



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การเตรียมกาวติดไม้และกาวทำไม้อัดจาก
ขี้เลื่อยไม้ยางพาราจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยาง
ธรรมชาติกับเมทิลเมทาคริเลท

โดย รองศาสตราจารย์ ดร. เจริญ นาคะสรรค์และคณะ

สิงหาคม 2551

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การเตรียมกาวติดไม้และกาวทำไม้อัดจาก
ขี้เลื่อยไม้ยางพาราจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยาง
ธรรมชาติกับเมทิลเมทาคริเลต

คณะผู้วิจัย

สังกัด

- | | |
|---------------------------------------|--------------------------|
| 1. รองศาสตราจารย์ ดร. เจริญ นาคะสรรค์ | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 2. นางสาวนางสาวเกศรา มณีใส | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 3. นางสาวชนิดา หมั่นและ | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 4. รองศาสตราจารย์ อาชีชัน แกสมาน | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |

ชุดโครงการ วิจัยแห่งชาติยางพารา (SPR)

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว)

(ความเห็นในรายงานฉบับนี้เป็นของผู้วิจัย สกว ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปย่อรายงานสำหรับผู้บริหาร

ชื่อโครงการ การเตรียมกาวติดไม้และกาวทำไม้อัดจากชี้เลื่อยไม้ยางพาราจากกราฟต์โคพอลิเมอร์
ของยางธรรมชาติกับเมทิลเมทาคริเลท

Preparation of Adhesive Based on Graft Copolymer of Natural Rubber and Methyl
Methacrylate for Wood Applications and Particle Board from Para-Wood Sawdust.

ชื่อหัวหน้าโครงการ หน่วยงานสังกัด และที่อยู่

ชื่อ-สกุล	รองศาสตราจารย์ ดร. เจริญ นาคะสรรรค์		
หน่วยงาน	ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี		
ที่อยู่	ถนนเจริญประดิษฐ์ ต.รูสะมิแล อ.เมือง จ.ปัตตานี 94000		
โทรศัพท์	073 313930-50 ext 1866	โทรสาร	073 331099
E-mail	ncharoen@bunga.pn.psu.ac.th		

นักศึกษา/ผู้ร่วมวิจัย นางสาวเกศรา มณีใส และ นางสาวชนิดา หมันละ

ระยะเวลาดำเนินการ 10 เดือนตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม 2550 ถึง วันที่ 30 มีนาคม 2551

ปัญหาที่ทำวิจัยและความสำคัญ กราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับเมทิลเมทาคริเลท (NR-g-PMMA) เตรียมจากการดัดแปลงโมเลกุลยางธรรมชาติ โดยการเพิ่มสมบัติเด่นของ PMMA ในยางธรรมชาติ กล่าวคือ เพิ่มความเป็นขั้ว ความแข็ง ความต้านทานต่อตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว ความต้านทานต่อความร้อนและปฏิกิริยาออกซิเดชัน และเพิ่มการยึดติดกับวัสดุต่างๆที่มีสภาพขั้ว จึงทำให้สามารถประยุกต์ใช้วัสดุชนิดนี้กับอุตสาหกรรมหลากหลายรูปแบบ โดยเฉพาะการทำให้เป็นวัสดุหลักในการทำกาวสำหรับรองเท้าหนังแท้เพื่อยืดอายุการใช้งาน ใช้ทำกาวเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ กระดาษ และไม้ ใช้ทำไฟเบอร์และกาวในการทำเทปกาวที่ใช้เทป PVC ทำไฟเบอร์ในกรณีการใช้งานติดกับวัสดุต่างๆ เป็นต้น ทีมวิจัยฯได้ดำเนินงานวิจัยเรื่อง “การขยายส่วนการเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับเมทิลเมทาคริเลท” จากการร่วมทุนของ สกว. กับ องค์การสวนยาง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ สัญญาเลขที่ RDG4950129 เสร็จสิ้น เพื่อเสริมความเข้มแข็งและพัฒนาองค์ความรู้สนับสนุนโครงการวิจัยดังกล่าวฯ เพื่อให้สามารถขยายขอบเขตสู่อุตสาหกรรมและเป็นหลักประกันในคุณภาพ

ของกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมขึ้น จึงใช้โครงการวิจัยนี้ในการศึกษาการใช้กราฟต์โคพอลิเมอร์ NR-g-PMMA ในการเตรียมกาวที่ใช้ติดไม้โดยเฉพาะในการเชื่อมต่อไม้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และกาวสำหรับการผลิตไม้อัดจากชีลื้อยไม้ยางพารา

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเตรียมกาวจาก NR-g-PMMA ในสถานะน้ำยาง โดยมุ่งเน้นการใช้งานในอุตสาหกรรมการติดไม้เฟอร์นิเจอร์และการเตรียมไม้อัดจากชีลื้อยไม้ยางพารา
2. เพื่อทดสอบสมบัติการยึดของไม้ติดกาวและสมบัติแผ่นไม้อัดที่เตรียมขึ้น และทดสอบสมบัติอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

ผลการดำเนินงาน

สามารถเตรียมไม้อัดจากชีลื้อยไม้ยางพาราโดยใช้กาว NR-g-PMMA โดยพบว่าอัตราส่วนผสมกาว NR-g-PMMA : ชีลื้อยคือ 40:60 โดยน้ำหนัก ใช้ชีลื้อยที่ผ่านตะแกรงขนาด 20 เมช ใช้คิวมาโรนอินดินเรซินปริมาณ 30 phr เป็นสารเพิ่มการยึดติด อัดร้อน 15 นาที ที่ความดัน 2,000–2,500 psi และอุณหภูมิ 120 °C แล้วนำไปอบเพื่อวัดคาบในซีที่เดียวกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำแผ่นไม้อัดที่ได้ไปทดสอบสมบัติต่างๆ พบว่าการใช้กาวที่เตรียมจาก NR-g-PMMA ที่ใช้ NR/MMA ต่างๆกันจะให้แผ่นไม้อัด มีแนวโน้มความแข็งแรงเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มสัดส่วน MMA และสมบัติอื่นๆอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก.180-2519 นอกจากนี้พบว่ากาวที่ลดน้ำหนักโมเลกุล NR-g-PMMA ให้สั้นลงจะให้ไม้อัดที่มีความแข็งแรงมากกว่า โดยสมบัติต่างๆผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก.180-2519 ยกเว้นค่าโมดูลัสแตกร้าวที่มีค่าไม่ผ่านแต่เข้าใกล้ค่ามาตรฐานมาก คือ 30 จากค่ามาตรฐานคือ > 35 N/mm² นอกจากนี้สามารถเตรียมกาวที่ใช้ในการติดไม้ที่มีคุณภาพสูงโดยใช้กาวน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ โดยพบว่าสมบัติที่ดีที่สุดของการติดไม้ได้จากน้ำยางที่เตรียมที่อัตราส่วน NR/MMA = 60/40 ใช้คิวมาโรนอินดินเรซินปริมาณ 50 phr และลดน้ำหนักโมเลกุลของ NR-g-PMMA เป็นเวลา 30 ชั่วโมง

สรุปผลการวิจัย

สามารถเตรียมกาวจากยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยพอลิเมทิลเมทาคริเลท พบว่าอัตราส่วนผสมกาว NR-g-PMMA : ชีลื้อยคือ 40:60 โดยน้ำหนัก ใช้ชีลื้อยที่ผ่านตะแกรงขนาด 20 เมช ใช้คิวมาโรนอินดินเรซินปริมาณ 30 phr เป็นสารเพิ่มการยึดติด (การใช้ในปริมาณสูงกว่านี้จะทำให้น้ำยางเสียสภาพขณะผสมกับชีลื้อย) หลังจากนั้นไปอัดร้อนเป็นแผ่นไม้อัด โดยใช้เวลาในการอัดร้อน 15 นาที ความดัน 2,000–2,500 psi ที่อุณหภูมิ 120 °C แล้วนำไปอบเพื่อวัดคาบในซีที่อุณหภูมิเดียวกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำแผ่นไม้อัดที่ได้ไปทดสอบสมบัติต่างๆ คือ ความหนาแน่น ปริมาณความชื้น การดูดซึมน้ำ การพองตัวเมื่อแช่น้ำ ความต้านทานต่อแรงดึง และโมดูลัสแตกร้าว การแปรปรมาณ NR/MMA ในการเตรียม NR-g-PMMA พบว่าค่าความแข็งแรงและความหนาแน่นของแผ่นไม้อัด มี

แนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มสัดส่วน MMA ที่ใช้ในการเตรียม NR-g-PMMA เนื่องจาก PMMA เป็นส่วนที่ให้ความแข็งแรงและความหนาแน่นสูงกว่ายางธรรมชาติ นอกจากนี้พบว่าปริมาณความชื้นและค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นไม้อัดมีแนวโน้มลดลงตามการเพิ่มสัดส่วน MMA เนื่องจากการใช้น้ำในสูตรการเตรียม NR-g-PMMA และในสูตรกาวน้อยลง นอกจากนี้ไม้อัดมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มสัดส่วน MMA เนื่องจากกาวเข้ากับซีล้อยได้ดีขึ้นเนื่องจากอันตรกิริยาระหว่าง PMMA ที่กราฟต์บนโมเลกุลยางกับหมู่ที่มีขั้วของเซลลูโลสในซีล้อย ทำให้ค่าโมดูลัสแตกร้าวและความต้านทานต่อแรงดึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ตามปริมาณ MMA เนื่องจากการติดประสานโดยแรงกระทำทางเคมีระหว่างผิวไม้กับกาว NR-g-PMMA และสารเพิ่มการยึดติด ที่เกิดขึ้นเป็นแรงยึดเหนี่ยวของพันธะเคมีชนิดต่างๆ เช่น พันธะโควาเลนต์ และพันธะไฮโดรเจน เป็นต้น การลดน้ำหนักโมเลกุล NR-g-PMMA มีผลทำให้ค่าความหนาแน่น ความแข็ง ของไม้อัดใช้กาว NR-g-PMMA ลดน้ำหนักโมเลกุล มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มเวลาของปฏิกิริยา แต่ปริมาณความชื้น ค่าการดูดซึมน้ำและการพองตัวเมื่อแช่น้ำของไม้อัดมีแนวโน้มลดลงตามการลดน้ำหนักโมเลกุลของ NR-g-PMMA เนื่องจากการลดน้ำหนักโมเลกุล ทำให้กาวที่เตรียมได้มีสมบัติการติดประสานที่ดีขึ้น และกาวสามารถแทรกและแพร่เข้าไปในรูพรุนของซีล้อยได้ดีขึ้น ทำให้ไม้อัดมีความแข็งแรงสูงขึ้น กล่าวคือ มีค่าความต้านทานต่อแรงดึง และมีค่าโมดูลัสแตกร้าวที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มเวลาการลดน้ำหนักโมเลกุล โดยพบว่าสมบัติทุกชนิดผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก.180-2519 ยกเว้นค่าโมดูลัสแตกร้าวที่มีค่าไม่ผ่านแต่เข้าใกล้ค่ามาตรฐานมาก คือมีค่าประมาณ 30 N/mm^2

การใช้กราฟต์โคพอลิเมอร์เป็นกาวในการติดประสานไม้ โดยการใช้อิทธิพลของกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมจากการขยายส่วนที่ใช้ NR/MMA ในระดับต่างๆพบว่าปริมาณ MMA ในปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์จะส่งผลให้การติดประสานไม้ที่แข็งแรงขึ้นโดยที่อัตราส่วน NR/MMA = 60/40 จะให้การติดประสานที่แข็งแรงที่สุด หากเพิ่มสัดส่วน NR/MMA = 50/50 จะทำให้ความแข็งแรงต่ำกว่า เนื่องจากมีปริมาณ PMMA ที่สูงเกินไปอาจจะทำให้กาวแข็งและเปราะเช่นเดียวกับสมบัติ PMMA นอกจากนี้พบว่าการใช้ใช้คิวมาโรนอินดินเรซินปริมาณ 50 phr จะให้กาวติดไม้ที่แข็งแรงที่สุด การใช้มากกว่านี้จะทำให้กาวเกิดการจับตัวในขณะกวนกาว นอกจากนี้พบว่าปริมาณการลดน้ำหนักโมเลกุลของ NR-g-PMMA จะทำให้การติดประสานไม้มีความแข็งแรงขึ้นตามเวลาที่ใช้ในการลดน้ำหนักโมเลกุลหรือตามน้ำหนักโมเลกุลที่ลดลง ในทำนองเดียวกับการที่ใช้กาวในการเตรียมไม้อัดจากซีล้อยไม้ยาง

ข้อเสนอแนะที่คาดว่าจะควรวิจัยเพิ่ม และวิธีการที่ควรต่อยอดสู่ภาคปฏิบัติจริง

- พัฒนาการเตรียมอิมัลชันของสารเพิ่มการยึดติดที่มีความเสถียรมากกว่านี้ เพื่อนำไปสู่การเพิ่มปริมาณสารการยึดติดในสูตรกาวได้ จะทำให้ไม้อัดมีสมบัติเชิงกลที่ดีกว่านี้
- อาจจะเตรียมสารเพิ่มการยึดติดในรูปแบบดิสเพอร์ชันของสารเพิ่มการยึดติดแต่จะต้องมีอนุภาคเล็กมาก ซึ่งจะสามารถแก้ปัญหาด้านความแข็งแรงของกาวติดไม้และกาวที่ใช้เตรียมไม้อัดได้

- พัฒนาเครื่องมือในการบดผงขี้เลื่อยให้มีขนาดเล็กกว่า 20 เมช จะทำให้ได้ไม้อัดที่แข็งแรงขึ้นมาก

ผลงานทางวิชาการที่เกิดขึ้น

- ได้กระบวนการเตรียมกาวและการเตรียมไม้อัดที่มีสมบัติส่วนใหญ่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก.180-2519
- พบว่าการเตรียมอิมัลชันหรือคิสเพอร์ชันของสารเพิ่มการยึดติดเป็นประเด็นหลักในความสำเร็จของการเตรียมกาวน้ำยางและการประยุกต์ใช้งาน
- สามารถเตรียมกาวที่ใช้ติดไม้ที่มีความสามารถในการติดประสานที่สูงได้

บทคัดย่อ

เตรียมกาวจากยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยพอลิเมทิลเมทาคริเลท หลังจากนั้นผสมกับซีลี้อยที่ผ่านตะแกรงขนาด 20 เมช ใช้คิวมาโรนอินดินเรซินปริมาณ 30 phr เป็นสารเพิ่มการยึดติด พบว่าอัตราส่วนผสมกาว: ซีลี้อยที่เหมาะสม คือ 40:60 โดยน้ำหนัก หลังจากนั้นไปอัดเป็นแผ่นไม้อัด ที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 15 นาที ความดัน 2,000–2,500 psi แล้วนำไปอบเพื่อวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิเดียวกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วทดสอบสมบัติไม้อัด การแปรปริมาณ NR/MMA ในการเตรียม NR-g-PMMA ในระดับขยายส่วนมีผลต่อสมบัติไม้อัดคือค่าความแข็งและความหนาแน่นของแผ่นไม้อัด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มสัดส่วน MMA เนื่องจาก PMMA ที่เกิดขึ้นเป็นส่วนที่ให้ความแข็งแรงและความหนาแน่นสูงกว่ายางธรรมชาติ นอกจากนี้พบว่าปริมาณความชื้นและค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นไม้อัดมีแนวโน้มลดลงตามการเพิ่มสัดส่วน MMA เนื่องจากการใช้น้ำในสูตรการเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์และการเตรียมกาวน้อยลง แต่ไม้อัดกลับมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นตามการเพิ่ม MMA เนื่องจากกาวเข้ากับซีลี้อยได้ดีขึ้นและมีอันตรกิริยาระหว่าง PMMA ที่หมู่ที่มีขั้วในซีลี้อยมากขึ้น ส่งผลให้ค่าโมดูลัสแตกร้าวและความต้านทานต่อแรงดึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ตามปริมาณ MMA นอกจากนี้พบว่าการลดน้ำหนักโมเลกุล NR-g-PMMA มีผลทำให้สมบัติของไม้อัดดีขึ้นกล่าวคือ ค่าความหนาแน่น ความแข็งแรงของไม้อัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มเวลาของปฏิกิริยา เนื่องจากการลดน้ำหนักโมเลกุล NR-g-PMMA ทำให้กาวที่เตรียมได้มีสมบัติการติดประสานที่ดีขึ้น และกาวสามารถแทรกเข้าไปในรูพรุนของซีลี้อยได้ดีขึ้น จึงทำให้ไม้อัดมีความแข็งแรงสูงขึ้น กล่าวคือ มีค่าความต้านทานต่อแรงดึง และมีค่าโมดูลัสแตกร้าวที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มเวลาการลดน้ำหนักโมเลกุล โดยพบว่าสมบัติทุกชนิดที่ทดสอบผ่านมาตรฐาน มอก.180-2519 ยกเว้นค่าโมดูลัสแตกร้าวที่มีค่าไม่ผ่านเกณฑ์แต่มีค่าใกล้เคียงคือ 30 N/mm² นอกจากนี้ใช้กราฟต์โคพอลิเมอร์เป็นกาวในการประสานไม้ โดยการใช้ NR-g-PMMA ที่ใช้ NR/MMA ในระดับต่างๆพบว่า การเพิ่มปริมาณ MMA ทำให้การติดประสานไม้ที่แข็งแรงขึ้นโดยที่อัตราส่วน NR/MMA = 60/40 จะให้การติดประสานที่แข็งแรงที่สุด ใช้คิวมาโรนอินดินเรซินปริมาณ 50 phr จะให้กาวติดไม้ที่แข็งแรงที่สุด นอกจากนี้พบว่าการลดน้ำหนักโมเลกุลของ NR-g-PMMA จะทำให้การติดประสานไม้มีความแข็งแรงขึ้นตามเวลาที่ใช้ในการลดน้ำหนักโมเลกุล

คำสำคัญ: NR-g-PMMA; สารเพิ่มการยึดติด; ซีลี้อยไม้ยาง; การลดน้ำหนักโมเลกุล

Abstract

Latex based adhesive was prepared from graft copolymer of natural rubber and methyl methacrylate (NR-g-PMMA). Para wood sawdust with a mesh size of 20 mesh was then mixed with the adhesive using the optimum type and concentration of tackifier: coumarone indene resin at 30 phr. The optimum ratio of adhesive/sawdust was found at 40/60 weight ratio. The mixture was then fabricated to a particle board with compression molding at 120 °C for 15 min with compression pressure in a range 2,000-2,500 psi. The particle board was then vulcanized in a hot air oven at 120 °C for 6 hr before various properties were tested. Influence of NR/MMA on scale up preparation of NR-g-PMMA on properties of the particle board was characterized. It was found that the hardness and density of the board increased with increased MMA content during graft copolymerization. This is attributed to the hardness and density of PMMA component. Furthermore, moisture content and swelling in water decreased but strength properties in terms of modulus of rupture and tensile strength increased with increasing MMA content. This is because lower level of water was incorporated and better compatibility between adhesive and saw dust particles. Decreasing molecular weight of NR-g-PMMA was also effected on properties of the particle boards. We found that increasing trend of density, hardness, tensile strength and modulus of rupture upon increased depolymerization time or decreased molecular weight. This is attributed to better diffusion of adhesive component into pores of saw dust particle and better compatibility. NR-g-PMMA based adhesive was also used as a binder in wood applications. It was found that the NR/MMA = 60/40 gave the highest adhesion strength. Furthermore, coumarone indene resin at a concentration of 50 phr provided the strongest wood binding. We also found that the adhesion strength increased with decreased molecular weight as in the case of application this type of adhesive in the particle board.

