าที่มีอยู่ เนื่องจากอนุภาคของยางมีประจุลบจึงวิ่งเข้าหาขั้วบวกตลอดเวลา

วิธีการแยกน้ำยางด้วยไฟฟ้านี้ทำโดยการผ่านกระแสไฟฟ้าลงไปในน้ำยาง ทำให้เกิดความต่างศักย์ภายในเซลล์อนุภาคของยางจะวิ่งเข้าหาจากซึ่งเป็นขั้วบวกที่อยู่ใกล้ที่สุด ทำให้อนุภาคยางอยู่รวมตัวกันหนาแน่นจนเกิดเป็นน้ำยางข้นขึ้น นอกจากนี้อนุภาคยางสามารถลอยตัวขึ้นสู่ข้างบน ซึ่งสามารถช้อนเอาน้ำยางข้นส่วนนี้ออกจากถังได้ วิธีนี้จะได้น้ำยางชั้นที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด 62-63% โดยน้ำหนัก และเนื้อยางแห้ง 60% โดยน้ำหนัก หลังจากนั้นจึงเก็บรักษาโดยการเติมแอมโมเนีย 0.7% โดยน้ำหนักลงในน้ำยาง

2.1.5 การเตรียมสารเพื่อใช้น้ำยาง

สารจำเป็นต่างๆ ที่จะต้องผสมลงในน้ำยางเพื่อการผลิตวัตถุสำเร็จรูปต่างๆ นั้น จำเป็นต้องทำให้อยู่ในสถานะของเหลวเสียก่อน เช่น ทำเป็นสารละลาย ดิสเพิซชันหรืออิมัลชัน (Aqueous solutions, dispersion or emulsions) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารนั้นๆ ว่าเป็นพวกของแข็งที่ละลายน้ำได้หรือไม่ หรือเป็นของเหลวที่ไม่ละลายในน้ำ โดยยกเว้นกรณีพิเศษสำหรับสารเพิ่มบางชนิดที่สามารถผสมในสถานะของแข็งลงในน้ำยางที่จะทำเป็นยางฟองน้ำ และการเติมพวกพลาสติกไซเซอร์ชนิดเอสเตอร์ลงในน้ำยางโพลีไวนิลอะซิเตต [3]

หลักการสำคัญในการพิจารณาเติมสารละลายดิสเพิซชัน และอิมัลชันลงในน้ำยางมีดังนี้คือ

1. ขนาดของอนุภาคสารที่กระจายในดิสเพิซชันและขนาดของของเหลวในอิมัลชันจะต้องเล็กพอๆ กับขนาดของอนุภาคในน้ำยางที่ใช้ อย่างไรก็ตามหลักการพิจารณาข้อนี้ขึ้นอยู่กับ การแปรูปน้ำยางเป็นผลผลิตที่ต้องการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อะไร เช่น การผลิตยางฟองน้ำ ยางใช้อนุภาคสารที่มีขนาดใหญ่กว่ากรณีการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทจุ่มแบบพิมพ์ได้

2. ระบบความคงตัวของดิสเพิซชัน และอิมัลชันควรเหมือนกับระบบความคงตัวของน้ำยางที่ใช้ มิฉะนั้นแล้วอาจเกิดปัญหามีปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดผลน้ำยางจับตัวได้

3. ควรปรับระดับความเป็นกรด-ด่างของสารละลายดิสเพิซชัน และอิมัลชันให้เท่ากับระดับความเป็นกรด-ด่างของน้ำยางที่ใช้

