

เนื้อหา

2.1 ความสำคัญและความเป็นมาของการวิจัย

กราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับเมทิลเมทาคริเลท (NR-g-PMMA) ที่รู้จักในชื่อยางฮีเวียพลัส เอ็มจี (Heveaplus MG) เป็นการดัดแปลงโมเลกุลยางธรรมชาติ โดยการเพิ่มสมบัติเด่นของ PMMA ในยางธรรมชาติ กล่าวคือ เพิ่มความเป็นขี้ ความแข็ง ความต้านทานต่อตัวทำละลายที่ไม่มีขี้ ความต้านทานต่อความร้อนและปฏิกิริยาออกซิเดชัน และเพิ่มการยึดติดกับวัสดุต่างๆที่มีสภาพขี้ จึงทำให้สามารถประยุกต์ใช้วัสดุชนิดนี้กับอุตสาหกรรมหลากหลายรูปแบบ โดยเฉพาะการทำเป็นวัสดุหลักในการทำกาวยุคใหม่สำหรับรองเท้าหนังแท้เพื่อยืดอายุการใช้งาน ใช้ทำกาวเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ กระดาษ และไม้ ใช้ทำไพรเมอร์และกาวในการทำเทปกาวที่ใช้เทป PVC ทำไพรเมอร์ในกรณีการใช้ยางติดกับวัสดุต่างๆ เป็นต้น

ปัจจุบันทีมวิจัยฯ ได้ดำเนินการวิจัย“การขยายส่วนการเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับเมทิลเมทาคริเลท” จากการร่วมทุนของ สกว. กับ องค์การสวนยาง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ สัญญาเลขที่ RDG4950129 ซึ่งได้ดำเนินการวิจัยเสร็จสิ้น ดังนั้นเพื่อเสริมความเข้มแข็งและพัฒนาองค์ความรู้สนับสนุนโครงการวิจัยดังกล่าวฯ เพื่อให้สามารถขยายขอบเขตสู่อุตสาหกรรมและเป็นหลักประกันในคุณภาพของกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมขึ้น จึงใช้โครงการวิจัยนี้ในการศึกษาการใช้กราฟต์โคพอลิเมอร์ NR-g-PMMA ในการเตรียมกาวที่ใช้ติดไม้โดยเฉพาะในการเชื่อมต่อไม้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และกาวสำหรับการผลิตไม้อัดจากขี้เลื่อยไม้ยางพารา

2.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อเตรียมกาวจาก NR-g-PMMA ในสถานะน้ำยาง โดยมุ่งเน้นการใช้งานในอุตสาหกรรมการติดไม้เฟอร์นิเจอร์และการเตรียมไม้อัดจากขี้เลื่อยไม้ยางพารา
2. เพื่อทดสอบสมบัติการยึดของ ไม้ติดกาวและสมบัติแผ่นไม้อัดที่เตรียมขึ้น และทดสอบสมบัติอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

2.3 ทฤษฎี แนวคิดในการวิจัยและผลงานที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 ทฤษฎีในการติดประสาน

การติดประสาน (adhesion) เป็นสถานะที่ผิวสองผิวถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกันด้วยแรงระหว่างผิวซึ่งอาจประกอบด้วยแรงที่เกิดจากพันธะเคมี หรือ แรงเชิงกลที่เกิดจากการแทรกเข้าหากันของผิวทั้งสอง หรือทั้งสองอย่างประกอบเข้าด้วยกัน การติดประสาน จะเน้นแรงระหว่างที่เกิดขึ้นระหว่างผิวประจัญสามารถอธิบายได้ด้วยทฤษฎีการติดประสานต่างๆ ได้แก่ (Aar et al., 2000)

1. ทฤษฎีการดูดซับเชิงเคมีและเชิงฟิสิกส์

ทฤษฎีการดูดซับ สามารถใช้ในการอธิบายการติดประสานได้อย่างกว้างขวาง ปฏิกิริยาการดูดซับสามารถแบ่งออกเป็นการดูดซับทางฟิสิกส์ (physical adsorption) และการดูด

ซับทางเคมี (chemical adsorption) สาเหตุที่ทำให้เกิดการดูดซับในระดับโมเลกุลมาจากการเกิดอันตรกิริยาระหว่างชั้นที่ถูกดูดซับและพื้นผิว ในทางเทอร์โมไดนามิกส์ สาเหตุที่ทำให้เกิดการดูดซับคือพลังงานอิสระ (*free energy*: ΔG) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับเอนโทรปี (ΔS) และเอนทาลปี (ΔH) ดังสมการที่ 1

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad (1)$$

เมื่อ ΔG คือพลังงานอิสระ, ΔS คือเอนโทรปี, ΔH คือเอนทาลปี และ T คือ อุณหภูมิ

โดยทั่วไปการดูดซับทำให้เอนโทรปีลดลงเนื่องจากการสูญเสียความอิสระในการเคลื่อนที่ นั่นคือ ΔS มีค่าเป็นลบซึ่งจะทำให้ $-T\Delta S$ มีค่าเป็นบวกเนื่องจากการดูดซับจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อ ΔG มีค่าเป็นลบ ดังนั้นเอนทาลปีของการดูดซับจึงเป็นค่าที่กำหนดว่าจะมีการดูดซับขึ้นหรือไม่และจะเกิดขึ้นเมื่อ ΔH_{ads} มีค่ามากพอ

2. ทฤษฎีการติดประสานเชิงกล

ทฤษฎีนี้ส่วนใหญ่ใช้ในการอธิบายการติดประสาน แบบลูกกุญแจกับแม่กุญแจ (mechanical key) หรือการติดประสานทางกล (mechanical interlocking) ของเฟสที่มีความหนืดต่ำบนผิวแข็งที่หยาบหรือขรุขระซึ่งจะเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส สำหรับการติดประสานอีกทั้งยังมีผลต่อความสามารถในการเปียกผิว (wettability) ดังสมการที่ 2

$$\cos \theta_f = R_f \cos \theta_p \quad (2)$$

เมื่อ R_f คือ องค์ประกอบความขรุขระ (Roughness factor) และ θ คือ มุมสัมผัส (contact angle) เมื่อใช้ของเหลวชนิดเดียวกัน มุมสัมผัส (θ_p) บนผิวที่หยาบ ขรุขระ จะต่ำกว่ามุมสัมผัส (θ_f) บนผิวที่เรียบ นั่นคือของเหลว เปียกผิวหยาบได้ดีกว่า

3. ทฤษฎีการแพร่

ทฤษฎีการแพร่ใช้อธิบายได้เฉพาะในกรณีการติดประสาน ระหว่างผิว 2 ผิวที่สามารถเกิดการผิดรูปได้ (deformation phase) เช่นการติดประสานของพอลิเมอร์กับตัวมันเอง (autoadhesion) หรือ กับพอลิเมอร์อื่นที่มีโครงสร้าง และสามารถละลายซึ่งกันและกันได้ ในเทอมของเทอร์โมไดนามิกส์ ปัจจัยที่ควบคุมการแพร่ คือ ศักย์ทางเคมี (chemical potential, $d\mu/dx$) เมื่อ μ คือศักย์เคมี (chemical potential : free energy/mole) และ x คือ ระยะการเคลื่อนที่ (ระยะการแพร่) หากอันตรกิริยาระหว่างเฟสสูง (เป็นกระบวนการคายความร้อน) การแพร่จะเกิดได้มากขึ้น ความเร็วของการแพร่หรือระยะ

ความลึกของส่วนที่แทรกซึมเข้ามาต่อหน่วยเวลาขึ้นอยู่กับความสามารถในการเคลื่อนที่ของโมเลกุล หรือส่วนของโมเลกุลพอลิเมอร์ที่เกิดการแพร่เหล่านั้นๆ สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังสมการที่ 3

$$X^2 = 2D_f T \quad (3)$$

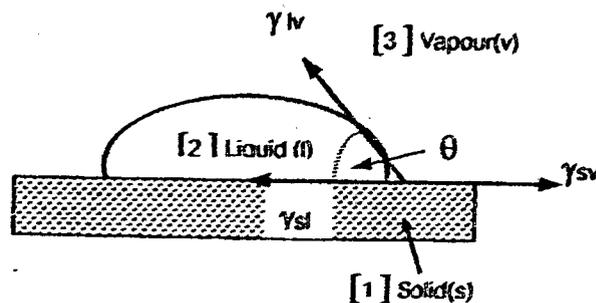
เมื่อ X คือ ความลึกของการแพร่; D_f คือ สัมประสิทธิ์ของการแพร่; และ T คือ รางที่สองของเวลาที่สัมผัส

4. ทฤษฎีแรงดึงดูดทางไฟฟ้า

ทฤษฎีนี้อธิบายการติดประสานสัมพันธ์กับประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นระหว่างผิว หากประจุไฟฟ้ามีแรงดึงดูดเข้าหากันจะทำให้เกิดผิวติดกัน แต่ประจุไฟฟ้าผลักรันจะทำให้เกิดการแยกตัวของผิว

2.3.2 ความสามารถในการเปียกผิว (wetting)

การติดประสาน จะไม่เกิดขึ้นถ้าไม่มีการสัมผัสกันระหว่างผิวไม่มีและหากต้องการให้มีการติดประสานที่ดีจำเป็นต้องให้มีการสัมผัสกันในระดับ โมเลกุลที่ผิวประจัญ (Interface) การอธิบายเรื่องของการเปียก มักพิจารณาหอคของเหลวที่อยู่บนผิวของของแข็ง ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 หอคของเหลวบนพื้นผิวแข็งแสดงมุมสัมผัสเท่ากับ θ

จากรูปจะเห็นได้ว่ามี 3 เฟสที่ต่างกัน ได้แก่ ของแข็ง (S), ของเหลว (L) และ ไอน้ำ (V) หอคของเหลวบนพื้นแข็งมีมุมสัมผัส (contact angle) เท่ากับ θ ของเหลวจะกระจายบนพื้นผิวหรือเปียกผิวได้ดีเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับแรงดึงดูดระหว่างผิว (adhesive force) และแรงภายในเนื้อวัสดุ (cohesion force) ซึ่งมีผลต่อค่า θ และขึ้นอยู่กับแรงตึงผิว (surface tension, γ) ของทั้งสองเฟส

ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานอิสระ (Free energy) ของการติดประสาน (W_{aslv}) ของการเปียก (W_{wslv}) และการกระจาย (S_{slv}) ความตึงผิว และมุมสัมผัส (θ) ในสถานะสมดุลได้ดังนี้

$$W_{aslv} = \gamma_{sv} + \gamma_{lv} + \gamma_{sl} = \gamma_{lv} (\cos\theta + 1) \quad (4)$$

$$W_{wslv} = \gamma_{sv} + \gamma_{sl} = \gamma_{lv} (\cos\theta) \quad (5)$$

$$S_{slv} = \gamma_{sv} - \gamma_{sl} - \gamma_{lv} = \gamma_{lv} (\cos\theta - 1) \quad (6)$$

