

## บทสรุปผู้บริหาร (Executive Summary)

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการเตรียมกาวยางจากน้ำยางธรรมชาติอีพอกไซค์ ซึ่งน้ำยางธรรมชาติอีพอกไซค์เกิดจากการทำปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันของน้ำยางธรรมชาติ แล้วนำไปผสมตามสูตรร่วมกับสารเพิ่มการยึดติดต่างๆ เพื่อปรับปรุงสมบัติของกาวน้ำยางธรรมชาติอีพอกไซค์ให้สมบัติดีขึ้นเพื่อให้สามารถนำไปใช้ในงานติดไม้ยางพาราได้ โดยเปอร์เซ็นต์โมลอีพอกไซค์ที่เหมาะสมในการเตรียมกาวยาง มีค่าเท่ากับ 44% โดยใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาอีพอกซิเดชัน 6 ชั่วโมง และสารตัวเติมที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ คิวมาโรนเรซิน 6, 7 และ 8 phr แบ่งข้าวเหนียวเจลลาตินไนซ์ 6, 7 และ 8 phr และแบ่งข้าวเหนียวเจลลาตินไนซ์ผสมร่วมกับคิวมาโรนเรซิน ที่อัตราส่วนต่าง โดยสมบัติที่ต้องการปรับปรุง คือ ความต้านแรงลอก ความต้านแรงเฉือน และนำกาวยางที่ผสมสารเพิ่มการยึดติดแต่ละชนิดที่ให้ค่าแรงเฉือนสูงสุดไปทดสอบความแข็งแรงของรอยต่อแบบนิ้วมือประสานในรูปแรงดึงขนานเส้นสูงสุด และความแข็งแรงของรอยต่อแบบนิ้วมือประสานในรูปการดัดสถิตย์แสดงผลด้วยค่ามอดูลัสแตกร้า 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 แบ่งข้าวเหนียวเจลลาตินไนซ์ และคิวมาโรนอิมัลชันลงในกาวยางส่งผลให้ความต้านแรงลอกของกาวลดลงเนื่องจากการรวมตัวเป็นกลุ่มเล็กๆของอนุภาคในกาวเมื่อแห้ง จึงทำให้ความเป็นยาง (Elastomer) และความเป็นเนื้อเดียวกันของกาวลดน้อยลง ตรงกันข้ามความต้านแรงเฉือนการผสมสารเพิ่มการยึดติดทั้ง 2 ชนิดคือ แบ่งข้าวเหนียวเจลลาตินไนซ์และคิวมาโรนอิมัลชันลงในกาวยาง ส่งผลให้ความต้านแรงเฉือนของกาวเพิ่มขึ้น โดยคิวมาโรนอิมัลชันส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของความต้านแรงเฉือนมากกว่าแบ่งข้าวเหนียวเจลลาตินไนซ์

กาวยางที่ผสมคิวมาโรนอิมัลชันสามารถยึดติดไม้ได้ดีกว่ากาวยางที่ผสมแป้งข้าวเหนียวเจลาตินไนซ์กับคิวมาโรนอิมัลชัน และกาวยางที่ผสมแป้งข้าวเหนียวเจลาตินไนซ์ตามลำดับ และกาวยางสามารถยึดติดได้ดีมากขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณคิวมาโรนอิมัลชัน ซึ่งปริมาณสูงสุดที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ 8 phr ซึ่งเป็นสูตรกาวที่ดีที่สุด เนื่องจากมีเนื้อกาว ความหนืด และความหนาแน่นผ่านตามอก. 521-2527 แต่ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ที่ 9.5 ซึ่งสูงกว่ามอก.181-2530 เพราะต้องมีการปรับความเป็นกรด-ด่าง เพื่อไม่ให้กาวยางจับตัวเป็นก้อน กาวยางผสมคิวมาโรนอิมัลชัน 8 phr มีค่าความต้านแรงลอก ความต้านแรงเฉือน แรงดึงขนานเส้นใยสูงสุด ค่ามอดูลัสแตกร้าคือ  $0.88 \times 10^6$  kN/m,  $5.08 \times 10^6$  N/m<sup>2</sup>,  $28.40 \times 10^6$  N/m<sup>2</sup> และ  $20.21 \times 10^6$  N/m<sup>2</sup> ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่ากาวUF แต่หากไม่คิดค่าความต้านแรงลอกผลที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับผลของกาว TOA คือ ความต้านแรงเฉือน แรงดึงขนานเส้นใยสูงสุด และค่ามอดูลัสแตกร้า  $6.2 \times 10^6$  N/m<sup>2</sup>,  $37.21 \times 10^6$  N/m<sup>2</sup> และ  $23.03 \times 10^6$  N/m<sup>2</sup> ตามลำดับ ซึ่งเป็นกาวที่นิยมใช้สำหรับติดไม้ในปัจจุบัน ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้สูงในการพัฒนากระบวนการนี้ให้สามารถใช้ในการงานอุตสาหกรรมไม้ยางพารา นอกจากนี้กาวยางที่เตรียมได้ก็ยังมีข้อดีตรงที่ไม่เป็นอันตรายกับผู้ใช้และไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม เนื่องจากกาวยางมีน้ำเป็นส่วนประกอบหลัก จากการประเมินต้นทุนในการเตรียมกาวยางยางผสมคิวมาโรนอิมัลชัน 8 phr โดยคำนวณค่าใช้จ่ายเฉพาะในส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมเท่านั้น ไม่คำนึงถึงค่าไฟฟ้าและค่าแรงงาน ราคาของกาวยางที่เตรียมได้ประมาณ 219 บาทต่อกิโลกรัม