2.1.5.1 การเตรียมสารละลาย

1. สารเร่งปฏิกิริยาละลายน้ำที่ละลายน้ำได้

ในการเตรียมสารเร่งปฏิกิริยาละลายน้ำที่ละลายน้ำได้ มักเกิดปัญหาเกี่ยวกับสารนี้ละลายน้ำได้ไม่ดี และการละลายขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ เช่น โพเพอริดีเนียม เพนตะเมทิลีน ไดโทโอคาบาเมต นอกจากนี้ยังมีปัญหาเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส เช่น พวกโซเดียมเมอเคพโทเบนซไทอาโซล ซึ่งเมื่อเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสดังกล่าวนี้แล้วสารละลายจะมีลักษณะขุ่นและตกตะกอน อีกทั้งยังทำให้ความว่องไวของสารนี้ลดลงด้วย

2. ไฮโดรคอลลอยด์

ใช้ในงานน้ำยางเพื่อปรับความหนืดหรือรักษาความคงตัวของน้ำยาง หรือส่งเสริมลักษณะครีม เป็นต้น การเตรียมสารละลายจากไฮโดรคอลลอยด์ เพื่อให้ได้สารละลายที่มีสถานะการละลายสม่ำเสมอดีนั้นมีความยุ่งยากมาก

2.1.5.2 การเตรียมดิสเพิซัน

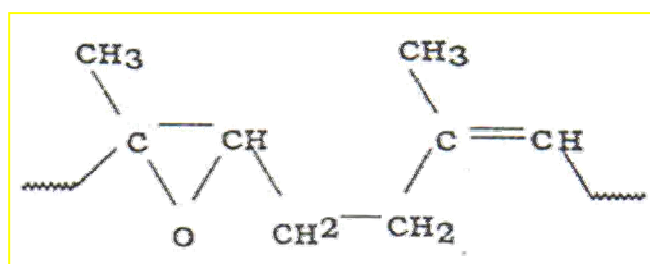
โดยทั่วๆ ไปวิธีการเตรียมดิสเพิซันสำหรับใช้งานน้ำยาง ขั้นแรกคือการผสมสารผงกับน้ำและใส่ตัวการทำให้เกิดดิสเพิซัน และตัวการทำให้เกิดความคงตัวปริมาณเล็กน้อย จากนั้นจึงบดของผสมนี้ด้วยเครื่องบด เพื่อให้บดย่อยอนุภาคของสาร

เครื่องมือที่ใช้บดย่อยอนุภาคของสารแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. ประเภทที่บดย่อยสารอนุภาคเล็กละเอียดที่เกาะกันอยู่ แต่จะไม่บดย่อยสารอนุภาคขนาดใหญ่ เครื่องประเภทนี้เรียกว่า คอลลอยด์มิล (Colloid mills) ใช้เตรียมดิสเพิซันของสารพวกซิงค์ออกไซด์
2. ประเภทที่บดย่อยสารอนุภาคขนาดใหญ่ หรืออนุภาคที่เกาะกันแน่น เครื่องประเภทนี้ได้แก่ บอลและเพบเบิลมิล อุลตราโซนิกมิล และแอททริชันมิล (Ball and Pebble mills Ultrasonic mills and Attrition mills) ใช้เตรียมดิสเพิซันของสารพวกซัลเฟอร์ สารเร่งปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน เป็นต้น

2.2 ยางธรรมชาติอีพอกไซด์ (Epoxidized Natural Rubber, ENR)

น้ำยางธรรมชาติเป็นพอลิเมอร์ที่มีสมบัติชอบน้ำมัน (Hydrophobicity) แต่ในการผลิตกาซึ่งใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย ทำให้สารเคมีที่ใช้กับน้ำยางพาราผสมเข้ากันได้ไม่ดี จึงต้องแก้ไขข้อด้อยนี้ด้วยการดัดแปลงโมเลกุลของยางธรรมชาติให้มีลักษณะชอบน้ำมากขึ้น โดยการเพิ่มหมู่ฟังก์ชันทางเคมีที่มีสภาพขั้วในโมเลกุลจากการทำปฏิกิริยาอีพอกซิเดชัน เพื่อให้ได้เป็นยางธรรมชาติอีพอกไซด์ น้ำยางธรรมชาติอีพอกไซด์ที่ได้จะสามารถผสมกับสารเคมีได้เข้ากันดีขึ้น และวงแหวนอีพอกไซด์สามารถเกิดอัตรกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลใน โมเลกุลของไม้ ซึ่งเป็นการเพิ่มความแข็งแรงในการยึดติดระหว่างกากับไม้