เมื่อ W_{aslv} คือ พลังงานอิสระ (Free energy) ของการติดประสาน

W_{wslv} คือ พลังงานอิสระ (Free energy) ของการเปียก

S_{slv} คือ พลังงานอิสระ (Free energy) ของการกระจาย

เงื่อนไขของการเปียกผิวมีลักษณะที่แตกต่างกัน 3 แบบ ขึ้นอยู่กับค่าความตึงผิวระหว่างเฟสต่างๆ คือ

1. เมื่อ $|Y_{sv} - Y_{sl}| < Y_{lv}$ จะได้ของเหลวเปียกผิวของแข็ง, มุมสัมผัส (contact Angle, θ) $> 0^\circ$
2. เมื่อ $Y_{sv} \geq Y_{sl} + Y_{svl}$ จะได้ของเหลวกระจายบนผิวของแข็ง, มุมสัมผัส (contact Angle, θ) $> 0^\circ$ เมื่อ $Y_{sv} \leq Y_{sl} + Y_{svl}$ ของเหลวไม่เปียกผิวของแข็งและไม่กระจายบนผิวของแข็ง, มุมสัมผัส (contact Angle, θ) $= 0^\circ$

2.3.3 การยึดติดของกาวกับไม้

การยึดติดของกาวกับ ไม้มาจากเหตุผล 3 ประการ คือ

1. การเกิดพันธะเคมีของกาวกับไม้ แรงที่เกิดขึ้นนี้มีค่าสูงกว่าปัจจัยอื่นๆ ที่ทำให้เกิดการยึดติด กลไกนี้เป็นแรงที่เกิดจากพันธะ โควาเลนต์เป็นส่วนใหญ่
2. การยึดติดแบบเชิงกลและการแทรกของกาวเข้าไปในช่องว่างของผนังเซลล์ กลไกนี้เกิดจากสลายกาวเข้าไปแทรกในรูเล็ก ในผนังเซลล์ หรือโมเลกุลของกาวแทรกเข้าไปในส่วนออสซิลของเซลล์ ลอส แรงที่เกิดจากการยึดติดแบบนี้ขึ้นอยู่กับ การกระจายตัว การซึมซาบการเปียก และขนาดของโมเลกุลของกาวเอง
3. การยึดตัวระหว่างโมเลกุลที่เกิดจากการดึงดูดและและการดูดแนบ แรงที่ได้จากกลไกนี้เป็นแรงแวนเดอร์วาลส์

2.4 วิธีการ

2.4.1 การเตรียมไม้อัดจากซีลี้อย่างพาราโดยใช้กาว NR-g-PMMA

2.4.1.1 อิทธิพลของอัตราส่วนการผสมระหว่างกาว NR-g-PMMA กับซีลี้อยู่

นำ NR-g-PMMA ที่เตรียมในระดับห้องปฏิบัติการที่ใช้อัตราส่วนระหว่าง NR/MMA = 75/25 มาเตรียมกาวโดยใช้สารเคมีดังแสดงในตารางที่ 1 จากนั้นผสมกาวที่ได้กับซีลี้อยู่ที่ผ่านการคัดให้ผ่านตะแกรงขนาด 20 mesh และไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 120°C ให้มีปริมาณความชื้นไม่เกิน 6% ในอัตราส่วนกาว:ซีลี้อยู่ = 20:80, 30:70, 40:60 และ 50:50 โดยน้ำหนักแห้ง แล้วนำส่วนผสมที่ได้ไปเตรียมแผ่นไม้อัด ผสมกาวที่เตรียมได้กับซีลี้อยู่แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง บดส่วนผสมให้เป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปอัดร้อนให้คงรูปเป็นเวลา 15 นาที ที่ความดัน 2000-2500 psi ก่อนนำไปอบเพื่อให้เกิดการวัลคาไนซ์อย่างสมบูรณ์ ขั้นตอนการเตรียมไม้อัดแสดงในรูปที่ 2 สังเกตลักษณะภายนอกของแผ่นไม้อัดที่เตรียมได้ เช่น การเกาะติดระหว่างกาวกับซีลี้อยู่ ความสม่ำเสมอของแผ่นไม้อัด และความสามารถในการอัดขึ้นรูป จากนั้นศึกษาสมบัติของไม้อัด คือ ความ

หนาแน่น เปรอร์เซ็นต์ความชื้น การดูดซึมน้ำ การพองตัวเมื่อแช่น้ำ และความแข็งแรงของแผ่น ไม้อัดที่
ได้ โดยการวัดค่าโมดูลัสแตกร้าว

ตารางที่ 1 สูตรกาวน้ำยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยพอลิเมทิลเมทาคริเลท

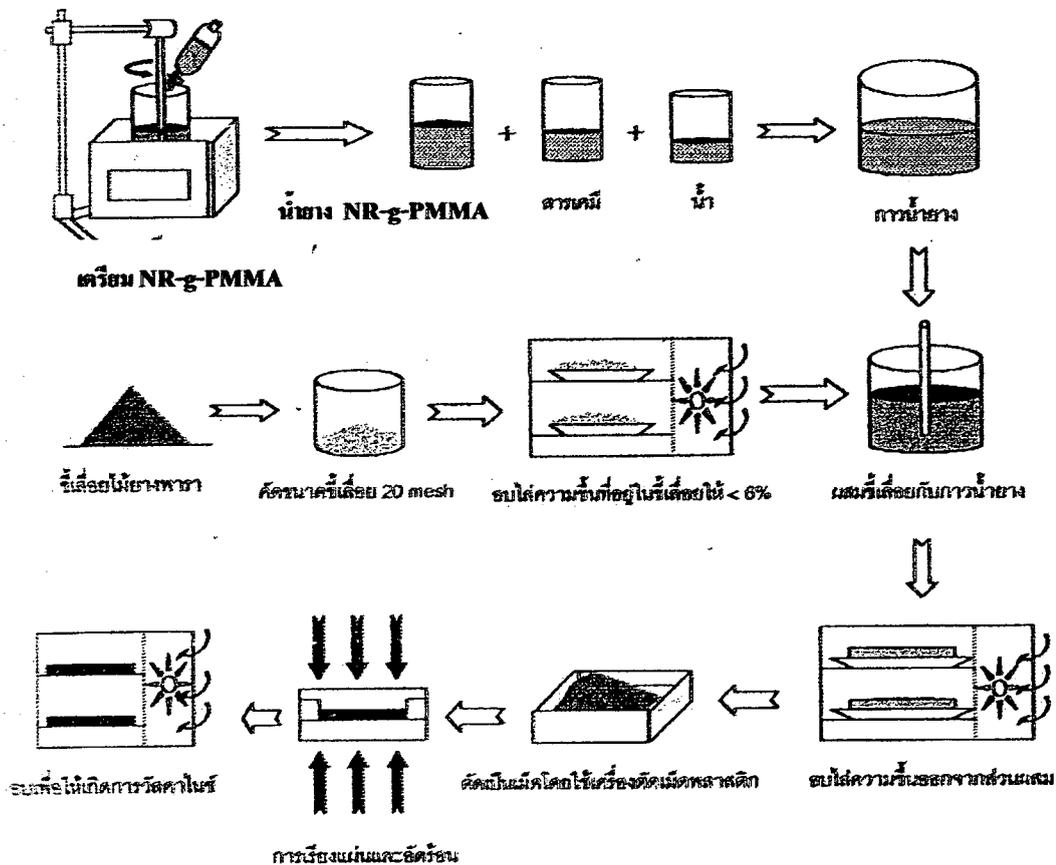
Ingredients	Quantity (phr)
50% NR-g-PMMA	100
50% ZDEC dispersion	0.75
50% Sulphur dispersion	10
50% ZnO dispersion	5
13% CMC	5
40% Coumarone resin emulsion	30
50% Wing stay L dispersion	1.5

2.4.1.2 อิทธิพลของอุณหภูมิที่ใช้ในการอัดขึ้นรูป

เลือกอัตราส่วนผสมของกาวต่อจีเล็กน้อยในอัตราส่วนที่ทำให้ได้แผ่น ไม้อัดที่เหมาะสมจากการ
ทดลองในหัวข้อที่ 2.4.1.1 มาอัดร้อนด้วยเครื่องอัดเบ้าที่อุณหภูมิ 110, 120, 130 และ 140°C โดยใช้
เวลาในการอัด 15 นาที ที่ความดัน 2,000–2,500 psi สังเกตลักษณะผิวหน้าและสีของแผ่น ไม้อัดที่ได้

2.4.1.3 อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาในการอบวัลคาไนซ์แผ่น ไม้อัด

ใช้อัตราส่วนผสมกาวต่อจีเล็กน้อยในอัตราส่วนที่เหมาะสมและอุณหภูมิที่ใช้ในการอัดร้อนที่
เหมาะสม จากการทดลองในข้อ 2.4.1.1 และ 2.4.1.2 ตามลำดับ ทำการทดลองโดยใช้เวลาในการอัด
ร้อน 15 นาที ความดัน 2,000–2,500 psi แล้วนำแผ่น ไม้อัดที่เตรียมได้ไปอบเพื่อให้เกิดการวัลคาไนซ์
ในตู้อบอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 110, 120, 130 และ 140°C จากนั้นศึกษาสมบัติของไม้อัด คือ ความ
หนาแน่น เปรอร์เซ็นต์ความชื้น การดูดซึมน้ำ การพองตัวเมื่อแช่น้ำ และความแข็งแรงของแผ่น ไม้อัดที่
ได้ โดยการวัดค่าโมดูลัสแตกร้าว หลังจากได้อุณหภูมิการวัลคาไนซ์ที่เหมาะสมแล้ว ใช้กาวสูตรเดิม
ศึกษาเวลาการวัลคาไนซ์โดยการแปรเวลาเป็น 2, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง แล้วศึกษาสมบัติต่างๆ



รูปที่ 2 ขั้นตอนการเตรียมแผ่นไม้อัดสำหรับห้องทดลอง (ดัดแปลงจากกาญจนา, 2548)

2.4.1.4 อธิธิพลของขนาดขี้เลื่อย

ศึกษาอิทธิพลของขนาดขี้เลื่อยโดยใช้ขนาดขี้เลื่อย 20 เมชและขนาดใหญ่กว่า 20 เมช อัตราส่วนการผสมระหว่างกาว : ขี้เลื่อย และอุณหภูมิในการอัดรีดที่เหมาะสมที่สุด จากผลการทดลองในข้อก่อนหน้านี้ ใช้เวลาในการอัดรีด 15 นาที ความดัน 2,000–2,500 psi นำแผ่นไม้อัดที่เตรียมได้ไปอบเพื่อให้เกิดการวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม แล้วศึกษาสมบัติของไม้อัด คือ ความหนาแน่น เปอร์เซ็นต์ความชื้น การดูดซึมนํ้า การพองตัวเมื่อนํ้า และความแข็งแรงของแผ่นไม้อัดที่ได้ โดยการวัดค่าโมดูลัสแตกกร้าว