Keyword: NR-g-PMMA; tackifiers; para wood sawdust; depolymerization;

เนื้อหา

2.1 ความสำคัญและความเป็นมาของการวิจัย

กราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับเมทิลเมทาคริเลท (NR-g-PMMA) ที่รู้จักในชื่อยางฮีเวอพลัส เอ็มจี (Heveaplus MG) เป็นการดัดแปลงโมเลกุลยางธรรมชาติ โดยการเพิ่มสมบัติเด่นของ PMMA ในยางธรรมชาติ กล่าวคือ เพิ่มความเป็นขั้ว ความแข็ง ความต้านทานต่อตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว ความต้านทานต่อความร้อนและปฏิกิริยาออกซิเดชัน และเพิ่มการยึดติดกับวัสดุต่างๆที่มีสภาพขั้ว จึงทำให้สามารถประยุกต์ใช้วัสดุชนิดนี้กับอุตสาหกรรมหลากหลายรูปแบบ โดยเฉพาะการทำให้เป็นวัสดุหลักในการทำวาล์วสำหรับรองเท้าหนังแท้เพื่อยืดอายุการใช้งาน ใช้ทำวาล์วเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ กระดาษ และไม้ ใช้ทำไพรเมอร์และกาวในการทำเทปกาวที่ใช้เทป PVC ทำไพรเมอร์ในกรณีการใช้ยางติดกับวัสดุต่างๆ เป็นต้น

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

2.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อเตรียมกาวจาก NR-g-PMMA ในสภาวะน้ำยาง โดยมุ่งเน้นการใช้งานในอุตสาหกรรมการติดไม้เฟอร์นิเจอร์และการเตรียมไม้อัดจากขี้เลื่อยไม้ยางพารา
2. เพื่อทดสอบสมบัติการยึดของไม้ติดกาวและสมบัติแผ่นไม้อัดที่เตรียมขึ้น และทดสอบสมบัติอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

2.3 ทฤษฎีแนวคิดในการวิจัยและผลงานที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 ทฤษฎีในการติดประสาน

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

1. ทฤษฎีการดูดซับเชิงเคมีและเชิงฟิสิกส์

ทฤษฎีการดูดซับ สามารถใช้ในการอธิบายการติดประสานได้อย่างกว้างขวาง ปรากฏการณ์การดูดซับสามารถแบ่งออกเป็นการดูดซับทางฟิสิกส์ (physical adsorption) และการดูด

ชั้นทางเคมี (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

$$\cos \Theta_f = R_f \cos \Theta_s \quad (2)$$

เมื่อ R_f คือ องค์ประกอบความขรุขระ (Roughness factor) และ θ คือ มุมสัมผัส (contact angle) เมื่อใช้ของเหลวชนิดเดียวกัน มุมสัมผัส (θ_p) บนผิวที่หยาบ ขรุขระ จะต่ำกว่ามุมสัมผัส (θ_s) 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 หรือส่วนของโมเลกุลพอลิเมอร์ที่เกิดการแพร่ นั้นๆ สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังสมการที่ 3

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

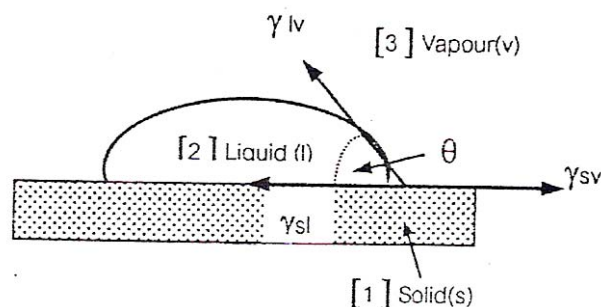
เมื่อ X คือ ความลึกของการแพร่; D_f คือ สัมประสิทธิ์ของการแพร่; และ T คือ ระยะเวลาที่สัมผัส

4. ทฤษฎีแรงดึงดูดทางไฟฟ้า

ทฤษฎีนี้อธิบายการติดประสานสัมพันธ์กับประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นระหว่างผิว หากประจุไฟฟ้ามีแรงดึงดูดเข้าหากันจะทำให้เกิดผิวติดกัน แต่ประจุไฟฟ้าผลักรันจะทำให้เกิดการแยกตัวของผิว

2.3.2 ความสามารถในการเปียกผิว (wetting)

การติดประสาน จะไม่เกิดขึ้นถ้าไม่มีการสัมผัสกันระหว่างผิวไม่มีและหากต้องการให้มีการติดประสานที่ดีจำเป็นต้องให้มีการสัมผัสกันในระดับโมเลกุลที่ผิวประจัญ (Interface) การอธิบายเรื่องการเปียก มักพิจารณาหยดของเหลวที่อยู่บนผิวของของแข็ง ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 หยดของเหลวบนพื้นผิวแข็งแสดงมุมสัมผัสเท่ากับ θ

จากรูปจะเห็นได้ว่ามี 3 เฟสที่ต่างกัน ได้แก่ ของแข็ง (S), ของเหลว (l) และ ไอ (V) หยดของเหลวบนพื้นแข็งมีมุมสัมผัส (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 $|Y_{sv} - Y_s| < Y_{lv}$ 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

การยึดติดของกาวกับไม้มาจากเหตุผล 3 ประการ คือ

1. การเกิดพันธะเคมีของกาวกับไม้ แรงที่เกิดขึ้นนี้มีค่าสูงกว่าปัจจัยอื่นๆ ที่ทำให้เกิดการยึดติด กลไกนี้เป็นแรงที่เกิดจากพันธะโควาเลนต์เป็นส่วนใหญ่
2. การยึดติดแบบเชิงกลและการแทรกของกาวเข้าไปในช่องว่างของผนังเซลล์ กลไกนี้เกิดจากสลายกาวเข้าไปแทรกในรูเล็ก ในผนังเซลล์ หรือโมเลกุลของกาวแทรกเข้าไปในส่วนออสเทนชันของเซลล์ลอส แรงที่เกิดจากการยึดติดแบบนี้ขึ้นอยู่กับ การกระจายตัว การซึมซาบการเปียก และขนาดของโมเลกุลของกาวเอง
3. การยึดตัวระหว่างโมเลกุลที่เกิดจากการดึงดูดและและการดูดแนบ แรงที่ได้จากกลไกนี้เป็นแรงแวนเดอร์วาลส์

2.4 วิธีการ

2.4.1 การเตรียมไม้อัดจากชี้เลื่อยไม้ยางพาราโดยใช้กาว NR-g-PMMA

2.4.1.1 อิทธิพลของอัตราส่วนการผสมระหว่างกาว NR-g-PMMA กับชี้เลื่อย

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

หนาแน่น เปอร์เซ็นต์ความชื้น การดูดซึมน้ำ การพองตัวเมื่อแช่น้ำ และความแข็งแรงของแผ่นไม้อัดที่ได้ โดยการวัดค่าโมดูลัสแตกร้าว

ตารางที่ 1 สูตรกาวน้ำยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยพอลิเมทิลเมทาคริเลท

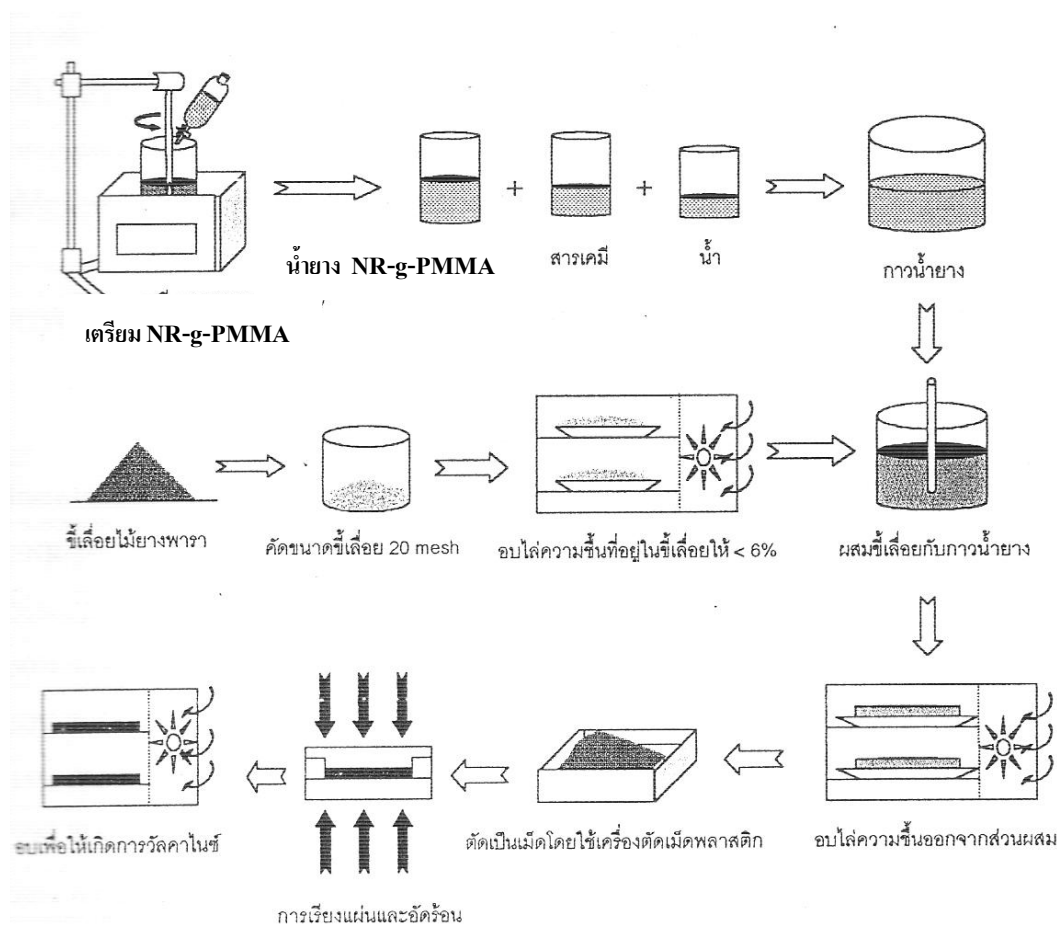
Ingredients	Quantity (phr)
50% NR-g-PMMA	100
50% ZDEC dispersion	0.75
50% Sulphur dispersion	10
50% ZnO dispersion	5
13% CMC	5
40% Coumarone resin emulsion	30
50% Wing stay L dispersion	1.5