นอกจากนี้มีการวิเคราะห์ขนาดของอนุภาคของกาวโดยใช้เครื่องมือ Particle size analyzer และหาขนาดช่องว่างของผนังเซลล์ไม้ยางพาราโดยใช้เทคนิค SEM (Scanning Electron Microscope) พบว่าอนุภาคของกาวยางที่เตรียมได้ทุกชนิด สามารถแทรกตัวเข้าไปในรูพรุนของไม้ยางพาราได้เนื่องจากมีขนาดอนุภาคเล็กกว่าขนาดรูพรุนของไม้ยางพารา โดยกาวที่เตรียมได้ทุกชนิดมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยใกล้เคียงกันประมาณ 1.1 ไมโครเมตร และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation, SD) อยู่ในช่วง 0.5-0.7 โดยขนาดอนุภาคใหญ่สุดที่วัดได้มีขนาด 5.8 ไมโครเมตร ขนาดรูพรุนเฉลี่ยของไม้ยางพารามีค่าประมาณ 20 ไมโครเมตร และวิเคราะห์ชั้นไม้หลังการทดสอบ พบว่ากาวที่เตรียมได้ส่วนใหญ่อยู่เฉพาะบริเวณผิวหน้าของไม้ยางพาราทำให้แรงยึดเกาะระหว่างกาวกับไม้ต่ำ จึงทำให้ค่าความต้านแรงเฉือนที่ได้มีน้อยลงและลักษณะของชั้นทดสอบของกาวยางภายหลังการดึงเกิดความเสียหายเฉพาะตรงจุดหากาวไม่ได้เกิดบริเวณเนื้อไม้

จากการศึกษาหมู่ฟังก์ชันของกาวยางด้วยเทคนิค FT-IR พบว่ากาวยางที่ผสมแป้งข้าวเหนียวเจลาตินไนซ์ปรากฏหมู่ฟังก์ชันของ C-O-C ที่อยู่บน โมเลกุลของอะไมเลสและอะไมโลเพกตินในแป้งข้าวเหนียวเจลาตินไนซ์ และกาวยางที่ผสมคิวมาโรนอิมัลชันปรากฏวงแหวนเบนซีนที่อยู่บน โมเลกุลของคิวมาโรนเรซิน นอกจากนี้ยังปรากฏหมู่ฟังก์ชันของ C=O เพิ่ม

ขึ้นมาใน กาวยางที่ผสมสารเพิ่มการยึดติดทั้งสองชนิด โดยเฉพาะกาวยางที่ผสมคิวมาโรนอิมัลชัน ซึ่งหมู่ C=O สามารถพบได้ในโมเลกุลของกาว TOA และกาว UF เช่นเดียวกัน

มีการศึกษาสารเพิ่มการยึดติดเพิ่มเติมนอกขอบเขตการวิจัยโดยใช้ Petroleum resin 15, 30 และ 45 phr, Terpene phenolic resin 30, 45 และ 60 phr, และ ชัน (Dammar) 10, 15 และ 20 phr เป็นส่วนผสมร่วมในกาวน้ำยางธรรมชาติฟอกไซค์พบว่ากาวยางที่ผสม Terpene phenolic resin สามารถยึดติดไม้ได้ดีกว่ากาวยางที่ผสม Petroleum resin และกาวยางที่ผสมชัน ตามลำดับ และกาวยางผสม Terpene phenolic resin สามารถยึดติดไม้ได้ดีมากขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณ Terpene phenolic resin ซึ่งปริมาณสูงสุดที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ 60 phr และมีแนวโน้มที่สามารถใส่เพิ่มได้ กาวยางที่ผสม Terpene phenolic resin มีเนื้อกาว ความหนืด และความหนาแน่นผ่าน มาตรฐาน ในส่วนของความต้านทานแรงลอก และความต้านทานแรงเฉือนมีค่า  $2.23 \times 10^6$  kN/m,  $5.64 \times 10^6$  N/m<sup>2</sup> ตามลำดับซึ่งสูงกว่าความต้านทานแรงลอก และความต้านทานแรงเฉือนของกาวยางที่ผสม คิวมาโรนอิมัลชันปริมาณ 8 phr ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $0.88 \times 10^6$  kN/m,  $5.08 \times 10^6$  N/m<sup>2</sup> ตามลำดับ และที่สำคัญค่าที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับความต้านทานแรงลอก และความต้านทานแรงเฉือนของกาว UF ซึ่งเป็นกาวที่ใช้สำหรับติดไม้ที่ใช้ในอุตสาหกรรม