2.4.1.5 อธิธิพลของชนิดและปริมาณสารเพิ่มการยึดติดต่อสมบัติของไม้อัด

ใช้ NR-g-PMMA ที่เตรียมในระดับขยายส่วน โดยมี NR/MMA=60/40 ในการเตรียมกาวโดยใช้สูตรดังแสดงในตารางที่ 1 แต่ในกรณีนี้ทำการศึกษาชนิดของสารยึดติด 4 ชนิด คือ Coumarone indene resin, Wood resin, Koresin และ Tamanol resin ใช้อัตราส่วนผสมกาวต่อขี้เลื่อยในสัดส่วนที่เหมาะสม ขนาดขี้เลื่อยที่เหมาะสมและอุณหภูมิที่ใช้ในการอัดรีดที่เหมาะสม และใช้เวลาในการอัดรีด 15 นาที ความดัน 2,000–2,500 psi แล้วนำแผ่นไม้อัดที่เตรียมได้ไปอบเพื่อให้เกิดการวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ เวลาวัลคาไนซ์ ขนาดขี้เลื่อยที่เหมาะสม จากนั้นศึกษาสมบัติ คือ ความหนาแน่น เปอร์เซ็นต์

ความชื้น การดูดซึมน้ำ การพองตัวเมื่อแช่น้ำ และความแข็งแรงของแผ่นไม้อัดที่ได้ โดยการวัดค่าโมดูลัสแตกร้าว หลังจากศึกษาอิทธิพลของปริมาณของสารเพิ่มการยึดติดที่มีสมบัติเหมาะสมต่อสมบัติของไม้อัด โดยแปรปริมาณสารเพิ่มการยึดติดคือ 0, 20, 30, 40 และ 50 phr

2.4.1.6 อิทธิพลของอัตราส่วนของ NR/MMA ในการเตรียมน้ำยาง NR-g-PMMA ต่อสมบัติไม้อัด

นำน้ำยาง NR-g-PMMA ที่เตรียมจากการแปรอัตราส่วน NR/MMA = 85/15, 70/30, 60/40 และ 50/50 ในระดับการขยายส่วนเตรียมกาวใช้สูตรในตารางที่ 1 ใช้อัตราส่วนผสมกาวต่อซีลี้อยในสัดส่วนที่เหมาะสม ขนาดซีลี้อยที่เหมาะสมและอุณหภูมิที่ใช้ในการอัดร้อนที่เหมาะสม โดยใช้เวลาในการอัดร้อน 15 นาที ความดัน 2,000–2,500 psi แล้วนำแผ่นไม้อัดที่เตรียมได้ไปอบเพื่อให้เกิดการวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ และเวลาวัลคาไนซ์ ขนาดซีลี้อย ชนิดและปริมาณสารเพิ่มการยึดติดที่เหมาะสม จากนั้นศึกษาสมบัติของไม้อัด คือ ความหนาแน่น เปอร์เซ็นต์ความชื้น การดูดซึมน้ำ การพองตัวเมื่อแช่น้ำ และความแข็งแรงของแผ่นไม้อัดที่ได้ โดยการวัดค่าโมดูลัสแตกร้าว

2.4.1.7 อิทธิพลของน้ำหนัก โมเลกุลของน้ำยาง NR-g-PMMA ที่มีผลต่อสมบัติไม้อัด

ลดน้ำหนักโมเลกุลของน้ำยาง NR-g-PMMA ที่เตรียมจากอัตราส่วน NR/MMA เท่ากับ 50/50 ในระดับขยายส่วนโดยใช้โปแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต ปริมาณ 1 phr ร่วมกับ Propanal 15 phr โดยแปรเวลาของปฏิกิริยาเป็น 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 ชั่วโมง ตามลำดับ ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 65°C ตามวิธีการของTayayuki (2004) และสุเชษฐ์ (2548) เมื่อทำการลดน้ำหนักโมเลกุลตามเวลาแล้วนำยาง NR-g-PMMA มาเตรียมกาวแล้วเตรียมไม้อัดภายใต้สภาวะที่เหมาะสม จากนั้นศึกษาสมบัติของไม้อัด คือ ความหนาแน่น เปอร์เซ็นต์ความชื้น การดูดซึมน้ำ การพองตัวเมื่อแช่น้ำ และความแข็งแรงของแผ่นไม้อัดที่ได้ โดยการวัดค่าโมดูลัสแตกร้าว

2.4.2 การเตรียมกาวติดไม้จากน้ำยาง NR-g-PMMA

2.4.2.1 อิทธิพลของอัตราส่วนของ NR/MMA ที่ใช้เตรียม NR-g-PMMA ต่อสมบัติการติดประสานไม้

นำน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้จากการขยายส่วน โดยใช้ NR/MMA = 85/15, 70/30, 60/40 และ 50/50 มาเตรียมกาวใช้สารเคมีในทำนองเดียวกับตารางที่ 1 หลังจากนั้นนำมาติดประสานไม้แล้ววัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ตามสภาวะที่เหมาะสมของสุเชษฐ์ (2548) แล้วนำไปทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปอก แบบเฉือน และแบบดึง

2.4.2.2 อิทธิพลชนิดและปริมาณสารเพิ่มการยึดติดต่อสมบัติของกาวติดไม้

นำ NR-g-PMMA ที่เตรียมจากการใช้ NR/MMA = 60/40 มาผสมเป็นกาวโดยแปรชนิดของสารเพิ่มการยึดติด คือ คิวมาโรนอินดินเรซิน ทามานอลเรซิน โครเรซิน และวีดูเรซิน ที่ปริมาณ 50 phr โดยใช้สารเคมีชนิดอื่น ๆ ดังตารางที่ 1 นำมาติดประสานแล้ววัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เมื่อนำไปทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปอก แบบเฉือน และแบบดึง

2.4.2.3 ศึกษาอิทธิพลการลดน้ำหนักโมเลกุล NR-g-PMMA ต่อสมบัติของกาว

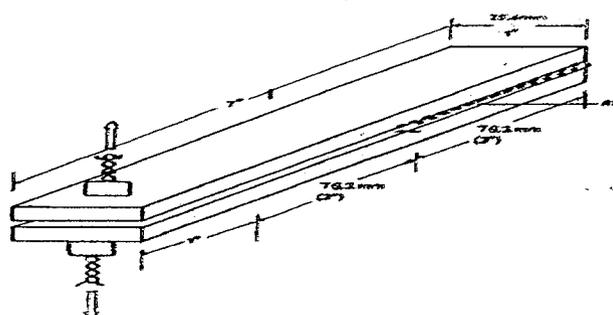
เมื่อนำลาคีเท็กซ์ของ NR-g-PMMA ที่เตรียมจาก NR/MMA = 60/40 ที่ผ่านการลดน้ำหนัก โมเลกุลที่ 0, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 ชั่วโมง นำมาผสมเป็นกาว ทาไม้ ประคบกัน แล้วนำไปวัดคา ในซ์ที่ 80°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วทดสอบความแข็งแรงของการติดประสานแบบปอก แบบเนียน และแบบตั้ง

2.4.2.4 การศึกษาสมบัติการติดประสานของกาวติดไม้

เมื่อเตรียมกาวเสร็จแล้วก็เริ่มทำการติดประสาน ในขั้นตอนการติดประสานควบคุมปริมาณ กาวที่ทาโดยอาศัยการชั่งตามการคำนวณเนื้อกาว เพื่อให้เนื้อกาวเท่ากันทุกชิ้นการทดสอบหลังจากที่ทา กาวเสร็จแล้วก็นำไปอบตามอุณหภูมิและเวลาการวัดคาในซ์ที่เหมาะสม แล้วนำไปหาความแข็งแรง การติดประสานด้วยเครื่องทดสอบสมบัติการดึง (Tensometer) โดยมีการทดสอบความแข็งแรงการติด ประสาน 3 แบบคือ

1. การทดสอบความแข็งแรงของการติดประสานแบบปอก (Cleavage Peel Test) โดยใช้ มาตรฐานของ ASTM D3807-93 มีความเร็วในการดึง 12.7 mm/min โดยใช้กาวติดประสานไม้ที่มี ลักษณะขึ้นทดสอบดังรูปที่ 3 ค่าความแข็งแรงของการติดประสานแบบปอกนั้นรายงานแรงที่ใช้ปอก สูงสุดต่อความกว้างของชิ้นทดสอบดังสมการที่ 7

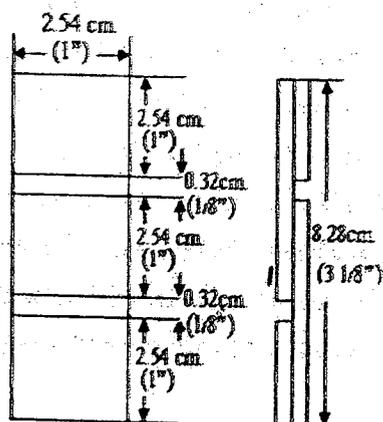
$$\text{Cleavage peel strength (N/in)} = \frac{\text{Max force (N)}}{\text{Width (in)}} \quad (7)$$



รูปที่ 3 ขนาดของชิ้นทดสอบไม้ที่ใช้ในการติดประสานแบบปอก

2. การทดสอบความแข็งแรงของการติดประสานแบบเนียน โดยใช้ขนาดและลักษณะของชิ้น ทดสอบแสดงดังรูปที่ 4 การทดสอบนั้นใช้เครื่องการดึงเหมือนกับในกรณีที่ทดสอบแบบปอก ค่าความ แข็งแรงของการติดประสานแบบเนียนนั้นจะรายงานเป็นค่าแรงสูงสุดต่อพื้นที่ที่ติดประสานตาม สมการที่ 8

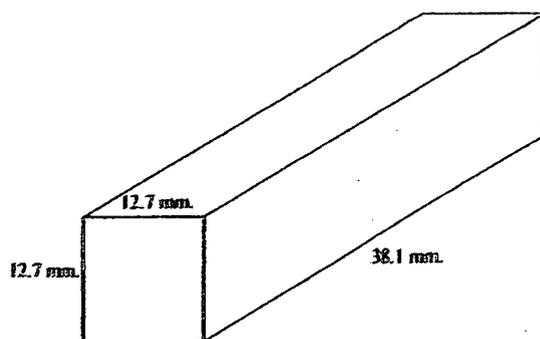
$$\text{Shear strength (KPa)} = \frac{\text{Max force (N)}}{\text{Area (m}^2\text{)} \times 1000} \quad (8)$$