2.4.1.2 อิทธิพลของอุณหภูมิที่ใช้ในการอัดขึ้นรูป

เลือกอัตราส่วนผสมของกาวต่อจีล้อยในอัตราส่วนที่ทำให้ได้แผ่นไม้อัดที่เหมาะสมจากการทดลองในหัวข้อที่ 2.4.1.1 มาอัดร้อนด้วยเครื่องอัดเบ้าที่อุณหภูมิ 110, 120, 130 และ 140°C โดยใช้เวลาในการอัด 15 นาที ที่ความดัน 2,000–2,500 psi สังเกตลักษณะผิวหน้าและสีของแผ่นไม้อัดที่ได้

2.4.1.3 อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาในการอบวัลคาไนซ์แผ่นไม้อัด

ใช้อัตราส่วนผสมกาวต่อจีล้อยในอัตราส่วนที่เหมาะสมและอุณหภูมิที่ใช้ในการอัดร้อนที่เหมาะสม จากการทดลองในข้อ 2.4.1.1 และ 2.4.1.2 ตามลำดับ ทำการทดลองโดยใช้เวลาในการอัดร้อน 15 นาที ความดัน 2,000–2,500 psi แล้วนำแผ่นไม้อัดที่เตรียมได้ไปอบเพื่อให้เกิดการวัลคาไนซ์ในตู้อบอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 110, 120, 130 และ 140°C จากนั้นศึกษาสมบัติของไม้อัด คือ ความหนาแน่น เปอร์เซ็นต์ความชื้น การดูดซึมน้ำ การพองตัวเมื่อแช่น้ำ และความแข็งแรงของแผ่นไม้อัดที่ได้ โดยการวัดค่าโมดูลัสแตกร้าว หลังจากได้อุณหภูมิการวัลคาไนซ์ที่เหมาะสมแล้ว ใช้กาวสูตรเดิมศึกษาเวลาการวัลคาไนซ์โดยการแปรเวลาเป็น 2, 4, 6, 8 และ 10 ชั่วโมง แล้วศึกษาสมบัติต่างๆ



รูปที่ 2 ขั้นตอนการเตรียมแผ่นไม้อัดสำหรับห้องทดลอง (ดัดแปลงจากกาญจนา, 2548)

2.4.1.4 อิทธิพลของขนาดขี้เลื่อย

ศึกษาอิทธิพลของขนาดขี้เลื่อยโดยใช้ขนาดขี้เลื่อย 20 เมชและขนาดใหญ่กว่า 20 เมช อัตราส่วนการผสมระหว่างกาว : ขี้เลื่อย และอุณหภูมิในการอัดร้อนที่เหมาะสมที่สุด จากผลการทดลองในข้อก่อนหน้านี้ ใช้เวลาในการอัดร้อน 15 นาที ความดัน 2,000–2,500 psi นำแผ่นไม้อัดที่เตรียมได้ไปอบเพื่อให้เกิดการวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม แล้วศึกษาสมบัติของไม้อัด คือ ความหนาแน่น เปอร์เซ็นต์ความชื้น การดูดซึมน้ำ การพองตัวเมื่อแช่น้ำ และความแข็งแรงของแผ่นไม้อัดที่ได้ โดยการวัดค่าโมดูลัสแตกร้าว

2.4.1.5 อิทธิพลของชนิดและปริมาณสารเพิ่มการยึดติดต่อสมบัติของไม้อัด

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

ความชื้น การดูดซึมน้ำ การพองตัวเมื่อแช่น้ำ และความแข็งแรงของแผ่นไม้อัดที่ได้ โดยการวัดค่าโมดูลัสแตกร้าว หลังจากศึกษาอิทธิพลของปริมาณของสารเพิ่มการยึดติดที่มีสมบัติเหมาะสมต่อสมบัติของไม้อัดโดยแปรปริมาณสารเพิ่มการยึดติดคือ 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 ใช้อัตราส่วนผสมกาวต่อขี้เลื่อยในสัดส่วนที่เหมาะสม ขนาดขี้เลื่อยที่เหมาะสมและอุณหภูมิที่ใช้ในการอัดร้อนที่เหมาะสม โดยใช้เวลาในการอัดร้อน 15 นาที ความดัน 2,000–2,500 psi แล้วนำแผ่นไม้อัดที่เตรียมได้ไปอบเพื่อให้เกิดการวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ และเวลาวัลคาไนซ์ ขนาดขี้เลื่อย ชนิดและปริมาณสารเพิ่มการยึดติดที่เหมาะสม จากนั้นศึกษาสมบัติของไม้อัด คือ ความหนาแน่น เปอร์เซ็นต์ความชื้น การดูดซึมน้ำ การพองตัวเมื่อแช่น้ำ และความแข็งแรงของแผ่นไม้อัดที่ได้ โดยการวัดค่าโมดูลัสแตกร้าว

2.4.1.7 อิทธิพลของน้ำหนักโมเลกุลของน้ำยาง NR-g-PMMA ที่มีผลต่อสมบัติไม้อัด

ลดน้ำหนักโมเลกุลของน้ำยาง NR-g-PMMA ที่เตรียมจากอัตราส่วน NR/MMA เท่ากับ 50/50 ในระดับขยายส่วนโดยใช้โปแตสเซียมเปอร์ซัลเฟต ปริมาณ 1 phr ร่วมกับ Propanal 15 phr โดยแปรเวลาของปฏิกิริยาเป็น 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 ชั่วโมง ตามลำดับ ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 65°C ตามวิธีการของTayayuki (2004) และสุเชษฐ์ (2548) เมื่อทำการลดน้ำหนักโมเลกุลตามเวลาแล้วนำน้ำยาง 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 โดยใช้สารเคมีชนิดอื่นๆดังตารางที่ 1 นำมาติดประสานแล้ววัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เมื่อนำไปทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปอก แบบเฉือน และแบบดึง

2.4.2.3 ศึกษาอิทธิพลการลดน้ำหนักโมเลกุล NR-g-PMMA ต่อสมบัติของกาว

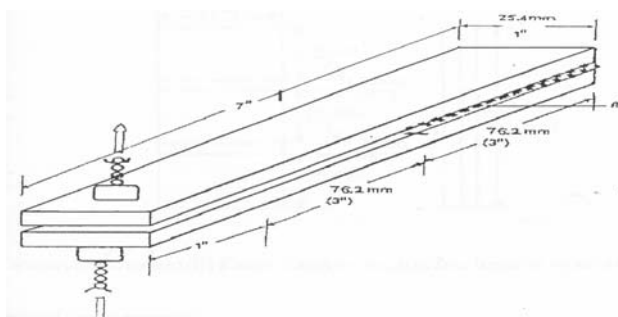
เมื่อนำลาคีเทกซ์ของ NR-g-PMMA ที่เตรียมจาก NR/MMA = 60/40 ที่ผ่านการลดน้ำหนักโมเลกุลที่ 0, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 ชั่วโมง นำมาผสมเป็นกาว ทาไม้ ประคบกัน แล้วนำไปวัลคาไนซ์ที่ 80°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วทดสอบความแข็งแรงของการติดประสานแบบลอก แบบเฉือน และแบบดึง

2.4.2.4 การศึกษาสมบัติการติดประสานของกาวติดไม้

เมื่อเตรียมกาวเสร็จแล้วก็เริ่มทำการติดประสาน ในขั้นตอนการติดประสานควบคุมปริมาณกาวที่ทาโดยอาศัยการชั่งตามการคำนวณเนื้อกาว เพื่อให้เนื้อกาวเท่ากันทุกชิ้นการทดสอบหลังจากที่ทา กาวเสร็จแล้วก็นำไปอบตามอุณหภูมิและเวลาการวัลคาไนซ์ที่เหมาะสม แล้วนำไปหาความแข็งแรง การติดประสานด้วยเครื่องทดสอบสมบัติการดึง (Tensometer) โดยมีการทดสอบความแข็งแรงการติด ประสาน 3 แบบคือ