ภาพประกอบที่ 2 แสดงโครงสร้างของยางธรรมชาติอีพอกไซด์

2.2.1 ลักษณะทางเคมีของปฏิกิริยาอีพอกซิเดชัน [7]

ยางธรรมชาติอีพอกไซด์เตรียมโดยการดัดแปลงโมเลกุลยางธรรมชาติจากการทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

สภาวะสารละลาย (Solution state)

โดยใช้กรดเปอร์เบนโซอิก (Perbenzoic acid) กรดเปอร์ฟทาสิก (Perphthalic acid) หรือสารละลายของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กับกรดอะซิติกที่มีกรดพาราโทลูอินซัลโฟนิก เป็นสารเร่งปฏิกิริยา

สภาวะน้ำยาง (Latex state)

โดยทั่วไปนิยมใช้เปอร์แอซิดเป็นสารที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เปอร์แอซิดที่ใช้ คือ กรดเปอร์อะซิติก และกรดเปอร์ฟอร์มิก ทั้งนี้เนื่องจากการใช้เปอร์แอซิดจะให้ปริมาณหมู่อีพอกไซด์ค่อนข้างสูงภายใต้สภาวะของการทำปฏิกิริยาและปริมาณสารเคมีที่เหมาะสม การทำปฏิกิริยาออกซิเดชันในสภาวะน้ำยางนี้จะมีความสะดวก ปลอดภัยจากตัวทำละลาย ประหยัดและเกิดปฏิกิริยาข้างเคียงจากการเปิดวงแหวนอีพอกไซด์ค่อนข้างน้อย จึงนิยมใช้วิธีการนี้มากกว่า

การใช้สารอีพอกไซด์แต่ละชนิดในปฏิกิริยาออกซิเดชัน รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3 [8] โดยวิธีการใช้สารอีพอกไซด์ที่นิยมมีดังนี้ คือ

1. ใช้เปอร์ออกไซด์และไฮโดรเปอร์ออกไซด์

เบนโซิลเปอร์ออกไซด์ใช้เป็นสารอีพอกไซด์พวกพอลิไอโซพรีน ในกรณีของพอลิบิวตะไดอินใช้ *t*-butylhydroperoxide เป็นสารอีพอกไซด์ แต่สารพวกเปอร์แอซิดเป็นสารอีพอกไซด์ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าพวกเปอร์ออกไซด์

2. ใช้เปอร์แอซิดโดยตรง

เปอร์แอซิดเป็นสารอีพอกไซด์สำหรับยางไดอิน ในสภาวะสารละลายและสภาวะน้ำยาง เช่น กรดเปอร์เบนโซอิกเป็นสารอีพอกไซด์ของพอลิไอโซพรีนและพอลิบิวตะไดอิน

3. ใช้เปอร์แอซิดโดยที่เตรียม In situ

3.1 กรดอะซิติกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นกรดเปอร์อะซิติกที่อุณหภูมิสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส และ 60 องศาเซลเซียส เมื่อทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิต่ำจะใช้สารเร่งปฏิกิริยา เช่น *p*-toluenesulfonic acid