รูปที่ 4 ขนาดของชิ้นทดสอบไม้ที่ใช้ในการติดประสานแบบเลื่อน

3. การทดสอบความแข็งแรงของการติดประสานแบบคั้ง ชิ้นทดสอบแบบนี้มีขนาดพื้นที่หน้าตัด $12.7 \times 12.7 \text{ mm}^2$. ความยาว 38.1 mm. ดังรูปที่ 5 การทดสอบนี้ใช้เครื่องการคั้งเหมือนกับในกรณีที่ทดสอบแบบปอก คั้งด้วยความเร็ว 12.7 mm/min บันทึกค่าแรงสูงสุดที่กระทำต่อพื้นที่หน้าตัดของการติดประสาน แล้วนำมาคำนวณหาความแข็งแรงการติดประสานแบบคั้ง (Tensile Adhesion Strength) ตามสมการที่ 9

$$\text{Tensile Strength (MPa)} = \frac{\text{Max force (N)}}{\text{Area (mm}^2\text{)}} \quad (9)$$



รูปที่ 5 ขนาดของชิ้นทดสอบไม้ที่ใช้ในการติดประสานแบบคั้ง

2.5 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

2.5.1 การเตรียมไม้อัดจากขี้เลื่อยไม้ยางพาราโดยใช้กาว NR-g-PMMA

2.5.1.1 อิทธิพลอัตราส่วนผสมระหว่างกาวกับขี้เลื่อยไม้ยางพารา

ใช้ NR-g-PMMA ที่เตรียมในระดับห้องปฏิบัติการโดยใช้อัตราส่วน NR/MMA=75/25 เตรียมเป็นกาวแล้วนำมาผสมกับขี้เลื่อยในอัตราส่วนกาว:ขี้เลื่อย 20:80, 30:70, 40:60 และ 50:50 ตามลำดับ พบว่า ที่อัตราส่วน 20:80 กาวจะผสมกับขี้เลื่อยได้ไม่ดีนัก เนื่องจากมีกาวปริมาณน้อย จึงคลุกกับขี้เลื่อยได้ไม่ทั่วถึง ส่วนผสมที่ได้มีลักษณะแห้ง ส่วนที่อัตราส่วนอื่นๆขี้เลื่อยผสมกับกาวได้ดีและทั่วถึง โดยที่อัตราส่วนกาว:ขี้เลื่อย 50:50 การผสมจะมีกาวคลุมขี้เลื่อยได้ดีและทั่วถึงและครอบคลุมสม่ำเสมอ เมื่อนำกาวผสมขี้เลื่อยไปอัดร้อนเพื่อขึ้นรูป แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 120°C ความดัน 2,000–2,500 psi เป็นเวลา 15 นาที ได้ลักษณะแผ่นไม้อัด ดังแสดงในรูปที่ 6 พบว่าที่อัตราส่วนการกาว:ขี้เลื่อย 30:70, 40:60 และ 50:50 เป็นอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่ทำให้ได้แผ่นไม้อัดที่มีลักษณะและสมบัติค่อนข้างดี แต่อัตราส่วน 40:60 เป็นอัตราส่วนการผสมที่น่าจะดีที่สุด เนื่องจากลักษณะแผ่นไม้อัดที่ได้มีความสม่ำเสมอ ค่อนข้างแข็ง อีกทั้งการผสมทำได้ง่าย สามารถคลุกเข้ากันได้



(A) กาว NR-g-PMMA:ขี้เลื่อย 20:80



(B) กาว NR-g-PMMA:ขี้เลื่อย 30:70



(C) กาว NR-g-PMMA:ขี้เลื่อย 40:60



(D) กาว NR-g-PMMA:ขี้เลื่อย 50:50

รูปที่ 6 ลักษณะแผ่นไม้อัดที่เตรียมได้เมื่อใช้อัตราส่วนการผสมระหว่างขี้เลื่อยกับกาวต่างๆ

ตารางที่ 2 แสดงสมบัติของไม้อัดที่เตรียมจากอัตราส่วนการผสมระหว่างกับกาวซีลี้อย่างต่างกัน
 ตารางที่ 2 สมบัติของแผ่นไม้อัดที่เตรียมได้ที่อัตราส่วนต่อกาวซีลี้อย่างต่าง ๆ

Properties	Adhesive/Sawdust ratio				
	TIS-180	20/80	30/70	40/60	50/50
Thickness(mm)	>3	>3	>3	>3	>3
Hardness (Shore A)	-	85.67	86.67	89.00	93.67
Tensile strength (N/mm ²)	-	1.61	1.80	2.33	3.72
Density (kg/m ³)	800-1200	1018.33	1016.00	1028.67	1025.80
Moisture content (%)	8-15	9.00	8.80	8.75	8.55
Water absorption (%)	≤ 30	20.25	18.45	14.95	14.00
Swelling (%)	≤ 20	6.40	7.90	11.18	11.43
Modulus of rupture (N/mm ²)	> 35	6.26	6.92	9.62	9.83

จากตารางที่ 2 พบว่าการเพิ่มอัตราส่วนของกาวทำให้ไม้อัดมีแนวโน้มค่าความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น ซึ่งไม้อัดทุกอัตราส่วนการผสมกาวและซีลี้อยู่ มีค่าความหนาแน่นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก.180-2519 กล่าวคืออยู่ในช่วง 800-1200 kg/m³ นอกจากนี้พบว่าการเพิ่มอัตราส่วนของกาว ทำให้ปริมาณความชื้นมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย ซึ่งไม้อัดทุกอัตราส่วนกาวกับซีลี้อยู่ มีระดับความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก.180-2519 คืออยู่ในช่วง 8-15% ค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นไม้อัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มปริมาณซีลี้อยู่ เนื่องจากซีลี้อยู่เป็นส่วนประกอบที่ดูน้ำได้ดีกว่ากาว แต่พบว่าไม้อัดที่เตรียมจากทุกอัตราส่วนกาวกับซีลี้อยู่ มีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก.180 – 2519 คือมีค่า ≤ 30% นอกจากนี้พบว่าค่าการพองตัวในน้ำมีแนวโน้มเดียวกับค่าการดูดซึมน้ำ กล่าวคือมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณซีลี้อยู่ แต่พบว่าแผ่นไม้อัดที่เตรียมโดยใช้อัตราส่วนกาว:ซีลี้อยู่ = 40:60 และ 50/50 มีค่าการดูดซึมน้ำน้อย เนื่องจากการผสมระหว่างกาวกับซีลี้อยู่มีความสม่ำเสมอของกาวคลุมซีลี้อยู่ได้ดี แต่ไม้อัดที่เตรียมจากทุกอัตราส่วนกาวกับซีลี้อยู่ มีค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นไม้อัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก.180 – 2519 คือมีค่า ≤ 20% นอกจากนี้พบว่าค่าโมดูลัสแตกร้าวมักมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มอัตราส่วนของกาวเนื่องจากการเพิ่มปริมาณกาวทำให้กาวเข้ากับซีลี้อยู่อย่างทั่วถึง และมีความสม่ำเสมอทำให้ไม้อัดที่เตรียมได้มีความแข็งแรงมากขึ้น จากผลการทดลองพบว่าการใช้กาว:ซีลี้อยู่ = 40:60 ให้ผลการทดลองดีที่สุดจึงใช้อัตราส่วนนี้ในการทดลองต่อไป

2.5.1.2 อิทธิพลของอุณหภูมิที่ใช้ในการอัดขึ้นรูป

นำซีลี้อยู่มาผสมกับกาวนำยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยพอลิเมทิลเมทาคริเลทที่เตรียมในระดับห้องปฏิบัติการ โดยใช้ NR/MMA= 75/25 อัตราส่วนกาว:ซีลี้อยู่ 40:60 แล้วนำมาอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ

110, 120, 130 และ 140 °C เป็นเวลา 15 นาที โดยการใช้เครื่องอัด (Compression molding) ก่อนนำไปอบเพื่อให้เกิดการวัลคาไนซ์ ลักษณะผิวหน้าและสีของแผ่นไม้อัดที่ได้ แสดงในรูปที่ 7



(A) 110°C



(B) 120°C



(C) 130°C



(D) 140°C

รูปที่ 7 ลักษณะแผ่นไม้อัดที่เตรียมได้ที่อุณหภูมิการอัดขึ้นรูปที่แตกต่างกัน

จากรูปที่ 7 พบว่าการอัดที่อุณหภูมิ 110 °C ได้ไม้อัดมีสีน้ำตาลอ่อน ที่ 120 °C มีสีน้ำตาลเข้ม สวยงาม แต่ที่ 130 °C มีสีค่อนข้างมีสีคล้ำ และที่ 140 °C มีสีคล้ำมาก ผิวหน้ามีลักษณะไหม้ ดังนั้นการอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 15 นาที จะได้แผ่นไม้อัดสามารถรักษารูปร่างได้ ไม่เกิดรอยไหม้ บริเวณผิวหน้า และกาวมีการไหลในขณะอัดดี ดังนั้นในการทดลองต่อไปจึงเลือกใช้อุณหภูมิในการอัดร้อนที่ 120 °C

2.5.1.3 อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาในการอบวัลคาไนซ์แผ่นไม้อัด

ใช้สูตรกายภาพธรรมชาติกราฟต์ด้วยพอลิเมทิลเมทาคริเลท ที่เตรียมในระดับห้องปฏิบัติการ โดยใช้ NR/MMA=75/25 เตรียมแผ่นไม้อัดโดยใช้ อัตราส่วนการผสมกาว:ชีลเลอร์ = 40:60 นำไปอัดร้อนขึ้นรูปเป็นแผ่นไม้อัด ที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำไปอบวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 110, 120, 130 และ 140 °C แล้วทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน มอก.180-2519 คือ ความหนาแน่น ปริมาณความชื้น การดูดซึมน้ำ การพองตัวเมื่อแช่น้ำ และโมดูลัสแตกร้าว ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สมบัติของแผ่นไม้อัดที่เตรียมจากการวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิต่างๆ

Properties	Vulcanization temperature (°C)			
	110	120	130	140
Thickness (mm)	>3	>3	>3	>3
Hardness (Shore A)	81.00	89.00	89.67	90.33
Tensile strength (N/mm ²)	1.97	2.33	3.55	4.54
Density (kg/m ³)	1037.90	1048.67	1087.73	1078.60
Moisture content (%)	9.45	8.95	8.65	8.45
Water absorption (%)	20.80	14.90	15.62	14.88
Swelling (%)	15.85	9.73	7.48	5.65
Modulus of rupture (N/mm ²)	9.28	9.61	17.23	18.51

