



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัย

การเตรียมกายภาพธรรมชาติกราฟต์ด้วยอะคริลิกมอนอเมอร์
สำหรับยึดติดไม้

โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อาชีวัน แกสมาน และคณะ

มิถุนายน 2550

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การเตรียมกายภาพธรรมชาติกราฟต์ด้วยอะคริลิกมอนอเมอร์
สำหรับยึดติดไม้

คณะผู้วิจัย	สังกัด
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อาชีวัน แกสมาน	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
นางสาวอิสรา ไชยสุวรรณ	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
รองศาสตราจารย์ ดร. เจริญ นาคะสรรค์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชุดโครงการ วิจัยแห่งชาติยางพารา (SPR)

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเห็นในรายงานฉบับนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	i
บทสรุปย่อรายงานสำหรับผู้บริหาร	1
บทคัดย่อ / Abstract	4
เนื้อหา	
ความสำคัญและความเป็นมาของการวิจัย	5
วัตถุประสงค์	6
ทฤษฎี แนวคิดในการวิจัย และผลงานที่เกี่ยวข้อง	6
วิธีการทดลอง	8
- การเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์	8
- การเตรียมกาวยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์	9
- การเตรียมชิ้นทดสอบ	11
- การวิเคราะห์	13
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	13
- อิทธิพลของปริมาณและชนิดของไวนิลมอนอเมอร์ในการสังเคราะห์กราฟต์โคพอลิเมอร์ ของยางธรรมชาติกับอะคริลิกมอนอเมอร์	13
- สมบัติการยึดติดของกาวน้ำยางจากกราฟโคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ	21
สรุปผล	29
ข้อเสนอแนะ	30
เอกสารอ้างอิง	30
ภาคผนวก	33

บทสรุปย่อรายงานสำหรับผู้บริหาร

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การเตรียมกาวยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยอะคริลิกมอนอเมอร์สำหรับยึดติดไม้
(ภาษาอังกฤษ) Preparation of Adhesive from Natural Rubber Grafted Acrylic Monomer for Wood-to-Wood Bonding

ชื่อหัวหน้าโครงการ หน่วยงานสังกัด และที่อยู่

ชื่อ-สกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์อาชีวัน แกสमान

หน่วยงาน ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ที่อยู่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

โทรศัพท์/โทรสาร 0-7331-3930-50 ต่อ 1866 / 0-7333-1099

E-mail kazizon@bunga.pn.psu.ac.th

นักศึกษา / ผู้ร่วมวิจัย นางสาวอิสรา ไชยสุวรรณ
รองศาสตราจารย์ ดร. เจริญ นาคะสรรค์

ระยะเวลาดำเนินการ 10 เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน 2549 ถึงวันที่ 30 มิถุนายน 2550

ปัญหาที่ทำวิจัยและความสำคัญ

ผลิตภัณฑ์เป็นจำนวนมากที่มีส่วนประกอบหลายส่วนมาประกอบกัน โดยเฉพาะอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ โดยวัสดุที่สำคัญที่ทำให้ชิ้นส่วนต่างๆ สามารถยึดติดกันได้ดีคือ กาว (Adhesives) ซึ่งกาวที่ใช้อยู่ในปัจจุบันอาจมีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน เช่น กาวชนิดที่มีตัวทำละลาย (Solvent based adhesives) กาวชนิดหลอมด้วยความร้อน (Hot melt adhesives) ปัจจุบันกาวที่ได้รับความนิยมมากขึ้นคือ กาวที่มีน้ำเป็นตัวกลาง (Water based adhesives) เนื่องจากเหตุผลทางด้านความเป็นพิษต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม โดยเนื้อกาวเป็นวัสดุประเภทพอลิเมอร์ ที่นิยมใช้กันมากคือ กาวพอลิไวนิลอะซีเตท (PVAc emulsion adhesive) โดยสามารถนำไปใช้ในสี (paints) กาวติดเส้นใย (textile sizing) และ กาวประสานเส้นใยไม่ถักทอ (nonwoven binders) กาวชนิดนี้มีการผลิตทั้งในรูปของ (1) โฮโมพอลิเมอร์ (Homopolymer) และ (2) โคพอลิเมอร์ (Copolymer) โดยกาว PVAc ชนิดแรกมีการใช้งานอย่างกว้างขวางในวัสดุที่มีขั้ว (polar substrates) โดยเฉพาะวัสดุที่มีพื้นฐานจากเซลลูโลส (cellulosic-based substrates) คือ กระดาษ และ ไม้ ข้อดีของกาวชนิดพอลิไวนิลอะซีเตท คือ แข็งตัวได้เร็ว (Fast speed of set) ความแข็งแรงสูง (High strength) การยึดติดดีเยี่ยม (Excellent adhesion) (โดยเฉพาะวัสดุประเภทเซลลูโลส เซรามิก คอนกรีต และ แก้ว) น้ำหนักโมเลกุลสูง (High molecular weight) และราคาสมเหตุสมผล (Cost effective) ส่วนกาวกาวพอลิไวนิลอะซีเตทชนิดหลังคือ โคพอลิเมอร์นั้น