1. การทดสอบความแข็งแรงของการติดประสานแบบลอก (Cleavage Peel Test) โดยใช้ มาตรฐานของ ASTM D3807-93 มีความเร็วในการดึง 12.7 mm/min โดยใช้กาวติดประสานไม้ที่มี ลักษณะชิ้นทดสอบดังรูปที่ 3 ค่าความแข็งแรงของการติดประสานแบบลอกนั้นรายงานแรงที่ใช้ลอก สูงสุดต่อความกว้างของชิ้นทดสอบดังสมการที่ 7

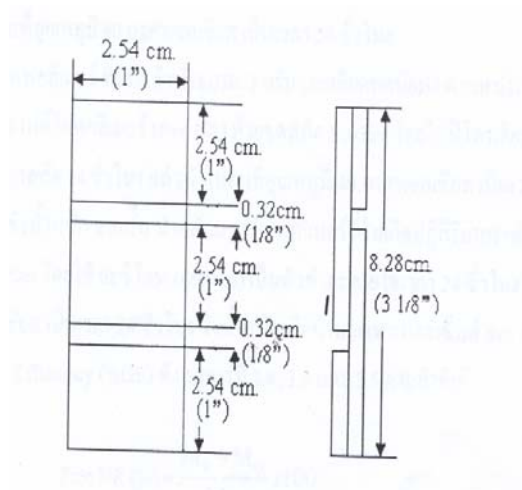
$$\text{Cleavage peel strength (N/in)} = \frac{\text{Max force (N)}}{\text{Width (in)}} \quad (7)$$



รูปที่ 3 ขนาดของชิ้นทดสอบไม้ที่ใช้ในการติดประสานแบบลอก

2. การทดสอบความแข็งแรงของการติดประสานแบบเฉือนโดยใช้ขนาดและลักษณะของชิ้นทดสอบแสดงดังรูปที่ 4 การทดสอบนั้นใช้เครื่องการดึงเหมือนกับในกรณีทดสอบแบบลอก ค่าความแข็งแรงของการติดประสานแบบเฉือนนั้นจะรายงานเป็นค่าแรงสูงสุดต่อพื้นที่ที่ติดประสานตาม สมการที่ 8

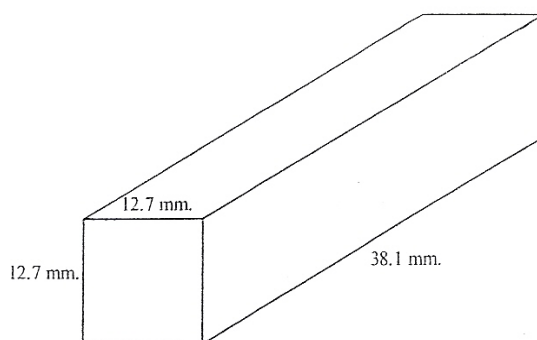
$$\text{Shear strength (KPa)} = \frac{\text{Max force (N)}}{\text{Area (m}^2\text{)} \times 1000} \quad (8)$$



รูปที่ 4 ขนาดของชิ้นทดสอบไม้ที่ใช้ในการติดประสานแบบเนียน

3. การทดสอบความแข็งแรงของการติดประสานแบบคิง ชิ้นทดสอบแบบนี้มีขนาดพื้นที่หน้าตัด $12.7 \times 12.7 \text{ mm}^2$. ความยาว 38.1 mm. ดังรูปที่ 5 การทดสอบนี้ใช้เครื่องการดึงเหมือนกับในกรณีที่ทดสอบแบบปอก ดึงด้วยความเร็ว 12.7 mm/min บันทึกค่าแรงสูงสุดที่กระทำต่อพื้นที่หน้าตัดของการติดประสาน แล้วนำมาคำนวณหาความแข็งแรงการติดประสานแบบคิง (Tensile Adhesion Strength) ตามสมการที่ 9

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



รูปที่ 5 ขนาดของชิ้นทดสอบไม้ที่ใช้ในการติดประสานแบบคิง

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 กาวจะผสมกับขี้เลื่อยได้ไม่สนิท เนื่องจากมีกาวปริมาณน้อย จึงคลุกกับขี้เลื่อยได้ไม่ทั่วถึง ส่วนผสมที่ได้มีลักษณะแห้ง ส่วนที่อัตราส่วนอื่นๆ ขี้เลื่อยผสมกับกาวได้ดีและทั่วถึง 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 แสดงสมบัติของไม้อัดที่เตรียมจากอัตราส่วนการผสมระหว่างกาวซีลี้อย่างต่างกัน
 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% ค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นไม้อัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มปริมาณซีลี้อยู่เนื่องจากซีลี้อยู่เป็นส่วนประกอบที่ดูดน้ำได้ดีกว่ากาว แต่พบว่าไม้อัดที่เตรียมจากทุกอัตราส่วนกาวกับซีลี้อยู่ มีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก.180 – 2519 คือมีค่า ≤ 30% นอกจากนี้พบว่าค่าการพองตัวในน้ำมีแนวโน้มเดียวกับค่าการดูดซึมน้ำ กล่าวคือมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณซีลี้อยู่ แต่พบว่าแผ่นไม้อัดที่เตรียมโดยใช้อัตราส่วนกาว:ซีลี้อยู่ = 40:60 และ 50/50 มีค่าการดูดซึมน้ำน้อย เนื่องจากการผสมระหว่างกาวกับซีลี้อยู่มีความสม่ำเสมอของส่วนผสมซีลี้อยู่ได้ดี แต่ไม้อัดที่เตรียมจากทุกอัตราส่วนกาวกับซีลี้อยู่ มีค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นไม้อัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก.180 – 2519 คือมีค่า ≤ 20% นอกจากนี้พบว่าค่าโมดูลัสแตกร้าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มอัตราส่วนของกาวเนื่องจากการเพิ่มปริมาณกาวทำให้กาวเข้ากับซีลี้อย่างทั่วถึง และมีความสม่ำเสมอทำให้ไม้อัดที่เตรียมได้มีความแข็งแรงมากขึ้น จากผลการทดลองพบว่าการใช้กาว:ซีลี้อยู่ = 40:60 ให้ผลการทดลองดีที่สุดจึงใช้อัตราส่วนนี้ในการทดลองต่อไป

2.5.1.2 อิทธิพลของอุณหภูมิที่ใช้ในการอัดขึ้นรูป

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

110, 120, 130 และ 140 °C เป็นเวลา 15 นาที โดยใช้เครื่องอัด (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 จะได้แผ่นไม้อัดสามารถรักษารูปทรงได้ ไม่เกิดรอยไหม้บริเวณผิวหน้า และกาวมีการไหลในขณะอัดดี ดังนั้นในการทดลองต่อไปจึงเลือกใช้อุณหภูมิในการอัดร้อนที่ 120 °C

2.5.1.3 อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาในการอบวัลคาไนซ์แผ่นไม้อัด

ใช้สูตรกาวยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยพอลิเมทิลเมทาคริเลท ที่เตรียมในระดับห้องปฏิบัติการ โดยใช้ NR/MMA=75/25 เตรียมแผ่นไม้อัดโดยใช้ อัตราส่วนการผสมกาว:ซีลีเย = 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 ($^{\circ}\text{C}$)			
	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 ค่าโมดูลัสแตกร้าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มอุณหภูมิการวัลคาไนซ์เนื่องจากเพิ่มอุณหภูมิซึ่งน่าจะส่งผลให้ความหนาแน่นของพันธะเชื่อมโยงมีค่ามากขึ้น ทำให้ไม้อัดแข็งและแข็งแรงมากขึ้นขึ้น ส่วนปริมาณความชื้นความสามารถในการดูดน้ำ และการพองตัวเมื่อแช่น้ำมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทำให้น้ำที่แฝงตัวอยู่ในไม้อัดระเหยออกสู่สิ่งแวดล้อมได้มากกว่าและเมื่อความหนาแน่นของพันธะเชื่อมโยงมีมากขึ้นจึงทำให้ไม้อัดดูดซึมน้ำได้ยากขึ้น จึงสรุปว่าอุณหภูมิการอบที่เหมาะสมที่ให้หัตถิสมบัติและมีสีสวยคือ 120°C และอบเป็นเวลา 6 ชั่วโมง (ได้ทำการทดลองหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำนองเดียวกับการหาอุณหภูมิแต่จะไม่แสดงผลการทดลองในรายงานฉบับนี้) นอกจากนี้พบว่าขนาดจีเลื้อยที่เหมาะสมคือ ขนาด 20 เมช หรือเล็กกว่า (ได้ทำการทดลองหาขนาดจีเลื้อยที่เหมาะสมแต่จะไม่แสดงผลการทดลองในรายงานฉบับนี้)

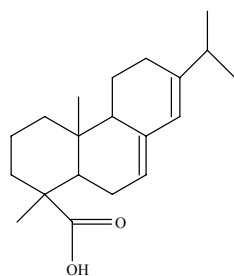
2.5.1.4 อิทธิพลชนิดและปริมาณสารเพิ่มการยึดติด