จากตารางที่ 3 พบว่าไม้อัดมีค่าความหนาแน่น ความต้านทานต่อแรงดึง และ ค่าโมดูลัสแตกร้าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มอุณหภูมิการวัลคาไนซ์เนื่องจากเพิ่มอุณหภูมิซึ่งน่าจะส่งผลให้ความหนาแน่นของพันธะเชื่อม โยงมีค่ามากขึ้น ทำให้ไม้อัดแข็งและแข็งแรงมากขึ้นขึ้น ส่วนปริมาณความชื้นความสามารถในการดูดน้ำ และการพองตัวเมื่อแช่น้ำมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทำให้น้ำที่แฝงตัวอยู่ในไม้อัดระเหยออกสู่สิ่งแวดล้อมได้มากกว่าและเมื่อความหนาแน่นของพันธะเชื่อม โยงมีมากขึ้นจึงทำให้ไม้อัดดูดซึมน้ำได้ยากขึ้น จึงสรุปว่าอุณหภูมิการอบที่เหมาะสมที่ให้ไม้อัดมีสมบัติและมีสีสวยคือ 120 °C และอบเป็นเวลา 6 ชั่วโมง (ได้ทำการทดลองหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำงานเดียวกับการหาอุณหภูมิแต่จะไม่แสดงผลการทดลองในรายงานฉบับนี้) นอกจากนี้พบว่าขนาดซี่เลื่อยที่เหมาะสมคือ ขนาด 20 เมช หรือเล็กกว่า (ได้ทำการทดลองหาขนาดซี่เลื่อยที่เหมาะสมแต่จะไม่แสดงผลการทดลองในรายงานฉบับนี้)

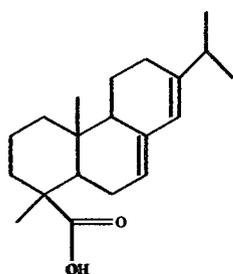
2.5.1.4 อิทธิพลชนิดและปริมาณสารเพิ่มการยึดติด

ใช้ NR-g-PMMA ที่เตรียมในระดับขยายส่วน โดยใช้ NR/MMA=60/40 ใช้สูตรในการเตรียมกาวยาง ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยใช้อัตราส่วนผสมกาว:ซี่เลื่อยเป็น 40:60 ขนาดซี่เลื่อย 20 เมช และนำไปอัดร้อนเป็นแผ่นไม้อัด ที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำไปอบวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วนำแผ่นไม้อัดที่ได้ไปทดสอบสมบัติต่างๆ ได้ผลแสดงดังในตารางที่ 4 พบว่าความหนาแน่นของแผ่นไม้อัดที่มีสารเพิ่มการยึดติดชนิดคิวมาโรนอินคินเรซค่าสูงที่สุดรองลงมาเป็นไม้อัดที่ใช้ โครเรซิน วูดโรซิน และทามานอลเรซินตามลำดับ เนื่องจากคิวมาโรนอินคินเร

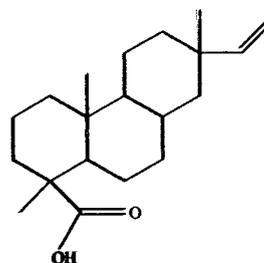
จีนสามารถเตรียมอิมัลชันได้ง่ายและมีความเสถียรดีที่สุดนอกจากนี้ยังมีโครงสร้างโมเลกุลที่น่าจะมีอันตรกิริยากับซีลี้อยู่ได้ดี (รูปที่ 8) ซึ่งจะส่งผลให้ได้ไม้อัดที่มีความแข็งแรงสูงกว่าไม้อัดที่เตรียมจากสารเพิ่มการยึดติดชนิดอื่นๆ

ตารางที่ 4 สมบัติของแผ่นไม้เตรียมโดยใช้กาว NR-g-PMMA ที่มีสารเพิ่มการยึดติดชนิดต่างๆ

Properties	Type of Tackifiers			
	Coumarone resin	Wood resin	Koresin	Tamanol resin
Thickness(mm)	>3	>3	>3	>3
Hardness (Shore A)	93.33	92.33	88.00	84.00
Tensile strength (N/mm ²)	8.70	6.42	5.35	4.14
Density (kg/m ³)	1143.77	1110.46	1137.77	954.8
Moisture content (%)	8.95	9.00	9.25	9.40
Water absorption (%)	9.95	11.18	12.35	13.75
Swelling (%)	6.40	7.90	11.18	12.93
Modulus of rupture (N/mm ²)	15.69	14.25	12.82	12.21

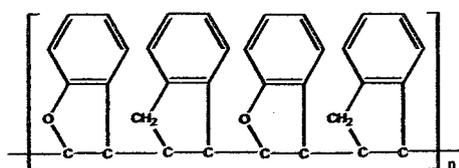


Abietic Acid

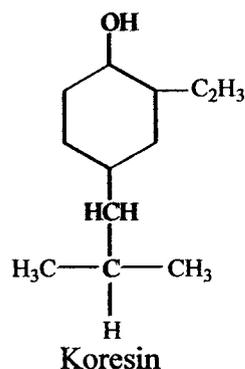


Pimaric Acid

Wood rosin



Coumarone indene resin



Koresin

รูปที่ 8 โครงสร้างทางเคมีของ วัสดุโรซิน คิวมาโรอินดีนเรซิน และ ไคเรซิน

จากตารางที่ 4 พบว่าปริมาณความชื้นของไม้อัดที่ใช้มีสารเพิ่มการยึดติดทุกชนิดมีค่าใกล้เคียง แต่ค่าการดูดซึมน้ำของไม้อัดที่ใช้มีสารเพิ่มการยึดติดชนิดคิวมาโรอินดีนเรซินมีการดูดซึมน้ำน้อยที่สุด รองลงมาคือ ไม้อัดที่ใช้สารเพิ่มการยึดติดชนิดโคเรซิน วูด โรซิน และ ทามานอลเรซินตามลำดับ เนื่องจากคิวมาโรอินดีนเรซินสามารถเตรียมอิมัลชันได้ง่ายและมีความเสถียรดีที่สุดนอกจากนี้ยังมีโครงสร้างโมเลกุลที่น่าจะมีอันตรกิริยากับซีลเลอร์ได้ดี (รูปที่ 8) ซึ่งจะส่งผลให้ได้ไม้อัดที่มีความแข็งแรงสูงกว่าไม้อัดที่เตรียมจากสารเพิ่มการยึดติดชนิดอื่นๆ ซึ่งพบว่าค่าโมดูลัสแตกร้าวมีความแข็งแรงจากมากไปน้อยคือ คิวมาโรอินดีนเรซิน วูด โรซิน โคเรซิน และ ทามานอล เรซิน ตามลำดับ โดยคิวมาโรอินดีนเรซิน จะเป็นสารเพิ่มการยึดติดที่ให้ค่าความแข็งแรงของ ไม้อัดมากที่สุด

ดังนั้นพบว่าคิวมาโรอินดีนเรซิน เป็นสารเพิ่มการยึดติดที่ให้ไม้อัดที่มีสมบัติที่สุดจึงทำการทดลองแปรปริมาณ โดยใช้สารเคมีชนิดเดียวกัน แล้วทดสอบสมบัติ ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 5 พบว่าที่ปริมาณ คิวมาโรอินดีนเรซิน 30 phr ให้ปริมาณความชื้น การดูดซึมน้ำการพองตัวเมื่อแช่น้ำต่ำที่สุด แต่ความหนาแน่น ความแข็ง ความแข็งแรงในรูปแบบโมดูลัสแตกร้าวและความต้านทานต่อแรงดึงสูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ปริมาณสารยึดติดมากกว่า 30 phr เมื่อนำมาตากวนกับซีลเลอร์จะเกิดการจับตัวทันทีทำให้ได้กาวไม่แข็งแรงเมื่อนำมาทำไม้อัด ดังนั้นจึงต้องปรับปรุงเสถียรภาพของน้ำยางเพิ่มเติมหากต้องการจะใช้ คิวมาโรอินดีนเรซิน ในปริมาณที่สูงกว่านี้

ตารางที่ 5 สมบัติของแผ่นไม้อัดที่เตรียมจากกาวที่มีปริมาณคิวมาโรอินดีนเรซิน ระดับต่างๆ

Properties	Quantity of Coumarone indene resin (phr)				
	0	20	30	40	50
Thickness (mm)	>3	>3	>3	>3	>3
Hardness (Shore A)	85.33	87.67	93.33	92.50	85.33
Tensile strength (N/mm ²)	3.98	5.03	8.70	3.41	3.12
Density (kg/m ³)	1065.20	1009.65	997.88	1061.70	1040.08
Moisture content (%)	9.75	9.35	8.95	9.40	9.55
Water absorption (%)	15.43	10.95	9.95	13.91	16.85
Swelling (%)	15.58	11.43	6.40	11.34	15.61
Modulus of rupture (N/mm ²)	14.64	14.88	15.70	10.08	7.15

2.5.1.5 อิทธิพลของอัตราส่วนของ NR/MMA ที่ใช้เตรียม NR-g-PMMA ต่อสมบัติไม้อัด

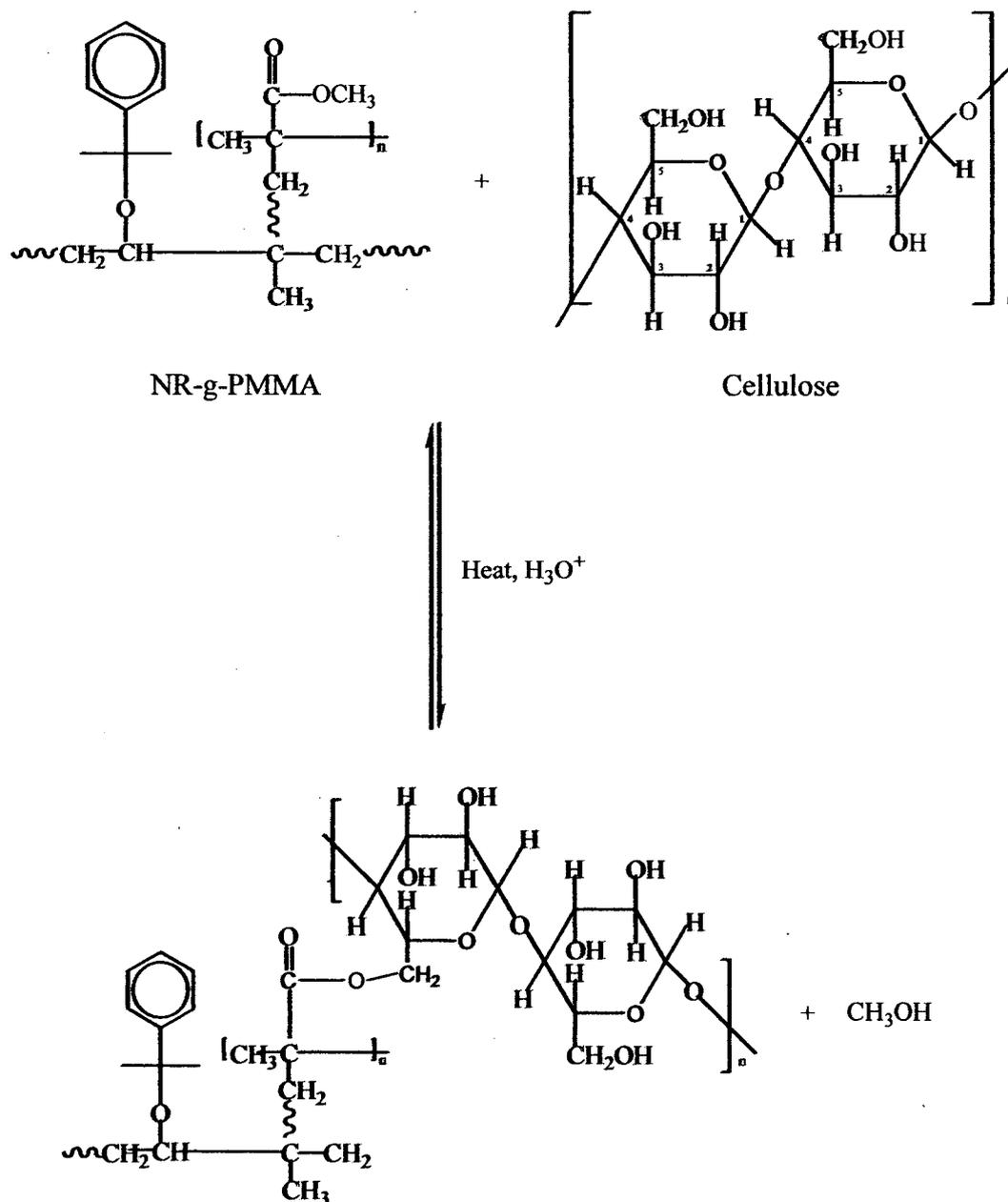
การเตรียมกายาขรรษชาติกราฟต์ด้วยพอลิเมทิลเมทาคริเลท ใช้สูตรในตารางที่ 1 โดยใช้ NR-g-PMMA ที่เตรียมจากการใช้อัตราส่วนของ NR/MMA ต่างๆ คือ 85/15, 70/30, 60/40 และ 50/50 ในระดับขยายส่วน โดยใช้อัตราส่วนผสมกาว NR-g-PMMA : ชี้เลี้ยงเป็น 40:60 นำไปอัดร้อนเป็นแผ่นไม้อัด จากนั้นนำไปอบวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำแผ่นไม้อัดที่ได้ไปทดสอบความหนาแน่น ปริมาณความชื้น การดูดซึมน้ำ การพองตัวเมื่อแช่น้ำ และ โมดูลัสแตกกร้าว ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 สมบัติของแผ่นไม้อัดที่เตรียมจากกาว NR-g-PMMA ที่อัตราส่วน NR/MMA ต่างๆ