เมื่อเปรียบเทียบกับชนิดแรก พบว่า มีข้อดีกว่า เมื่อใช้ยึดติดวัสดุที่ติดได้ยาก เช่น พลาสติก กระดาษผิวเคลือบ และผิวโลหะ โดยสามารถใช้งานในอุตสาหกรรมเส้นใย ก่อสร้าง และบรรจุภัณฑ์

งานวิจัยนี้เน้นศึกษาการเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ระหว่างยางธรรมชาติกับอะคริลิกมอนอเมอร์หลายชนิด เช่น Vinyl acetate, 2-Ethylhexylacrylate, Methyl methacrylate, Acrylic acid เป็นต้น โดยศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนของยางธรรมชาติต่อมอนอเมอร์ที่ใช้ อัตราส่วนของโคมอนอเมอร์ ปริมาณสารเริ่มต้นปฏิกิริยา, อุณหภูมิและเวลาการทำปฏิกิริยา วิเคราะห์โครงสร้างของกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้ นำไปเตรียมเป็นกาวเพื่อทดสอบการยึดติดแผ่นไม้อัด โดยศึกษาเปรียบเทียบกับกาวพอลิไวนิลอะซิเตทที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการเตรียมและสมบัติการยึดติดของกาวน้ำยาง (Water based adhesives) จากยางธรรมชาติจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับอะคริลิกมอนอเมอร์เพื่อใช้ในการติดแผ่นไม้

ผลการดำเนินการ

งานวิจัยสามารถเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับอะคริลิกมอนอเมอร์ชนิดต่างๆ โดยใช้คิวมินไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (CHPO) และเตตระเอทิลีนเพนตามีน (TEPA) เป็นตัวเริ่มต้นปฏิกิริยาแบบรีดอกซ์ รักษาสภาพน้ำยางด้วยสบู่นิกโคอโนนิก โดยเน้นการใช้มอนอเมอร์รวม 3 ชนิด โดยกำหนดให้ชนิดที่ 1 คือ เมทิลเมทาคริเลท ชนิดที่ 2 คือ บิวทิลเมทาคริเลท (BMA) เอทิลอะคริเลท (EA) ลอริลเมทาคริเลท (LMA) และไวนิลอะซิเตท (VAc) ชนิดที่ 3 คือ กรดอะคริลิก (AA) จากการศึกษา พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์คือ ใช้อัตราส่วนของ CHPO:TEPA เท่ากับ 0.02:0.02 โมล ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากการศึกษาอิทธิพลของชนิดและปริมาณมอนอเมอร์ต่อการติดประสาน พบว่า การใช้ MMA/BMA/AA = 10:5:1 phr ทำให้น้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์มีความแข็งแรงของการติดประสานแบบปก และแบบเนียนดีที่สุด ปริมาณกัมมันต์ที่ทำให้ความแข็งแรงของการติดประสานดี คือ 1.5 phr การเพิ่มคิวมาโรนเรซินในน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ ทำให้ความแข็งแรงของการติดประสานเพิ่มขึ้นแต่ยังต่ำกว่ากาวพอลิไวนิลอะซิเตททางการค้า ดังนั้นการใช้ยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยอะคริลิกมอนอเมอร์ชนิดต่างๆ โดยเลือกชนิดมอนอเมอร์ที่ใช้ร่วมกันมีความเป็นไปได้ในการเตรียมเป็นกาวน้ำยางสำหรับการยึดติดไม้แต่ยังมีสมบัติด้อยกว่ากาวลาเท็กซ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด จากผลงานวิจัยทำให้ทราบถึงวิธีการและสภาวะในการเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับอะคริลิกมอนอเมอร์ชนิดต่างๆ สามารถนำความรู้พื้นฐานไปทำวิจัยต่อยอดเพื่อพัฒนาสมบัติการติดประสาน หลังจากนั้นคาดว่าจะมีความเป็นไปได้สูงในการขยายในระดับโรงงานต้นแบบเพื่อนำไปใช้ได้จริงในอุตสาหกรรม