ใช้ NR-g-PMMA ที่เตรียมในระดับขยายส่วน โดยใช้ NR/MMA=60/40 ใช้สูตรในการเตรียมกาวยาง ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยใช้อัตราส่วนผสมกาว:จีเลื้อยเป็น 40:60 ขนาดจีเลื้อย 20 เมช และนำไปอัดรีดเป็นแผ่นไม้อัด ที่อุณหภูมิ 120°C เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำไปอบวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 120°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วนำแผ่นไม้อัดที่ได้ไปทดสอบสมบัติต่างๆ ได้ผลแสดงดังในตารางที่ 4 พบว่าความหนาแน่นของแผ่นไม้อัดที่มีสารเพิ่มการยึดติดชนิดคิวมาโรนอินดินเรชค่าสูงที่สุดรองลงมาคือไม้อัดที่ใช้ โคเรซิน วูดโรซิน และทามานอลเรซินตามลำดับ เนื่องจากคิวมาโรนอินดินเร

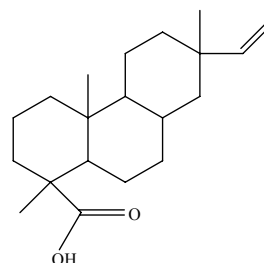
ซินสามารถเตรียมอิมัลชันได้ง่ายและมีความเสถียรดีที่สุดนอกจากนี้ยังมีโครงสร้างโมเลกุลที่น่าจะมีอันตรกิริยากับซีลีเนียมได้ดี (รูปที่ 8) ซึ่งจะส่งผลให้ได้ไม้อัดที่มีความแข็งแรงสูงกว่าไม้อัดที่เตรียมจากสารเพิ่มการยึดติดชนิดอื่นๆ

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

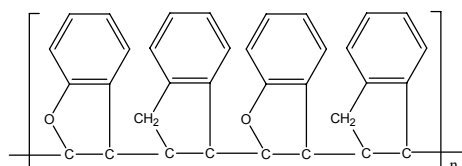


Abietic Acid

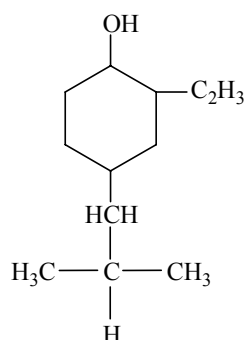


Pimaric Acid

Wood rosin



Coumarone indene resin



Koresin

รูปที่ 8 โครงสร้างทางเคมีของ วัสดุโรซิน คิวมาโรนอินดินเรซิน และโคเรซิน

จากตารางที่ 4 พบว่าปริมาณความชื้นของไม้อัดที่ใช้มีสารเพิ่มการยึดติดทุกชนิดมีค่าใกล้เคียง แต่ค่าการดูดซึมน้ำของไม้อัดที่ใช้มีสารเพิ่มการยึดติดชนิดคิวมาโรนอินดินเรซินมีการดูดซึมน้ำน้อยที่สุด รองลงมาคือไม้อัดที่ใช้สารเพิ่มการยึดติดชนิดโคเรซิน วูดโรซิน และทามานอลเรซินตามลำดับ เนื่องจากคิวมาโรนอินดินเรซินสามารถเตรียมอิมัลชันได้ง่ายและมีความเสถียรดีที่สุดนอกจากนี้ยังมีโครงสร้างโมเลกุลที่น่าจะมีอันตรกิริยากับซีลเลอร์ได้ดี (รูปที่ 8) ซึ่งจะส่งผลให้ได้ไม้อัดที่มีความแข็งแรงสูงกว่าไม้อัดที่เตรียมจากสารเพิ่มการยึดติดชนิดอื่นๆ ซึ่งพบว่าค่าโมดูลัสแตกร้าวมีความแข็งแรงจากมากไปน้อยคือ คิวมาโรนอินดินเรซิน วูดโรซิน โคเรซิน และ ทามานอล เรซิน ตามลำดับ โดยคิวมาโรนอินดินเรซิน จะเป็นสารเพิ่มการยึดติดที่ให้ค่าความแข็งแรงของไม้อัดมากที่สุด

ดังนั้นพบว่าคิวมาโรนอินดินเรซิน เป็นสารเพิ่มการยึดติดที่ให้ไม้อัดที่มีสมบัติดีที่สุดจึงทำการทดลองแปรปริมาณโดยใช้สารเคมีชนิดเดียวกัน แล้วทดสอบสมบัติ ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 5 พบว่าที่ปริมาณ คิวมาโรนอินดินเรซิน 30 phr ให้ปริมาณความชื้น การดูดซึมน้ำการพองตัวเมื่อแช่น้ำต่ำที่สุด แต่ความหนาแน่น ความแข็ง ความแข็งแรงในรูปแบบโมดูลัสแตกร้าวและความต้านทานต่อแรงดึงสูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ปริมาณสารยึดติดมากกว่า 30 phr เมื่อนำมาทดสอบกับซีลเลอร์จะเกิดการจับตัวกันที่ทำให้ได้กาวไม่แข็งแรงเมื่อนำมาทำไม้อัด ดังนั้นจึงต้องปรับปรุงเสถียรภาพของน้ำยางเพิ่มเติมหากต้องการจะใช้ คิวมาโรนอินดินเรซิน ในปริมาณที่สูงกว่านี้

ตารางที่ 5 สมบัติของแผ่นไม้อัดที่เตรียมจากกาวที่มีปริมาณคิวมาโรนอินดินเรซิน 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

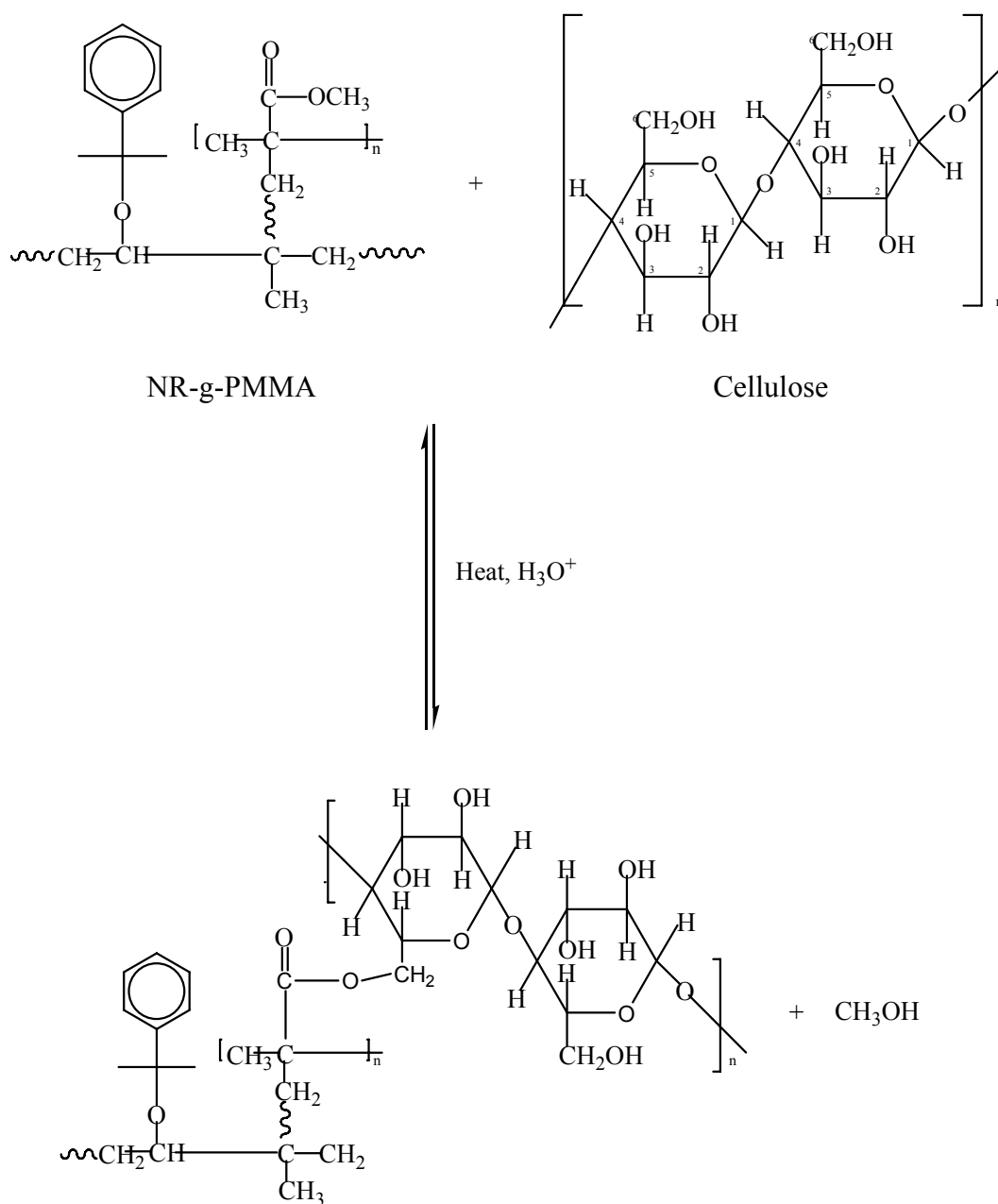
การเตรียมกายาขรรษชาติกราฟต์ด้วยพอลิเมทิลเมทาคริเลท ใช้สูตรในตารางที่ 1 โดยใช้ NR-g-PMMA ที่เตรียมจากการใช้อัตราส่วนของ NR/MMA ต่างๆ คือ 85/15, 70/30, 60/40 และ 50/50 ในระดับขยายส่วน โดยใช้อัตราส่วนผสมกาว NR-g-PMMA : จี้อยเป็น 40:60 นำไปอัดร้อนเป็นแผ่นไม้อัด จากนั้นนำไปอบวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำแผ่นไม้อัดที่ได้ไปทดสอบความหนาแน่น ปริมาณความชื้น การดูดซึมน้ำ การพองตัวเมื่อแช่น้ำ และ โมดูลัสแตกร้าว 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 (ปริมาณจี้อยคงที่) นอกจากนี้พบว่าปริมาณความชื้นและค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นไม้อัดมีแนวโน้มลดลงตามการเพิ่มสัดส่วน MMA ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเมื่อปริมาณของ MMA ในไม้อัดมีค่ามากขึ้น ทำให้ใช้น้ำในสูตรการเตรียม NR-g-PMMA และในสูตรกาวน้อยลง เนื่องจากน้ำยาง HA ที่ใช้น้ำประมาณ 40% นอกจากนี้ไม้อัดมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเนื่องจากกาวเข้ากับจี้อยได้ดีขึ้นเนื่องจากอันตรกิริยาระหว่าง PMMA ที่กราฟต์บนโมเลกุลยางกับหมู่ที่มีขั้วของเซลลูโลสในจี้อย ทำให้ความชื้นปะปนได้น้อยและเกิดการดูดซึมน้ำได้น้อยลง นอกจากนี้ในตารางที่ 6 พบว่า พบว่าค่าโมดูลัสแตกร้าวและความต้านทานต่อแรงดึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณ MMA เนื่องจากการติดประสานโดยแรงกระทำทางเคมีระหว่างผิวไม้กับกาว NR-g-PMMA ที่เกิดขึ้นเป็นแรงยึดเหนี่ยวของพันธะโควาเลนต์ระหว่างหมู่ที่มีสภาพขั้ว เช่น หมู่คาร์บอนิลที่