Properties	NR/MMA			
	85/15	70/30	60/40	50/50
Thickness(mm)	>3	>3	>3	>3
Hardness (Shore A)	89.67	91.33	93.33	94.67
Tensile strength (N/mm ²)	3.35	6.76	8.70	9.00
Density (kg/m ³)	919.74	930.50	997.88	1004.51
Moisture content (%)	9.40	9.25	9.45	8.85
Water absorption (%)	18.65	13.38	9.95	9.93
Swelling (%)	13.28	11.72	6.40	6.38
Modulus of rupture (N/mm ²)	9.56	13.14	15.69	15.87

จากตารางที่ 6 พบว่าค่าความแข็งและความหนาแน่นของแผ่นไม้อัดที่เตรียมจาก NR-g-PMMA มีอัตราส่วน NR/MMA ที่แตกต่างกัน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มสัดส่วน MMA เนื่องจากเป็นส่วนที่มีความแข็งและความหนาแน่นสูงกว่ายาง (ปริมาณชี้เลี้ยงคงที่) นอกจากนี้พบว่าปริมาณความชื้นและค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นไม้อัดมีแนวโน้มลดลงตามการเพิ่มสัดส่วน MMA ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเมื่อปริมาณของ MMA ในไม้อัดมีค่ามากขึ้น ทำให้ใช้น้ำในสูตรการเตรียม NR-g-PMMA และในสูตรกาวน้อยลง เนื่องจากน้ำยาง HA ที่มีน้ำประมาณ 40% นอกจากนี้ไม้อัดมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเนื่องจากกาวเข้ากับชี้เลี้ยงได้ดีขึ้นเนื่องจากอันตรกิริยาระหว่าง PMMA ที่กราฟต์บนโมเลกุลยางกับหมู่ที่มีขั้วของเซลลูโลสในชี้เลี้ยง ทำให้ความชื้นปะปนได้น้อยและเกิดการดูดซึมน้ำได้น้อยลง นอกจากนี้ในตารางที่ 6 พบว่า พบว่าค่าโมดูลัสแตกกร้าวและความต้านทานต่อแรงดึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณ MMA เนื่องจากการติดประสานโดยแรงกระทำทางเคมีระหว่างผิวไม้กับกาว NR-g-PMMA ที่เกิดขึ้นเป็นแรงยึดเหนี่ยวของพันธะโควาเลนต์ระหว่างหมู่ที่มีสภาพขั้ว เช่น หมู่คาร์บอนิลที่

เป็นองค์ประกอบของพอลิเมทาคริลเลทซึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชันที่เป็นเอสเทอร์กับหมู่ไฮดรอกซิลที่เป็นองค์ประกอบของเซลลูโลส (เนื้อไม้) ดังแสดงในรูปที่ 9 นอกจากนี้พันธะโควาเลนต์ยังมีพันธะทางเคมีชนิดอื่นๆ เช่น พันธะไฮโดรเจน (Hydrogen Bonding) ที่เกิดระหว่างโมเลกุลของยาง NR-g-PMMA ด้วยกันเอง และเกิดระหว่างโมเลกุลของยาง NR-g-PMMA กับเนื้อไม้ และระหว่างคิวมาโรนกับเนื้อไม้ จึงทำให้เกิดการติดประสานเกิดขึ้น ซึ่งเมื่อเพิ่มปริมาณของ PMMA ในน้ำยาง NR-g-PMMA จะทำให้กลไกการติดประสานแบบแรงกระทำจากอันตรกิริยาทางเคมีได้มากทำให้เมื่อนำไปผสมกับซีเมนต์แล้วอัดเป็นไม้อัดจะมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น



รูปที่ 9 โอกาสในการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง NR-g-PMMA และเซลลูโลส

2.5.1.6 อิทธิพลการลดน้ำหนักโมเลกุล NR-g-PMMA ต่อสมบัติไม้อัด

นำน้ำยาง NR-g-PMMA ที่เตรียมในระดับขยายส่วน โดยใช้ NR/MMA = 60/40 มาลดน้ำหนักโมเลกุลที่เวลาต่างๆ แล้วทำการเตรียมกาวโดยใช้สารเคมีดังตารางที่ 1 โดยใช้อัตราส่วนผสมกาว NR-g-PMMA กับซีลี้อยเป็น 40:60 นำไปอัดร้อนเป็นแผ่น ไม้อัด จากนั้นนำไปอบวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วนำไม้อัดที่เตรียมได้ มาทดสอบสมบัติไม้อัด คือ ความหนาแน่น ปริมาณความชื้น การดูดซึมน้ำ การพองตัวเมื่อแช่น้ำ และค่าโมดูลัสแตกร้าว แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 สมบัติของแผ่น ไม้อัดที่เตรียมจากกาว NR-g-PMMA ที่ลดน้ำหนักโมเลกุลที่เวลาปฏิกิริยาต่างๆ

Properties	Depolymerization time (hr)					
	5	10	15	20	25	30
Viscosity average molecular weight (\bar{M}_v) x 10 ⁴	101.46	86.90	78.17	32.04	22.56	12.21
Thickness (mm)	>3	>3	>3	>3	>3	>3
Hardness (Shore A)	92	92.83	94.67	95.17	96	96.67
Tensile strength (N/mm ²)	9.15	9.25	9.5	9.77	10.61	10.86
Density (kg/m ³)	1106.73	1034.95	1056.25	1001.35	1065.45	1110.7
Moisture content (%)	8.55	8.5	8.45	8.35	8.3	8.3
Water absorption (%)	9.33	9.03	8.75	8.33	7.95	7.00
Swelling ตามความหนา (%)	6.13	6.1	5.8	5.55	5.05	4.75
Modulus of rupture (N/mm ²)	17.62	19.53	22.02	25.11	26.91	29.87

จากตารางที่ 7 พบว่าน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของ NR-g-PMMA ลดลง ตามการเพิ่มเวลาของการทำปฏิกิริยา นอกจากนี้พบว่าค่าความหนาแน่น ความแข็ง ของไม้อัดใช้กาว NR-g-PMMA ลดน้ำหนักโมเลกุล มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามการเพิ่มเวลาของปฏิกิริยา แต่ปริมาณความชื้น ค่าการดูดซึมน้ำ และการพองตัวเมื่อแช่น้ำของไม้อัดมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยตามเวลาการลดน้ำหนักโมเลกุลของ NR-g-PMMA เนื่องจากการลดน้ำหนักโมเลกุล NR-g-PMMA ทำให้กาวที่เตรียมได้มีสมบัติการติดประสานที่ดีขึ้น ทำให้ไม้อัดมีความแข็งแรงสูง นอกจากนี้กาวสามารถแพร่แทรกเข้าไปในรูพรุนของซีลี้อยได้ดีขึ้น ทำให้ไม้อัดที่เตรียมได้มีความแข็งแรงสูงสุดเมื่อลดน้ำหนักโมเลกุลเป็นเวลานานขึ้น กล่าวคือ มีค่าความต้านทานต่อแรงดึง และมีค่าโมดูลัสแตกร้าวที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มเวลาการลดน้ำหนักโมเลกุล เนื่องจากการที่น้ำหนักโมเลกุลของ NR-g-PMMA ต่ำลงสามารถเกิดกลไกการ

ติดประสานแบบเชิงกลได้ดีขึ้น กล่าวคือการลดน้ำหนักโมเลกุลสามารถช่วยปรับปรุงสมบัติการยึดติดของกาว NR-g-PMMA กับบริเวณผิวของซีลื้อยได้ดีโดยที่โมเลกุลของกาว NR-g-PMMA สามารถแทรกซึมลงไปช่องว่างหรือในรูพรุนบริเวณของพื้นผิวซีลื้อยได้มากขึ้นแรงยึดระหว่างซีลื้อยกับกาวก็ยังมีมากยิ่งขึ้นด้วย โดยพบว่าการลดน้ำหนักโมเลกุลเป็นเวลา 30 ชั่วโมงเมื่อนำมาเตรียมเป็นไม้อัดแล้วให้ค่าความแข็งแรงของไม้อัดคือค่าโมดูลัสแตกร้าวมี่ค่าสูงสุด กล่าวคือกาวที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำคุณจะมีสมบัติด้านการเหนียวติดที่สูงขึ้นทำให้กาวที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำมีการติดประสานที่แข็งแรงขึ้น

นอกจากนี้พบว่าสมบัติทุกชนิดผ่านมาตรฐาน มอก.180-2519 (ตารางที่ 2) ยกเว้นค่าโมดูลัสแตกร้าวมี่ค่าไม่ผ่านแต่เข้าใกล้ค่ามาตรฐานมาก คือประมาณ 30 N/mm^2