สรุปผลการวิจัย

ในการศึกษาอิทธิพลของปริมาณและชนิดของมอนอเมอร์ต่อความแข็งแรงของการติดประสาน พบว่า การใช้บิวทิลเมทาคริเลท (BMA) ทำให้ความแข็งแรงของการติดประสานดีที่สุดเมื่อเทียบกับมอนอเมอร์ที่สอง

ชนิดอื่นๆคือ เอทิลอะคริเลต (EA) ลอริลเมทาคริเลต (LMA) และ ไวนิลอะซิเตต (VAc) โดยที่การใช้อัตราส่วนของ MMA/BMA/AA = 10/5/1 phr ให้การติดประสานที่ดีที่สุด การศึกษาอิทธิพลของสารเพิ่มการยึดติดและการวัลคาไนซ์ต่อสมบัติความแข็งแรงของการติดประสาน พบว่า การเพิ่มปริมาณสารเพิ่มการยึดติดชนิดคิวมาโรนอินดินเรซิน ทำให้ความแข็งแรงของการติดประสานเพิ่มขึ้น เมื่อใช้กัมมะถันเป็นสารวัลคาไนซ์ พบว่าความแข็งแรงของการติดประสานมีค่าสูงสุดเมื่อใช้กัมมะถันปริมาณ 1.5 phr นอกจากนี้ พบว่า ความแข็งแรงของการติดประสานมีค่าสูงสุดเมื่อวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง กาวจากน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้ยังมีความแข็งแรงของการติดประสานต่ำกว่ากาวลาเท็กซ์ชนิดพอลิไวนิลอะซิเตตที่มีจำหน่ายในท้องตลาด กาวน้ำยางที่เตรียมยังมีสมบัติดีกว่ากาวลาเท็กซ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดแต่สามารถพัฒนาให้มีสมบัติเทียบเท่าหรือดีกว่าได้โดยการเลือกใช้สารเพิ่มการยึดติดที่เหมาะสม ส่วนการผลิตเพื่อขยายสู่ภาคอุตสาหกรรมนั้นมีความเป็นไปได้สูง

ข้อเสนอแนะที่คาดว่าจะวิจัยเพิ่มเติม และวิธีการที่ควรพัฒนาต่อยอดสู่ภาคปฏิบัติจริง

ศึกษาอิทธิพลปัจจัยต่างๆที่ส่งผลกระทบต่อการยึดติดของกาวน้ำยาง เช่น ระบบการวัลคาไนซ์ที่เหมาะสม ชนิดและปริมาณสารเพิ่มการยึดติด ความเสถียรของกาว เป็นต้น นอกจากนี้ควรศึกษาเพิ่มเติมในประเด็นการเตรียมสารเพิ่มการยึดติดในรูปอิมัลชันที่มีความเสถียรและกระจายตัวได้ง่ายในน้ำยางเพื่อให้สามารถใส่สารเคมีดังกล่าวลงไปในน้ำยางได้มากขึ้น