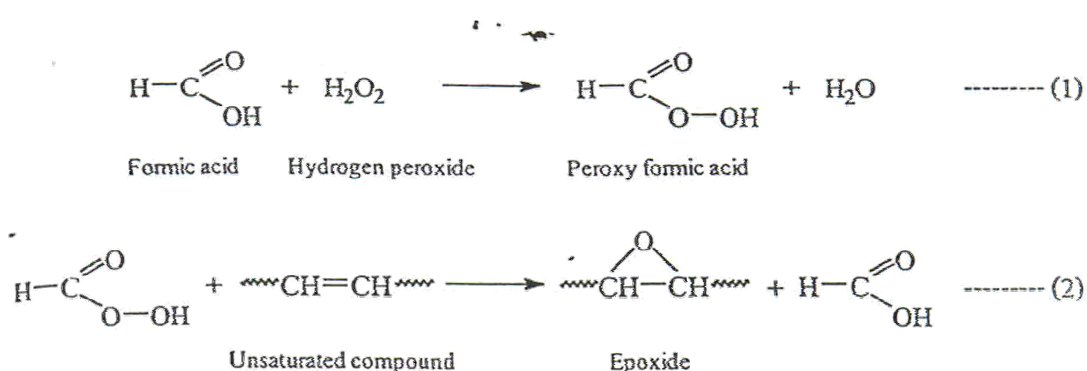
3.2 กรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นสารอีพอกไซด์พวกพอลิไดอินอีลาสโตเมอร์ สำหรับการอีพอกไซด์ยางธรรมชาติในกรณีใช้สารเร่งปฏิกิริยา 1 phr ของ 2,5-di-*t*-phenylhydro quinine ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะได้ยางธรรมชาติอีพอกไซด์ที่มีหมู่อีพอกไซด์ 50 เปอร์เซ็นต์โมล

3.3 กรดฟอร์มิก ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และ second acid เช่น กรดซัลฟูริก

ตารางที่ 3 แสดงการใช้สารอีพอกไซด์แต่ละชนิดในปฏิกิริยาออกซิเดชัน [8]

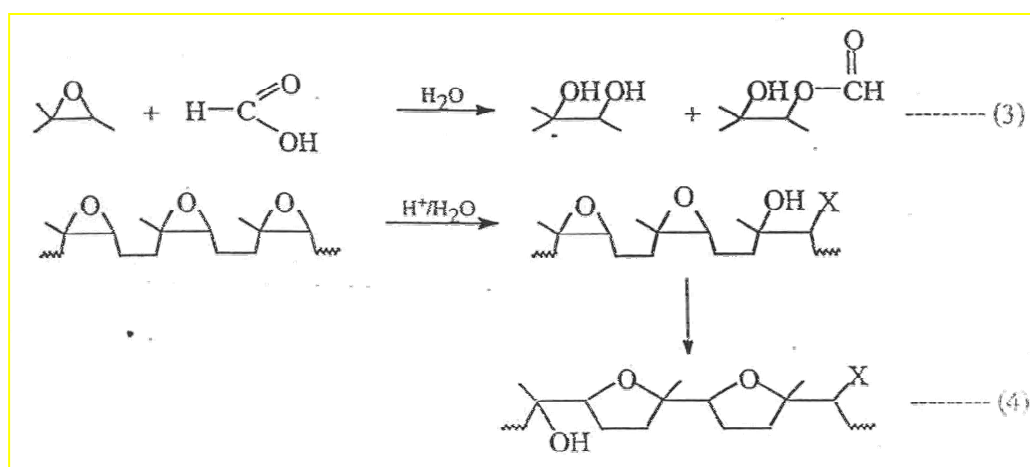
สารอีพอกไซด์	อีลาสโตเมอร์	สถานะของปฏิกิริยา
- Benzoyl peroxide	Polyisoprene	สารละลาย
- Perbenzoic acid	Polybutadiene, natural rubber	สารละลาย
- Hydrogen peroxide + acetic acid	Polybutadiene, natural rubber	สารละลาย
- Hydrogen peroxide + formic acid	Polybutadiene, natural rubber,	สารละลาย และ latex
- Hydrogen peroxide + formic acid	EPDM, SBR	
+ a second acid	SBR, natural rubber	สารละลาย และ latex