2.5.2 การเตรียมกาวติดไม้จาก NR-g-PMMA

2.5.2.1 อิทธิพลของอัตราส่วนของ NR/MMA ที่ใช้เตรียม NR-g-PMMA ต่อสมบัติการติดประสานไม้

นำตัวอย่างกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้จากการขยายส่วน โดยใช้ NR/MMA = 85/15, 70/30, 60/40 และ 50/50 มาเตรียมกาวใช้สารเคมีในทำนองเดียวกับตารางที่ 1 หลังจากนั้นนำมาติดประสานไม้แล้ววัดค่าในซีลื้อยอุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ตามสภาวะที่เหมาะสมของสุรชษฐ์ (2548) แล้วนำไปทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปอก แบบเฉือน และแบบดึง ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 8 พบว่ากาวที่มีปริมาณของ PMMA ที่ถูกกราฟต์ติดอยู่บนโซ่โมเลกุลยางธรรมชาติสูง กล่าวคือมีการใช้ MMA ในสัดส่วนที่สูง จะมีความแข็งแรงการติดประสานสูงกว่ากาวอื่นกรณี NR/MMA = 50/50 ซึ่งมีปริมาณการกราฟต์สูงที่สุดแต่กาวที่เตรียมได้มีสมบัติความแข็งแรงต่ำกว่าที่เตรียมจาก NR/MMA = 60/40 อาจจะเป็นเนื่องจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยพอลิเมทิลเมทาคริเลทในปริมาณสูงมีลักษณะแข็งเปราะกว่า ดังนั้นกาวที่เตรียมมาจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่มีปริมาณของเมทิลเมทาคริเลทสูง จึงมีความสามารถในการยึดที่ต่ำกว่า ซึ่งกาว NR-g-PMMA ที่เตรียมจาก NR/MMA = 60/40 จะมีส่วนที่เป็นยางอยู่ในปริมาณที่มากกว่าจึงมีความเหนียวมาก ทำให้มีสมบัติเป็นอิลาสติกที่ดี ดังนั้นกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมจาก NR/MMA = 60/40 จะให้กาวที่มีสมบัติด้านความแข็งแรงสูงที่สุด

ตารางที่ 8 ความแข็งแรงการติดประสานของกาวที่อัตราส่วน NR/MMA ต่างๆ

NR/MMA	Maximum of Cleavage Peel	Maximum of Shear	Maximum of Tensile
	Strength (N/in)	Strength (N/m ²)	Strength (MPa)
85/15	49.70	634.73	0.539
70/30	54.30	1032.30	0.655
60/40	60.00	1861.55	0.831
50/50	56.70	1608.28	0.634

2.5.2.2 อิทธิพลชนิดและปริมาณสารเพิ่มการยึดติดต่อสมบัติของกาวติดไม้

นำ NR-g-PMMA ที่เตรียมจากการใช้ NR/MMA = 60/40 มาผสมเป็นกาวโดยแปรชนิดของสารเพิ่มการยึดติด คือ คิวมาโรอินดีนเรซิน ทามานอลเรซิน โครเรซิน และวู้ดเรซิน ที่ปริมาณ 50 phr โดยใช้สารเคมีชนิดอื่นๆดังตารางที่ 1 นำมาติดประสานแล้ววัดคาบเวลาที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เมื่อนำไปทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปอก แบบเฉือน และแบบดึง ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ความแข็งแรงการติดประสานของกาวที่แปรชนิดของสารเพิ่มการยึดติด

Type of Tackifier	Maximum of Cleavage Peel Strength (N/in)	Maximum of Shear Strength (N/m ²)	Maximum of Tensile Strength (MPa)
Coumarone indene resin	80.0	2393.20	0.961
Tamanal resin	40.3	1412.05	0.360
Koresin	73.0	1522.20	0.477
Wood resin	83.0	1898.75	0.631

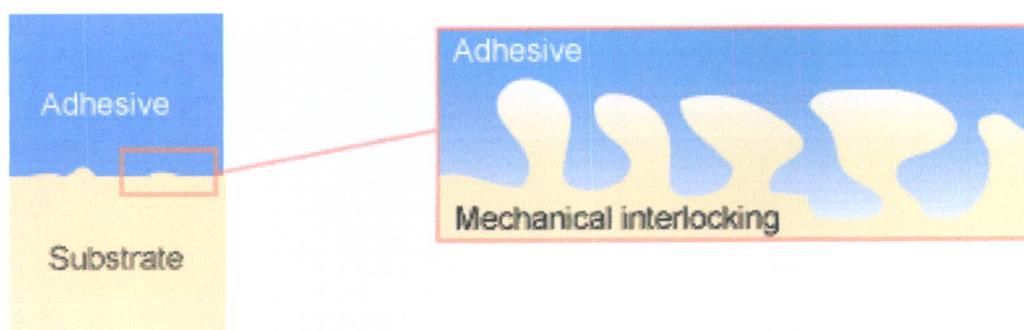
จากตารางที่ 9 พบว่าความแข็งแรงของการติดประสานของกาวที่ใช้คิวมาโรอินดีนเรซิน เป็นสารเพิ่มการยึดติดมีค่าสูงกว่าวู้ดเรซิน โครเรซินและทามานอลเรซิน ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากในโครงสร้างโมเลกุลของคิวมาโรอินดีนเรซิน (รูปที่ 8) มีหมู่ฟังก์ชันที่สามารถเกิดอันตรกิริยากับเซลลูโลสและ NR-g-PMMA ได้ดี นอกจากนี้สามารถเตรียมอิมัลชันของคิวมาโรอินดีนเรซินให้มีความเสถียรได้ดีที่สุด

หลังจากนั้นทำการแปรปริมาณคิวมาโรอินดีนเรซินเป็นสารเพิ่มการยึด โดยแปรปริมาณของสารเพิ่มการยึดติดที่ 0, 25, 50 และ 75 phr โดยใช้สารเคมีอื่นๆตามตารางที่ 1 นำมาติดประสานกับไม้แล้ววัดคาบเวลาที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เมื่อนำไปทดสอบสมบัติได้ผลดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ความแข็งแรงของการติดประสานของกาวโดยแปรปริมาณคิวมาโรอินดีนเรซิน

Tackifier loading (phr)	Maximum of Cleavage Peel Strength (N/in)	Maximum of Shear Strength (N/m ²)	Maximum of Tensile Strength (MPa)
0	44.70	1357.80	0.610
25	44.70	1416.70	0.634
50	80.0	2393.20	0.961
75	54.00	1450.80	0.883

จากตารางที่ 10 พบว่าการเพิ่มปริมาณคิวมาโรอินดินเรซินมีผลทำให้เพิ่มความแข็งแรงของการติดประสานแบบปอก แบบเนียน และแบบคิง เนื่องจากเมื่อมีสารเพิ่มการยึดติดในสูตรกาวมากขึ้น ทำให้การประสานการติดไม้ของกาวจะดีขึ้นเนื่องจากมีอันตรกิริยาเคมีระหว่างไม้กับกาวที่ แต่เมื่อใช้คิวมาโรอินดินเรซินในปริมาณ 75 phr จะมีความแข็งแรงการติดประสานที่ลดลง เนื่องจากคิวมาโรอินดินเรซินเกิดการเสียดสภาพก่อนที่จะทาากาวลงบนไม้ เนื่องจากเมื่อทาากาวลงบนผิวไม้ กาวจะแทรกซึมลงไปรูพรุน แล้วทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวทางกลขึ้น แต่ถ้ากาวมีการจับตัวก่อนก็ไม่สามารถแทรกเข้าไปในช่องว่างของรูพรุนบนผิวไม้ได้ทำให้กาวไม่แข็งแรง ลักษณะการประสานของกาวกับผิวไม้แสดงดังในรูปที่ 10 และ 11



รูปที่ 10 กลไกการติดประสานแบบ Mechanical Interlocking ที่เกิดขึ้นระหว่างกาวกับ ไม้ที่ผิวมีรูพรุน



(A) Takifier = 0 phr



(B) Takifier = 25 phr



(C) Takifier = 50 phr



(D) Takifier = 75 phr

รูปที่ 11 แสดงความล้มเหลวการติดประสานของกาวเมื่อติดประสานไม้แบบปอก โดยแปรปริมาณของคิวมาโรอินดินเรซิน คือ

จากรูปที่ 11 จะเห็นว่ามีการล้มเหลวในเนื้อกาว ที่ปริมาณความโรนอินดินเรซิน 0 และ 75 phr แสดงว่ากาวมีความอ่อนแอกว่าวัสดุที่นำมาติดประสาน และเมื่อพิจารณาจากกาวที่ใส่ความโรนอินดินเรซินปริมาณ 25 phr และ 50 phr ตามลำดับ พบว่ามีการล้มเหลวในเนื้อไม้ แสดงให้เห็นว่ากาวมีความแข็งแรงกว่าวัสดุที่นำมาติดกาว คือ ไม้ และเมื่อดูข้อมูลจากการทดสอบการติดประสานของกาว แสดงให้เห็นว่าการใส่ความโรนอินดินเรซินปริมาณ 50 phr กาวจะมีความแข็งแรงมากกว่าการใส่ในปริมาณอื่นๆ

2.5.2.3 ศึกษาอิทธิพลการลดน้ำหนัก โมเลกุล NR-g-PMMA ต่อสมบัติของกาว

เมื่อนำลาคีทซ์ของ NR-g-PMMA ที่เตรียมจาก NR/MMA = 60/40 ที่ผ่านการลดน้ำหนัก โมเลกุลที่ 0, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 ชั่วโมง นำมาผสมเป็นกาว ทาไม้ แล้วนำไปวัดเวลาในซ้ที่ 80°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วทดสอบความแข็งแรงของการติดประสานแบบปอก แบบเฉือน และแบบดึง ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ความแข็งแรงการติดประสานของกาวเมื่อทำการลดน้ำหนัก โมเลกุลของ NR-g-PMMA ที่เวลา 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 ชั่วโมง

Time of Depolymerization	$\bar{M}_v \times 10^{-4}$	Maximum of Cleavage Peel Strength (N/in)	Maximum of Shear Strength (N/m ²)	Maximum of Tensile Strength (MPa)
5	101.46	40.00	504.37	0.531
10	86.9	40.30	593.96	0.502
15	78.17	43.00	737.80	0.569
20	32.04	48.00	864.90	0.620
25	22.56	50.00	798.25	0.723
30	12.21	53.00	1142.35	0.837