ผลงานทางวิชาการที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

- ได้สภาวะและขั้นตอนในการเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์จากยางธรรมชาติกับอะคริลิกมอนอเมอร์ชนิดต่างๆ
- สามารถปรับปรุงสมบัติการติดประสานของน้ำยางธรรมชาติกับไม้โดยใช้ปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์กับมอนอเมอร์ที่เหมาะสมและการใช้สารเพิ่มการยึดติดผสมลงไป
- สามารถเผยแพร่ผลงานในที่ประชุมวิชาการหรือตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมกาวน้ำยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับอะคริลิกมอนอเมอร์ร่วมกันหลายชนิดเพื่อใช้งานในการติดประสานแผ่นไม้อัด โดยเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับอะคริลิกมอนอเมอร์ในสถานะน้ำยางโดยใช้คิวมินไฮโดรเปอร์ออกไซด์และเตตระเอทิลเพนตามีนเป็นตัวเริ่มต้นปฏิกิริยาแบบรีดอกซ์ ศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีอิทธิพลต่อปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์ วิเคราะห์สมบัติของกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้คือ % Conversion, % Grafting efficiency และสเปกตรัมอินฟราเรด จากการทดลอง พบว่า สภาพการทำปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เหมาะสม คือ 60°C ใช้เวลา 6 ชั่วโมง ให้เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนจากมอนอเมอร์เป็นพอลิเมอร์ และประสิทธิภาพการเกิดกราฟต์โคพอลิเมอร์สูง จากการศึกษาอิทธิพลของชนิดและปริมาณมอนอเมอร์ โดยกำหนดให้มอนอเมอร์ที่หนึ่งคือ เมทิลเมทาคริเลต มอนอเมอร์ที่สองคือ กรดอะคริลิก และแปรมอนอเมอร์ชนิดที่สองคือ บิวทิลเมทาคริเลต ลอริลเมทาคริเลต ไวนิลอะซิเตต และเอทิลอะคริเลต พบว่า การใช้อัตราส่วนของ เมทิลเมทาคริเลต : บิวทิลเมทาคริเลต : กรดอะคริลิก เท่ากับ 10:5:1 phr ทำให้น้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์มีความแข็งแรงของการติดประสานแบบลอกและแบบเฉือนดีที่สุด การเพิ่มคิวมาโรอินดินเรซินในกาวน้ำยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ทำให้ความแข็งแรงของการติดประสานเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกาวพอลิไวนิลอะซิเตตทางการค้ายี่ห้อ TOA พบว่า มีการติดประสานต่ำกว่าจากผลงานวิจัยสามารถประยุกต์วิธีการและสถานะในการเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับอะคริลิกมอนอเมอร์ชนิดต่างๆไปทำวิจัยต่อยอดเพื่อพัฒนาสมบัติการติดประสานให้เพิ่มสูงขึ้นและขยายการผลิตในระดับโรงงานต้นแบบเพื่อนำไปใช้ได้จริงในอุตสาหกรรมการติดประสานแผ่นไม้อัด

Abstract

The objectives of this research was the preparation of latex adhesives based on natural rubber and acrylic monomers for wood-to-wood bonding. Graft copolymer of natural rubber and vinyl monomers were prepared in latex state using cumene hydroperoxide and tetraethylene pentamene as the redox initiator. Various parameters of graft copolymerization were studied. Graft copolymers were later tested (i.e., % conversion, % grafting efficiency, FT-IR Spectrum). It was found that the optimized condition was the time of 6 hrs at 60°C and gave highest grafting efficiency. Influence of M1/M2/M3 monomers ratio on the graft copolymerization and adhesion properties were examined. The M1 and M3 monomer were specified as methyl methacrylate and acrylic acid, respectively. Various types of the M2 monomers (i.e., butyl methacrylate (BMA), ethyl acrylate (EA), vinyl acetate (VAc) and lauryl methacrylate (LMA)) were studied. It was found that the M1/M2/M3 of MMA:BMA:AA at the level of 10:5:1 phr gave the highest of peel strength and shear strength. The adhesion increased with increasing coumarone-indene resin content. Water-based adhesive from graft copolymers had lower adhesion than PVAc (TOA) adhesive. The method and optimized condition from this research could be applied in the prototype scale for plywood water-based adhesive.

เนื้อหา

2.1 ความสำคัญและความเป็นมาของการวิจัย

ผลิตภัณฑ์เป็นจำนวนมากที่มีส่วนประกอบหลายส่วนมาประกอบกัน โดยเฉพาะอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ โดยวัสดุที่สำคัญที่ทำให้ชิ้นส่วนต่างๆสามารถยึดติดกันได้ก็คือ กาว (Adhesives) ซึ่งกาวที่ใช้อยู่ในปัจจุบันอาจมีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน เช่น กาวชนิดที่มีตัวทำละลาย (Solvent based adhesives) กาวชนิดหลอมด้วยความร้อน (Hot melt adhesives) ปัจจุบันกาวที่ได้รับความนิยมมากขึ้นคือ กาวที่มีน้ำเป็นตัวกลาง (Water based adhesives) เนื่องจากเหตุผลทางด้านความเป็นพิษต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม โดยเนื้อกาวเป็นวัสดุประเภทพอลิเมอร์ ที่นิยมใช้กันมากคือ กาวพอลิไวนิลอะซีเตท (PVAc emulsion adhesive) โดยสามารถนำไปใช้ในสี (paints) กาวติดเส้นใย (textile sizing) และ กาวประสานเส้นใยไม่ถักทอ (nonwoven binders) กาวชนิดนี้มีการผลิตทั้งในรูปของ (1) โฮโมพอลิเมอร์ (Homopolymer) และ (2) โคพอลิเมอร์ (Copolymer) โดยกาว PVAc ชนิดแรกมีการใช้งานอย่างกว้างขวางในวัสดุที่มีขั้ว (polar substrates) โดยเฉพาะวัสดุที่มีพื้นฐานจากเซลลูโลส (cellulosic-based substrates) คือ กระดาษ และ ไม้ ข้อดีของกาวชนิดพอลิไวนิลอะซีเตท คือ แข็งตัวได้เร็ว (Fast speed of set) ความแข็งแรงสูง (High strength) การยึดติดดีเยี่ยม (Excellent adhesion) (โดยเฉพาะวัสดุประเภทเซลลูโลส เซรามิก คอนกรีต และแก้ว) น้ำหนักโมเลกุลสูง (High molecular weight) และราคาสมเหตุสมผล (Cost effective) ส่วนกาวกาวพอลิไวนิลอะซีเตทชนิดหลังคือ โคพอลิเมอร์นั้น เมื่อเปรียบเทียบกับชนิดแรก พบว่า มีข้อดีกว่า เมื่อใช้ยึดติดวัสดุที่ติดได้ยาก เช่น ฟิล์มพลาสติก กระดาษผิวเคลือบ และผิวโลหะ โดยสามารถใช้งานในอุตสาหกรรมเส้นใย ก่อสร้าง และบรรจุภัณฑ์