โดยทั่วไปปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันของยางธรรมชาติจะใช้กรดเปอร์อะซิติก หรือ กรดเปอร์ฟอร์มิก ซึ่งอาจจะเตรียมเปอร์เอไซด์ก่อน หรืออาจจะใช้แบบการเกิดเปอร์เอไซด์ในขณะที่ทำปฏิกิริยาอีพอกซิเดชัน (in-situ) ก็ได้ การเกิดเปอร์เอไซด์ในขณะที่ทำปฏิกิริยาอีพอกซิเดชัน แสดงดังภาพประกอบที่ 3 อัตราส่วนโดยโมลของกรดฟอร์มิกกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่นิยมใช้อยู่ในช่วง 0.2-0.5 [9]



ภาพประกอบที่ 3 แสดงปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันโดยใช้กรดเปอร์ฟอร์มิกและไฮโดรเจน-เปอร์ออกไซด์ [9]

ในกรณีการใช้กรดอะซิติกจะต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) เช่น กรดซัลฟูริก หรือกรดซัลโฟนิก เพื่อช่วยให้เกิดเป็นเปอร์เอซิดในลักษณะเดียวกับปฏิกิริยาที่ (1) สำหรับการเกิดปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันดังปฏิกิริยาที่ (2) ในภาพประกอบที่ 3 จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่จะต้องควบคุมสถานะของปฏิกิริยาอย่างระมัดระวัง เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปฏิกิริยาการเปิดวงแหวนอีพอกไซด์ซึ่งสามารถเกิดได้ 2 แบบ ดังแสดงในภาพประกอบที่ 4 คือ แบบแรกเป็นการแตกของหมู่อีพอกไซด์อย่างง่าย ซึ่งจะได้ไกลคอล (Glycol) และไฮดรอกซีเอสเทอร์ (Hydroxyester) ดังปฏิกิริยาที่ (3) สำหรับพอลิเมอร์ที่มีหมู่อีพอกไซด์อยู่ติดกันเมื่อเกิดการเปิดวงแหวนอีพอกไซด์จะได้ไซคลิกอีเธอร์ (Cyclic ether) เป็นผลิตภัณฑ์หลัก แสดงดังปฏิกิริยาที่ (4) ในภาพประกอบที่ 4



ภาพประกอบที่ 4 แสดงปฏิกิริยาการเปิดวงแหวนอีพอกไซด์ [9]

2.2.2 การเตรียมยางธรรมชาติอีพอกไซด์

ยางธรรมชาติอีพอกไซด์ (Epoxidized natural rubber, ENR) เตรียมจากน้ำยางธรรมชาติ โดยใช้วิธีการเกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกในขณะที่ทำปฏิกิริยาอีพอกซิเดชัน (Hydrogen peroxide / formic acid in-situ) แสดงดังปฏิกิริยาในภาพประกอบที่ 5 โดยควบคุมสถานะในการเตรียมอย่างระมัดระวัง เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปฏิกิริยาการเปิดวงแหวนอีพอกไซด์ น้ำยางธรรมชาติที่จะนำมาใช้จะต้องนำมาทำให้มีความเสถียรต่อกรดเสียก่อน โดยการเติมสารช่วยเพิ่มความเสถียรที่ไม่มีประจุ (Non-ionic surfactant) จากนั้นจึงนำมาทำปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส นำน้ำยางธรรมชาติอีพอกไซด์ที่ได้มาปรับสภาพให้เป็นกลาง หลังจากนั้นทำให้จับตัวด้วยความร้อนล้างด้วยน้ำ แล้วอบแห้งด้วยอากาศร้อน

การเตรียมยางธรรมชาติอีพอกไซด์ [10] โดยการทำปฏิกิริยาของน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียสูงกับกรดเปอร์ฟอร์มิก ใช้สบู่นิกนอลไอออนิกเป็นสารเพิ่มความเสถียรของน้ำยาง