จากตารางที่ 11 พบว่าเมื่อลดน้ำหนัก โมเลกุลเฉลี่ยของกราฟต์ โคอพอลิเมอร์ NR-g-PMMA ลดลง จะทำให้กาวมีค่าความแข็งแรงของการติดประสานเพิ่มขึ้น เนื่องจากการที่น้ำหนัก โมเลกุลของ กราฟต์ โคอพอลิเมอร์ NR-g-PMMA ต่ำจะสามารถเกิดกลไกการติดประสานแบบเชิงกล (รูปที่ 7) ได้ดีขึ้น กล่าวคือ โมเลกุลของกาวสามารถแทรกซึมลงไป ในรูพรุนของเนื้อไม้ได้มากขึ้น แรงยึดเหนี่ยวที่เกิดขึ้นระหว่างกาวกับ ไม้ก็จะมากขึ้นด้วย นอกจากนี้กาวที่มีส่วนของยางธรรมชาติที่มีน้ำหนัก โมเลกุล ต่ำจะมีคุณสมบัติด้านการเหนียวติดที่สูงขึ้นทำให้กาวที่มีน้ำหนัก โมเลกุลของส่วนที่เป็นพอลิเมอร์ต่ำ จะมีการติดประสานที่แข็งแรงขึ้นด้วย (สุเชษฐ์, 2548)

2.6 สรุปผลการทดลอง

สามารถเตรียมกาวจากยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยพอลิเมทิลเมทาคริเลท พบว่าอัตราส่วนผสม กาว NR-g-PMMA : ซีลี้อยคือ 40:60 โดยน้ำหนัก ใช้ซีลี้อยที่ผ่านตะแกรงขนาด 20 เมช ใช้คิวมาโรน อินคินเรซินปริมาณ 30 phr เป็นสารเพิ่มการยึดติด (การใช้ในปริมาณสูงกว่านี้จะทำให้น้ำยางเสียสภาพ ขณะผสมกับซีลี้อย) หลังจากนั้นนำไปอัดรีดเป็นแผ่นไม้อัด โดยใช้เวลาในการอัดรีด 15 นาที ความดัน 2,000–2,500 psi ที่อุณหภูมิ 120 °C แล้วนำไปอบเพื่อวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิเดียวกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำแผ่นไม้อัดที่ได้ไปทดสอบสมบัติต่างๆ คือ ความหนาแน่น ปริมาณความชื้น การดูดซึมน้ำ การพองตัวเมื่อแช่น้ำ ความต้านทานต่อแรงดึง และโมดูลัสแตกร้า การแปรปริมาณ NR/MMA ในการเตรียม NR-g-PMMA พบว่าค่าความแข็งและความหนาแน่นของแผ่นไม้อัด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มสัดส่วน MMA ที่ใช้ในการเตรียม NR-g-PMMA เนื่องจาก PMMA เป็นส่วนที่ให้ความแข็งและมีความหนาแน่นสูงกว่ายางธรรมชาติ นอกจากนี้พบว่าปริมาณความชื้นและค่า การดูดซึมน้ำของแผ่นไม้อัดมีแนวโน้มลดลงตามการเพิ่มสัดส่วน MMA เนื่องจากการใช้น้ำในสูตร การเตรียม NR-g-PMMA และในสูตรกาวน้อยลง นอกจากนี้ไม้อัดมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นตามการเพิ่ม สัดส่วน MMA เนื่องจากกาวเข้ากับซีลี้อยได้ดีขึ้นเนื่องจากอันตรกิริยาระหว่าง PMMA ที่กราฟต์บน โมเลกุลยางกับหมู่ที่มีขั้วของเซลลูโลสในซีลี้อย ทำให้ค่าโมดูลัสแตกร้าและความต้านทานต่อแรงดึง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ตามปริมาณ MMA เนื่องจากการตีประสานโดยแรงกระทำทางเคมีระหว่างผิวไม้ กับกาว NR-g-PMMA และสารเพิ่มการยึดติด ที่เกิดขึ้นเป็นแรงยึดเหนี่ยวของพันธะเคมีชนิดต่างๆ เช่น พันธะโควาเลนต์ และพันธะไฮโดรเจน เป็นต้น การลดน้ำหนักโมเลกุล NR-g-PMMA มีผลทำให้ค่า ความหนาแน่น ความแข็ง ของไม้อัดใช้กาว NR-g-PMMA ลดน้ำหนักโมเลกุล มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตาม การเพิ่มเวลาของปฏิกิริยา แต่ปริมาณความชื้น ค่าการดูดซึมน้ำและการพองตัวเมื่อแช่น้ำของ ไม้อัดมี แนวโน้มลดลงตามการลดน้ำหนักโมเลกุลของ NR-g-PMMA เนื่องจากการลดน้ำหนักโมเลกุล ทำให้ กาวที่เตรียมได้มีสมบัติการตีประสานที่ดีขึ้น และกาวสามารถแทรกและแพร่เข้าไปในรูพรุนของซีลี้อยได้ดีขึ้น ทำให้ไม้อัดมีความแข็งแรงสูงขึ้น กล่าวคือ มีค่าความต้านทานต่อแรงดึง และมีค่าโมดูลัสแตกร้าที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มเวลาการลดน้ำหนักโมเลกุล โดยพบว่าสมบัติทุกชนิดผ่าน เกณฑ์มาตรฐาน มอก.180-2519 ยกเว้นค่าโมดูลัสแตกร้าที่มีค่าไม่ผ่านแต่เข้าใกล้ค่ามาตรฐานมาก คือ มีค่าประมาณ 30 N/mm² ดังนั้นการเตรียมไม้อัดจากซีลี้อยที่ให้ผลดีที่สุดได้ค่าความแข็งแรงของกาวผ่าน ใกล้เคียงเกณฑ์มาตรฐาน มอก. มากที่สุดคือใช้สูตรกาวดังในตารางที่ 1 โดยใช้ NR-g-PMMA ที่มี TSC ~ 50% ที่เตรียมจากอัตราส่วน NR/MMA ที่มีปริมาณ MMA สูงจะช่วยให้มีความแข็งแรงสูง ดูดน้ำและความชื้นต่ำลง นอกจากนี้ควรใช้ NR-g-PMMA ที่ผ่านการลดน้ำหนักโมเลกุลซึ่งจะมีผลทำให้กาวมีความแข็งแรงมากขึ้น หลังจากนั้นนำกาวมาผสมกับซีลี้อยในอัตราส่วนกาว/ซีลี้อย = 40:60 อัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 15 นาที ก่อนที่จะนำไปอบที่ อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

การใช้กราฟต์โคพอลิเมอร์เป็นกาวในการตีประสานไม้ โดยการใส่กราฟต์โคพอลิเมอร์ที่ เตรียมจากการขยายส่วนที่ใช้ NR/MMA ในระดับต่างๆพบว่าการเพิ่มปริมาณ MMA ในปฏิกิริยา

กราฟต์โคพอลิเมอร์ไซเทชันทำให้การติดประสานไม้ที่แข็งแรงขึ้น โดยที่อัตราส่วน NR/MMA = 60/40 จะให้การติดประสานที่แข็งแรงที่สุด หากเพิ่มสัดส่วน NR/MMA = 50/50 จะทำให้ความแข็งแรงต่ำกว่า เนื่องจากมีปริมาณ PMMA ที่สูงเกินไปอาจจะทำให้กาวแข็งและเปราะเช่นเดียวกับสมบัติ PMMA นอกจากนี้พบว่าการใช้ไซคิวมาโรอินดินเรซินปริมาณ 50 phr จะให้กาวติดไม้ที่แข็งแรงที่สุด การใช้มากกว่านี้จะทำให้กาวเกิดการจับตัวในขณะที่กาว นอกจากนั้นพบว่าการลดน้ำหนักโมเลกุลของ NR-g-PMMA จะทำให้การติดประสานไม้มีความแข็งแรงขึ้นตามเวลาที่ใช้ในการลดน้ำหนักโมเลกุลหรือตามน้ำหนักโมเลกุลที่ลดลง ในทำนองเดียวกับการที่ใช้กาวในการเตรียมไม้อัดจากซีลี้อยไม้ยาง ดังนั้นการเตรียมกาวติดไม้ให้ได้ผลดีที่สุดคือใช้สูตรกาวดังในตารางที่ 1 โดยใช้ NR-g-PMMA ที่มี TSC ~ 50% ที่เตรียมจากอัตราส่วน NR/MMA = 60/40 และผ่านการลดน้ำหนักโมเลกุล ไซคิวมาโรอินดินเรซิน ปริมาณ 50 phr

2.7 ข้อเสนอแนะ

1. พัฒนาการเตรียมอิมัลชันของสารเพิ่มการยึดติดที่มีความเสถียรมากกว่านี้ เพื่อนำไปสู่การเพิ่มปริมาณสารการยึดติดในสูตรกาวได้ จะทำให้ไม้อัดมีสมบัติเชิงกลที่ดีกว่านี้ หรืออาจจะเตรียมในรูปแบบคิสเพอร์ชันของสารเพิ่มการยึดติดแต่จะต้องมีอนุภาคเล็กมาก ซึ่งจะสามารถแก้ปัญหาด้านความแข็งแรงของกาวที่ใช้ติดไม้และใช้เตรียมไม้อัดได้
2. ควรบดผงซีลี้อยให้มีความละเอียดกว่า 20 เมช จะทำให้ได้ไม้อัดที่แข็งแรงขึ้นมาก

2.8 เอกสารอ้างอิง

- กาญจนา นกแก้ว (2548). การเตรียมไม้อัดจากซีลี้อยไม้ยางพารา โดยใช้ยางธรรมชาติฟอกไซค์ในรูปของน้ำยางเป็นตัวประสาน. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรีสาขาวิชาเทคโนโลยียาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- เจริญ นาคะสรรค์ สุเชษฐ์ พรหมเดช และ อาชีขัน แกสมาน (2548). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ กาวจากน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับพอลิเมทิลเมทาคริเลท. โครงการวิจัยแห่งชาติ: ยางพารา สกว. สัญญาเลขที่ RDG4850005.
- สุเชษฐ์ พรหมเดช (2548) กาวจากน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับพอลิเมทิลเมทาคริเลท. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรีสาขาวิชาเทคโนโลยียาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- Aar, C.P.J.v.d., Does, L.v.d., Noordermeer, J.W.M. and Bantjes A. 2000. Rubber-Metal Adhesion. Progress in Rubber Technology, 16, 87-115
- ASTM. D2095-96. (1997). *Standard Test Method for Tensile Strength of Adhesive by Means of Bar and Rod Specimens*, Section15, Volume 15.06
- ASTM. D2339-94a. (1997). *Standard Test Method for Strength Properties of Adhesive in Two-Ply Wood Construction in Shear by Tension Loading*, Section15, Volume 15.06

ASTM. D3807-93. (1997). *Standard Test Method for Strength Properties of Adhesive in Cleavage by Tension Loading*, Section 15, Volume 15.06

Takayuki., S. 2004. *Preparation of Novel Polymer Having Cyclic Carbonate Group From Natural Rubber with Super Critical Carbon Dioxide*, Proceeding 2nd 21st Century COE International Symposium on Green Energy Revolution, 9-11 August, Bangkok, Thailand.