ยางธรรมชาตินอกจากสมบัติเด่นทางด้านความทนทานต่อแรงดึง ความยืดหยุ่น และความกระด้างตัวแล้ว ยังมีสมบัติเด่นทางด้านการยึดติดที่ดี (Tackability) ซึ่งสามารถนำไปใช้ผลิตเป็นกาวได้ เพื่อปรับปรุงสมบัติการยึดติดให้ดีขึ้น การเตรียมยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยไวนิลมอนอเมอร์เป็นแนวทางหนึ่งที่สำคัญ โดยการใช้มอนอเมอร์ชนิดต่างๆ เช่น เมทิลเมทาคริเลท ไดเมทิลอะมิโนเอทิลเมทาคริเลท เป็นต้น การวิจัยทางด้านกาวมีการศึกษากันอย่างแพร่หลาย เช่น Park, *et al.*, (2003) ได้ศึกษาสมบัติของกาวชนิด Pressure-Sensitive Adhesive (PSA) โดยใช้มอนอเมอร์หลายชนิดมาทำปฏิกิริยาร่วมกัน และ Lopez *et al.*, (2004) ได้มีการศึกษาในทำนองเดียวกันแต่ได้ศึกษาในมอนอเมอร์ที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังมีการศึกษาถึงการพัฒนากาวอะคริลิกที่สามารถสุกได้ที่อุณหภูมิห้อง (Mori *et al.*, 2005) ส่วนการศึกษาวิจัยในการเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติเพื่อประยุกต์ใช้งานเป็นกาวนั้น ได้มีการศึกษาอย่างกว้างขวาง โดยมีการศึกษาวิจัยการเตรียมและสมบัติของยางคอมปอนด์จากการเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับไวนิลอะซีเตท (NR-g-VAc) (Srisuwan, 2003) การสังเคราะห์พอลิเมอร์ชนิด Acrylic resin แล้วนำไปผสมกับยางธรรมชาติด้วยเครื่องผสมสองลูกกลิ้งเพื่อเตรียมเป็นกาวชนิด PSA จากนั้นทดสอบสมบัติด้านวิสโคอิลาสติก (Leong *et al.*, 2003) งานวิจัยนี้จึงเน้นศึกษาการเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ระหว่างยางธรรมชาติกับอะคริลิกมอนอเมอร์หลายชนิด เช่น Vinyl acetate, 2-Ethylhexylacrylate, Methyl methacrylate, Acrylic acid เป็นต้น โดยศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนของยางธรรมชาติ

ชาติต่อมอนอเมอร์ที่ใช้ อัตราส่วนของโคมอนอเมอร์ ปริมาณสารเริ่มต้นปฏิกิริยา อุณหภูมิและเวลาการทำปฏิกิริยา วิเคราะห์โครงสร้างของกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้ นำไปเตรียมเป็นกาวเพื่อทดสอบการยึดติดแผ่นไม้อัด โดยศึกษาเปรียบเทียบกับกาวพอลิไวโนลอะซีเตตที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

2.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการเตรียมและสมบัติการยึดติดของกาวน้ำยาง (Water based adhesives) จากยางธรรมชาติจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับอะคริลิกมอนอเมอร์เพื่อใช้ในงานติดแผ่นไม้