เป็นองค์ประกอบของพอลิเมทาคริเลทซึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชันที่เป็นเอสเทอร์กับหมู่ไฮดร็อกซิลที่เป็นองค์ประกอบของเซลลูโลส (เนื้อไม้) ดังแสดงในรูปที่ 9 นอกจากพันธะโควาเลนต์ยังมีพันธะทางเคมีชนิดอื่นๆ 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 นำไปอัดร้อนเป็นแผ่นไม้อัด จากนั้นนำไปอบวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วนำไม้อัดที่เตรียมได้ มาทดสอบสมบัติไม้อัด คือ ความหนาแน่น ปริมาณความชื้น การดูดซึมน้ำ การพองตัวเมื่อแช่น้ำ และค่าโมดูลัสแตกร้าว แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 สมบัติของแผ่นไม้อัดที่เตรียมจากกาว 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 กับบริเวณผิวของซีลเยื่อได้ดีโดยที่โมเลกุลของกาว NR-g-PMMA สามารถแทรกซึมลงไปช่องว่างหรือในรูพรุนบริเวณของพื้นผิวซีลเยื่อได้มากขึ้นแรงยึดระหว่างซีลเยื่อกับกาวก็ยังมีมากยิ่งขึ้นด้วย โดยพบว่าการลดน้ำหนักโมเลกุลเป็นเวลา 30 ชั่วโมงเมื่อนำมาเตรียมเป็นไม้อัดแล้วให้ค่าความแข็งแรงของไม้อัดคือค่าโมดูลัสแตกร้ามีค่าสูงสุด กล่าวคือกาวที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำคุณจะมีสมบัติด้านการเหนียวติดที่สูงขึ้นทำให้กาวที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำมีการติดประสานที่แข็งแรงขึ้น

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

2.5.2 การเตรียมกาวติดไม้จาก NR-g-PMMA

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

นำน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้จากการขยายส่วน โดยใช้ NR/MMA = 85/15, 70/30, 60/40 และ 50/50 มาเตรียมกาวใช้สารเคมีในทำนองเดียวกับตารางที่ 1 หลังจากนั้นนำมาติดประสานไม้แล้ววัดค่าในซีลที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ตามสภาวะที่เหมาะสมของสุญญากาศ (2548) แล้วนำไปทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบลอก แบบเฉือน และแบบดึง ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 8 พบว่ากาวที่มีปริมาณของ PMMA ที่ถูกกราฟต์ติดอยู่บนโซ่โมเลกุลยางธรรมชาติสูง กล่าวคือมีการใช้ MMA ในสัดส่วนที่สูง จะมีความแข็งแรงการติดประสานสูงกว่ายกเว้นกรณี 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 Strength (N/in)	Maximum of Shear Strength (N/m^2)	Maximum of Tensile 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 คิวมาโรนอินดีนเรซิน ทามานอลเรซิน โคเรซิน และวู้ดเรซิน ที่ปริมาณ 50 phr โดยใช้สารเคมีชนิดอื่นๆดังตารางที่ 1 นำมาติดประสานแล้ววัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เมื่อนำไปทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปอก แบบเฉือน และแบบดึง ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ความแข็งแรงการติดประสานของกาวที่แปรชนิดของสารเพิ่มการยึดติด

Type of Tackifier	Maximum of Cleavage	Maximum of Shear	Maximum of Tensile
	Peel Strength (N/in)	Strength (N/m ²)	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

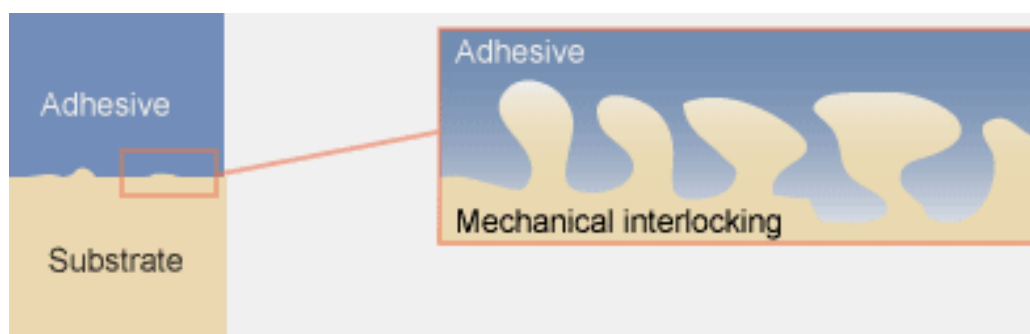
จากตารางที่ 9 พบว่าความแข็งแรงของการติดประสานของกาวที่ใช้คิวมาโรนอินดีนเรซิน เป็นสารเพิ่มการยึดติดมีค่าสูงกว่าวู้ดเรซิน โคเรซินและทามานอลเรซิน ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากในโครงสร้างโมเลกุลของคิวมาโรนอินดีนเรซิน (รูปที่ 8) มีหมู่ฟังก์ชันที่สามารถเกิดอันตรกิริยากับเซลลูโลสและ NR-g-PMMA ได้ดี นอกจากนี้ยังสามารถเตรียมอิมัลชันของคิวมาโรนอินดีนเรซินให้มีความเสถียรได้ดีที่สุด

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

ตารางที่ 10 ความแข็งแรงของการติดประสานของกาวโดยแปรปริมาณคิวมาโรนอินดีนเรซิน

Tackifier loading (phr)	Maximum of	Maximum of Shear Strength (N/m ²)	Maximum of
	Cleavage Peel Strength (N/in)		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 และแบบดิ่ง เนื่องจากเมื่อมีสารเพิ่มการยึดติดในสูตรกาวมากขึ้น ทำให้การประสานการติดไม้ของกาวจะดีขึ้นเนื่องจากมีอันตรกิริยาเคมีระหว่างไม้กับกาวที่ แต่เมื่อใช้คิวมาโรอินดินเรซินในปริมาณ 75 phr จะมีความแข็งแรงการติดประสานที่ลดลง เนื่องจากคิวมาโรอินดินเรซินเกิดการเสียสภาพก่อนที่จะทาากาวลงบนไม้ เนื่องจากเมื่อทาากาวลงบนผิวไม้ กาวจะแทรกซึมลงไปในรูพรุน แล้วทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวทางกลขึ้น แต่ถ้ากาวมีการจับตัวก่อนก็ไม่สามารถแทรกเข้าไปในช่องว่างของรูพรุนบนผิวไม้ได้ทำให้กาวไม่แข็งแรง ลักษณะการประสานของกาวกับผิวไม้แสดงดังในรูปที่ 10 และ 11



รูปที่ 10 กลไกการติดประสานแบบ Mechanical Interlocking ที่เกิดขึ้นระหว่างกาวกับไม้ที่ผิวมีรูพรุน



(A) Takifier = 0 phr



(B) Takifier = 25 phr



(C) Takifier = 50 phr



(D) Takifier = 75 phr

รูปที่ 11 แสดงความล้มเหลวการติดประสานของกาวเมื่อติดประสานไม้แบบปอก โดยแปรปริมาณของคิวมาโรอินดินเรซิน คือ

จากรูปที่ 11 จะเห็นว่ามีการลึมหลในเนื้อกาว ที่ปริมาณคิวมาโรอินดินเรซิน 0 และ 75 phr แสดงว่ากาวมีความอ่อนแอกว่าวัสดุที่นำมาติดประสาน และเมื่อพิจารณาจากกาวที่ใส่คิวมาโรอินดินเรซินปริมาณ 25 phr และ 50 phr ตามลำดับ พบว่ามีการลึมหลในเนื้อไม้ แสดงให้เห็นว่ากาวมีความแข็งแรงกว่าวัสดุที่นำมาติดกาว คือ ไม้ และเมื่อดูข้อมูลจากการทดสอบการติดประสานของกาว แสดงให้เห็นว่าการใส่คิวมาโรอินดินเรซินปริมาณ 50 phr กาวจะมีความแข็งแรงมากกว่าการใส่ในปริมาณอื่นๆ