2.3 ทฤษฎี แนวคิดในการวิจัย และผลงานที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้มีแนวคิดในการเตรียมยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยอะคริลิกมอนอเมอร์ชนิดต่างๆร่วมกัน ในสถานะน้ำยางจากน้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียสูงโดยใช้ระบบการเริ่มต้นปฏิกิริยาแบบรีดอกซ์ (Redox initiator) หรือระบบอื่นๆที่เหมาะสม โดยแปรอัตราส่วนของยางธรรมชาติต่ออะคริลิกมอนอเมอร์ อัตราส่วนของโคมอนอเมอร์ที่ใช้ ปริมาณสารเริ่มต้นปฏิกิริยา เวลาและอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา วิเคราะห์ขนาดอนุภาคเฉลี่ย โครงสร้าง เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของมอนอเมอร์และเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการเกิดกราฟต์โคพอลิเมอร์ จากนั้นนำน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้ไปเตรียมเป็นกาวสำหรับยึดติดแผ่นไม้ ทดสอบสมบัติการยึดติดของแผ่นไม้อัด โดยศึกษาเปรียบเทียบกับกาวพอลิไวโนลอะซีเตตที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

ได้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ โดยคำนึ่ง (2542) ได้ศึกษาการเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ของน้ำยางโปรตีนต่ำกับเมทิลเมทาคริเลท พบว่า ประสิทธิภาพการเกิดกราฟต์โคพอลิเมอร์สูงสุด เมื่อใช้สภาวะการทำปฏิกิริยาดังนี้คือ ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยใช้เมทิลเมทาคริเลท 20 phr สบู่โพแทสเซียมลอเรทปริมาณ 1.5 % และกวนด้วยอัตราเร็ว 120 รอบ/นาที ต่อมา นิกร (2543) ได้เตรียมยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยเมทิลเมทาคริเลทโดยใช้สภาวะที่เหมาะสมจากศึกษาของคำนึ่งแล้วนำไปตีฟองน้ำ พบว่า การใช้ น้ำยางธรรมชาติกราฟต์โคพอลิเมอร์ดังกล่าวสามารถเพิ่มความแข็งของฟองน้ำได้โดยไม่ต้องใช้สารตัวเติมและฟองน้ำทนทานต่อการเสื่อมดัดเสีย หลังจากนั้นปริชา (2543) และมัสนานี (2545) ได้เตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ของน้ำยางโปรตีนต่ำตามสภาวะของคำนึ่งและนิกร และได้ประยุกต์ใช้น้ำยางธรรมชาติกราฟต์โคพอลิเมอร์ในการเคลือบถุงมือยาง พบว่า สามารถเตรียมถุงมือที่มีความลื่นได้โดยไม่ต้องใช้แป้ง และมีระดับโปรตีนที่ละลายน้ำได้ต่ำกว่า 30 $\mu\text{g/g}$ ต่อมาทัศนียา (2547) ได้เตรียมยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยเมทิลเมทาคริเลท แล้วนำมาเบลนดกับยางธรรมชาติอีพอกไซด์เพื่อใช้งานเป็นยางทนน้ำมันที่มีความแข็งแรงสูง และในปีเดียวกันนี้ อนุรักษ (2547) และ วรวรรณ (2547) ได้เตรียมยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยเมทิลเมทาคริเลทเพื่อนำไปเตรียมเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์โดยการเบลนดกับพอลิเมทิลเมทาคริเลทโดยผ่านกระบวนการวัลคาไนเซชันแบบไดนามิกส์ เพื่อการใช้งานเป็นยางที่อุณหภูมิห้องแต่แปรรูปได้โดยกระบวนการของเทอร์โมพลาสติก ส่วนการเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่ใช้นอนอเมอร์ร่วมกันมากกว่า 1 ชนิด ได้มีการศึกษาโดย Arayapranee, et al (2002) ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับสไตรีนและเมทิลเมทาคริเลทโดยใช้