2.5.2.3 ศึกษาอิทธิพลการลดน้ำหนักโมเลกุล NR-g-PMMA ต่อสมบัติของกาว

เมื่อนำลาเท็กซ์ของ NR-g-PMMA ที่เตรียมจาก NR/MMA = 60/40 ที่ผ่านการลดน้ำหนักโมเลกุลที่ 0, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 ชั่วโมง นำมาผสมเป็นกาว ทาไม้ แล้วนำไปวัลคาไนซ์ที่ 80°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วทดสอบความแข็งแรงของการติดประสานแบบปอก แบบเลื่อน และแบบดึง ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ความแข็งแรงการติดประสานของกาวเมื่อทำการลดน้ำหนักโมเลกุลของ 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 พบว่าเมื่อลดน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของกราฟต์โคพอลิเมอร์ NR-g-PMMA ลดลง จะทำให้กาวมีค่าความแข็งแรงของการติดประสานเพิ่มขึ้น เนื่องจากการที่น้ำหนักโมเลกุลของกราฟต์โคพอลิเมอร์ NR-g-PMMA ต่ำจะสามารถเกิดกลไกการติดประสานแบบเชิงกล (รูปที่ 7) ได้ดีขึ้น กล่าวคือโมเลกุลของกาวสามารถแทรกซึมลงไปในรูพรุนของเนื้อไม้ได้มากขึ้น แรงยึดเหนี่ยวที่เกิดขึ้นระหว่างกาวกับไม้ก็จะมากขึ้นด้วย นอกจากนี้กาวที่มีส่วนของยางธรรมชาติที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะมีคุณสมบัติด้านการเหนียวติดที่สูงขึ้นทำให้กาวที่มีน้ำหนักโมเลกุลของส่วนที่เป็นพอลิเมอร์ต่ำจะมีการติดประสานที่แข็งแรงขึ้นด้วย (สุเชษฐ์, 2548)

2.6 สรุปผลการทดลอง

สามารถเตรียมกาวจากยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยพอลิเมทิลเมทาคริเลท พบว่าอัตราส่วนผสม กาว NR-g-PMMA : จีลี่คือ 40:60 โดยน้ำหนัก ใช้จีลี่ที่ผ่านตะแกรงขนาด 20 เมช ใช้ควิมาโรน อินดินเรซินปริมาณ 30 phr เป็นสารเพิ่มการยึดติด (การใช้ในปริมาณสูงกว่านี้จะทำให้น้ำยางเสียสภาพ ขณะผสมกับจีลี่) หลังจากนำไปอัดร้อนเป็นแผ่นไม้อัด โดยใช้เวลาในการอัดร้อน 15 นาที ความดัน 2,000–2,500 psi ที่อุณหภูมิ 120 °C แล้วนำไปอบเพื่อวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิเดียวกันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำแผ่นไม้อัดที่ได้ไปทดสอบสมบัติต่างๆ คือ ความหนาแน่น ปริมาณความชื้น การดูดซึมน้ำ การพองตัวเมื่อแช่น้ำ ความต้านทานต่อแรงดึง และโมดูลัสแตกร้าว การแปรปริมาณ NR/MMA ในการเตรียม NR-g-PMMA พบว่าค่าความแข็งและความหนาแน่นของแผ่นไม้อัด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มสัดส่วน MMA ที่ใช้ในการเตรียม NR-g-PMMA เนื่องจาก PMMA เป็นส่วนที่ให้ความแข็งและมีความหนาแน่นสูงกว่ายางธรรมชาติ นอกจากนี้พบว่าปริมาณความชื้นและค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นไม้อัดมีแนวโน้มลดลงตามการเพิ่มสัดส่วน MMA เนื่องจากการใช้น้ำในสูตร การเตรียม NR-g-PMMA และในสูตรกาวน้อยลง นอกจากนี้ไม้อัดมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นตามการเพิ่ม สัดส่วน MMA เนื่องจากกาวเข้ากับจีลี่ได้ดีขึ้นเนื่องจากอันตรกิริยาระหว่าง PMMA ที่กราฟต์บน โมเลกุลยางกับหมู่ที่มีขั้วของเซลลูโลสในจีลี่ ทำให้ค่าโมดูลัสแตกร้าวและความต้านทานต่อแรงดึง 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 ค่าการดูดซึมน้ำและการพองตัวเมื่อแช่น้ำของไม้อัดมี แนวโน้มลดลงตามการลดน้ำหนักโมเลกุลของ NR-g-PMMA เนื่องจากการลดน้ำหนักโมเลกุล ทำให้ กาวที่เตรียมได้มีสมบัติการตีประสานที่ดีขึ้น และกาวสามารถแทรกและแพร่เข้าไปในรูพรุนของจีลี่ ได้ดีขึ้น ทำให้ไม้อัดมีความแข็งแรงสูงขึ้น กล่าวคือ มีค่าความต้านทานต่อแรงดึง และมีค่าโมดูลัสแตกร้าวที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มเวลาการลดน้ำหนักโมเลกุล โดยพบว่าสมบัติทุกชนิดผ่าน เกณฑ์มาตรฐาน มอก.180-2519 ยกเว้นค่าโมดูลัสแตกร้าวที่มีค่าไม่ผ่านแต่เข้าใกล้ค่ามาตรฐานมาก คือ มีค่าประมาณ 30 N/mm² ดังนั้นการเตรียมไม้อัดจากจีลี่ที่ให้ผลดีที่สุดได้ค่าความแข็งแรงของกาวผ่าน/ ใกล้เคียงเกณฑ์มาตรฐาน มอก. มากที่สุดคือใช้สูตรกาวดังในตารางที่ 1 โดยใช้ NR-g-PMMA ที่มี TSC ~ 50% ที่เตรียมจากอัตราส่วน NR/MMA ที่มีปริมาณ MMA สูงจะให้ความแข็งแรงสูง ดูดน้ำและความชื้นต่ำลง นอกจากนี้ควรใช้ NR-g-PMMA ที่ผ่านการลดน้ำหนักโมเลกุลซึ่งจะมีผลทำให้กาวมีความแข็งแรงมากขึ้น หลังจากนั้นนำกาวมาผสมกับจีลี่ในอัตราส่วนกาว/จีลี่ = 40:60 อัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 15 นาที ก่อนที่จะนำไปอบที่ อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

การใช้กราฟต์โคพอลิเมอร์เป็นกาวในการตีประสานไม้ โดยการใช้กราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมจากการขยายส่วนที่ใช้ NR/MMA ในระดับต่างๆพบว่าการเพิ่มปริมาณ MMA ในปฏิกิริยา

กราฟต์โคพอลิเมอร์เชชันทำให้การติดประสานไม้ที่แข็งแรงขึ้นโดยที่อัตราส่วน NR/MMA = 60/40 จะให้การติดประสานที่แข็งแรงที่สุด หากเพิ่มสัดส่วน NR/MMA = 50/50 จะทำให้ความแข็งแรงต่ำกว่า เนื่องจากมีปริมาณ PMMA ที่สูงเกินไปอาจจะทำให้กาวแข็งและเปราะเช่นเดียวกับสมบัติ PMMA นอกจากนี้พบว่าการใช้ใช้คิวมาโรนอินดินเรซินปริมาณ 50 phr จะให้กาวติดไม้ที่แข็งแรงที่สุด การใช้มากกว่านี้จะทำให้กาวเกิดการจับตัวในขณะกวนกาว นอกจากนี้พบว่าการลดน้ำหนักโมเลกุลของ NR-g-PMMA จะให้การติดประสานไม้มีความแข็งแรงขึ้นตามเวลาที่ใช้ในการลดน้ำหนักโมเลกุลหรือตามน้ำหนักโมเลกุลที่ลดลง ในทำนองเดียวกับการที่ใช้กาวในการเตรียมไม้อัดจากชีเลื่อยไม้ยาง ดังนั้นการเตรียมกาวติดไม้ให้ได้ผลดีที่สุดคือใช้สูตรกาวดังในตารางที่ 1 โดยใช้ NR-g-PMMA ที่มี TSC ~ 50% ที่เตรียมจากอัตราส่วน NR/MMA= 60/40 และผ่านการลดน้ำหนักโมเลกุล ใช้คิวมาโรนอินดินเรซิน ปริมาณ 50 phr

2.7 ข้อเสนอแนะ

1. พัฒนาการเตรียมอิมัลชันของสารเพิ่มการยึดติดที่มีความเสถียรมากกว่านี้ เพื่อนำไปสู่การเพิ่มปริมาณสารการยึดติดในสูตรกาวได้ จะทำให้ไม้อัดมีสมบัติเชิงกลที่ดีกว่านี้ หรืออาจจะเตรียมในรูปแบบคิสเพอร์ชันของสารเพิ่มการยึดติดแต่จะต้องมีอนุภาคเล็กมาก ซึ่งจะสามารถแก้ปัญหาด้านความแข็งแรงของกาวที่ใช้ติดไม้และใช้เตรียมไม้อัดได้

2. ควรบดผงชีเลื่อยให้มีขนาดเล็กกว่า 20 เมช จะทำให้ได้ไม้อัดที่แข็งแรงขึ้นมาก

2.8 เอกสารอ้างอิง

กาญจนา นกแก้ว (2548). การเตรียมไม้อัดจากชีเลื่อยไม้ยางพาราโดยใช้ยางธรรมชาติอิมัลชันในรูปของน้ำยางเป็นตัวประสาน. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรีสาขาวิชาเทคโนโลยียาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เจริญ นาคะสรรค์ สุเชษฐ์ พรหมเดช และ อาชีชัน แกสमान (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 Bantijes 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*, Section15, 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.