Cumene Hydroperoxide และ Sodium formaldehyde sulfoxylate dihydrate/EDTA-chelated Fe^{2+} เป็นตัวเริ่มต้นปฏิกิริยาแบบรีดอกซ์และใช้ Sodium dodecylsulfate (SDS) เป็นอิมัลซิไฟเออร์ นอกจากนี้ยังควบคุม pH ของระบบโดยการเติมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นบัฟเฟอร์ (buffer) พบว่า ประสิทธิภาพของกราฟต์โคพอลิเมอร์ขึ้นอยู่กับปริมาณของสารเริ่มต้นปฏิกิริยา อิมัลซิไฟเออร์ สารย้ายสายโซ่ อุณหภูมิ และอัตราส่วนระหว่างปริมาณมอนอเมอร์ต่อปริมาณยาง (monomer-to-rubber ratio) โดยประสิทธิภาพของกราฟต์โคพอลิเมอร์มีค่าสูงสุดเมื่อใช้ปริมาณของสารเริ่มต้นปฏิกิริยาปริมาณ 2 phr ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 70 °C และลดลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนระหว่างปริมาณมอนอเมอร์ต่อปริมาณยาง ต่อมา Arayaprane, *et al* (2003) ได้วิเคราะห์ตัวแปรที่มีผลต่อปฏิกิริยาการกราฟต์สไตรีนและเมทิลเมทาคริเลทบนโมเลกุลของยางธรรมชาติ โดยใช้ experimental design พบว่า ตัวแปรสำคัญที่มีผลมากต่อประสิทธิภาพการกราฟต์ คือ ปริมาณของสารย้ายสายโซ่และอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา โดยที่อัตราส่วนของมอนอเมอร์ต่อยาง มีผลเพียงเล็กน้อย ในขณะที่ปริมาณอิมัลซิไฟเออร์ ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการกราฟต์แต่มีผลต่อความเสถียรของอนุภาคยาง

การเพิ่มการยึดติดของยางธรรมชาติได้มีการศึกษาโดยสุรชัย (2543) พบว่า การเพิ่มปริมาณคิวมาโรนอินดีนเรซิน (Coumarone indene resin) ทำให้กาวมีสมบัติความแข็งแรงของการติดประสานสูงขึ้น แต่อายุของการเก็บกาวสั้นลง การใช้ด่างโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เพื่อปรับ pH เริ่มต้นของกาว ทำให้กาวมีอายุการเก็บนานขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า สมบัติความแข็งแรงของการติดประสานไม่ลดลงเมื่ออายุการเก็บนานขึ้น สุเชษฐ์ (2548) ได้เตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับเมทิลเมทาคริเลทโดยการพอลิเมอไรซ์แบบอิมัลชันทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 50 °C จากนั้นเตรียมกาวจากยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยเมทิลเมทาคริเลทให้อยู่ในรูปที่มีน้ำเป็นตัวกลางและศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนของยางธรรมชาติต่อเมทิลเมทาคริเลทที่ใช้ในปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอไรซ์ที่มีผลต่อสมบัติการติดประสานของกาว พบว่า กาวที่ใช้เมทิลเมทาคริเลทสูงมีค่าความดึงผิวต่ำและมีค่าความแข็งแรงการติดประสานสูง การลดน้ำหนักโมเลกุลของยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยเมทิลเมทาคริเลทสามารถทำได้โดยใช้สารลดน้ำหนักโมเลกุลคือ โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตปริมาณ 1 phr และ โพรพาเนลปริมาณ 15 phr ที่อุณหภูมิ 65 °C ภายใต้บรรยากาศปกติ กาวที่เตรียมจากยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยเมทิลเมทาคริเลทที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะมีความแข็งแรงการติดประสานที่สูงกว่า นอกจากนี้ได้แปรปริมาณของคิวมาโรนเรซิน พบว่า การเพิ่มปริมาณสารเพิ่มการยึดติดสูงทำให้ความแข็งแรงการติดประสานสูงขึ้น ชูมาวดี (2549) เตรียมสารละลายกาวยางสำหรับติดประสานงานไม้จากน้ำยางธรรมชาติอีพอกไซด์ลดน้ำหนักโมเลกุล โดยใช้ไซเคียมไนไตรท์ร่วมกับโพรพาเนล พบว่า การลดน้ำหนักโมเลกุลของยางธรรมชาติอีพอกไซด์สามารถช่วยปรับปรุงค่าความต้านทานต่อแรงเฉือนของยางธรรมชาติอีพอกไซด์ นอกจากนี้ได้ศึกษาอิทธิพลของชนิดและปริมาณสารช่วยปรับปรุงสมบัติการยึดติด พบว่า กาวยางธรรมชาติอีพอกไซด์มีค่าความต้านทานต่อแรงเฉือนสูงสุดเมื่อใช้คิวมาโรนอินดีนเรซินปริมาณ 40 phr สารละลายกาวยางธรรมชาติอีพอกไซด์ที่เตรียมได้ มีความแข็งแรงในการยึดติดสูงกว่าสารละลายกาวยางในเชิงการค้าที่ใช้ในการทดสอบ

2.4 วิธีการทดลอง

2.4.1 การเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์

เตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับไวนิลมอนอเมอร์ 3 ชนิดคือ (1) เมทิลเมทาคริเลท (ผลิตโดย บริษัท Fluka chemical Co., Ltd ประเทศเยอรมนี) (2) บิวทิลเมทาคริเลท (หรือไวนิลอะซีเตท หรือเอทิลอะคริเลท หรือลอริลเมทาคริเลท) และ (3) กรดอะคริลิก (ผลิตโดย บริษัท Fluka chemical Co., Ltd ประเทศเยอรมนี) โดยใช้น้ำยางและสารเคมีต่างๆดังตารางที่ 1 และมีขั้นตอนการทำปฏิกิริยาดังนี้ คือ นำน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียสูง (ผลิตโดย บริษัท ยะลาตาเท็กซ์ จำกัด มีค่า $DRC = 61.07$ เปอร์เซ็นต์ และ $TSC = 62.64$ เปอร์เซ็นต์) ปรับค่า pH ของน้ำยางให้เท่ากับ 12 โดยใช้สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 12 % จากนั้นใส่มอนอเมอร์คือ เมทิลเมทาคริเลท (ผลิตโดย บริษัท Fluka chemical Co., Ltd ประเทศเยอรมนี) บิวทิลเมทาคริเลท (ผลิตโดย บริษัท Fluka chemical Co., Ltd ประเทศเยอรมนี) และใช้สารรักษาความเสถียรคือ เทอร์ริก เอ็น 30 (ผลิตโดย บริษัท Huntsman ประเทศออสเตรเลีย) นำสารเคมีทั้งหมดข้างต้นเติมลงในปฏิกรณ์หลักแล้วกวนด้วยความเร็ว 120 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำปฏิกิริยาภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน โดยการหยดสารเริ่มต้นปฏิกิริยาร่วม (co-initiator) คือ เตตระเอทิลลิทเพนตามีน (ผลิตโดย บริษัท Fluka chemical Co., Ltd ประเทศเนเธอร์แลนด์) กรดอะคริลิก (ผลิตโดย บริษัท Fluka chemical Co., Ltd ประเทศเยอรมนี) และสารเริ่มต้นปฏิกิริยา (initiator) คือ คิวมินไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (ผลิตโดยบริษัท Fluka chemical Co., Ltd ประเทศเยอรมนี) โดยใช้เวลาในการหยดประมาณ 2 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เกิดปฏิกิริยา 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 60°C

ตารางที่ 1 สารเคมีที่ใช้ในการสังเคราะห์กราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับเมทิลเมทาคริเลท บิวทิลเมทาคริเลท และกรดอะคริลิก

สารในปฏิกรณ์หลัก

Additive	Weight (g)
60% HA-NRL	167
99% MMA	10
99% BMA	5
12% Teric N-30	8 % of TSC

สารในภาชนะป้อน

Additive	Weight (g)
99% Acrylic acid	1
80% CHPO	0.02 mole
85% TEPA	0.02 mole
น้ำ	(5 เท่าของ Acrylic acid)

นอกจากนี้ในการทดลองได้เปรมอนอเมอร์ชนิดที่ (2) คือ บิวทิลเมทาคริเลท (ผลิตโดย บริษัท Fluka chemical Co., Ltd ประเทศเยอรมนี) ไวนิลอะซิเตท (ผลิตโดย บริษัท ALDRICH ประเทศเยอรมนี) หรือเอทิลอะคริเลท (ผลิตโดย บริษัท Fluka chemical Co., Ltd ประเทศเยอรมัน) หรือลอริลเมทาคริเลท (ผลิตโดย บริษัท Fluka chemical Co., Ltd ประเทศญี่ปุ่น) โดยมีการแปรปริมาณของไว้นิลมอเมอร์ทั้ง 3 ชนิดที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณและชนิดของมอเมอร์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

MMA (g)	M ₂ *(g)	AA (g)
5	2.5	0.5
10	5	1
15	7.5	1.5
20	10	2

* = BMA, VAc, LMA, EA

นำน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้ส่วนหนึ่งมาหยดไฮโดรควิโนน เพื่อยับยั้งปฏิกิริยาแล้วทำการจับตัวด้วยความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 100°C แล้วนำไปวิเคราะห์ % Conversion, % Free NR, % Free Polymer, % Grafting Efficiency ตามวิธีการในหัวข้อ 2.4.4.1 – 2.4.4.2 และโครงสร้างของกราฟต์โคพอลิเมอร์ด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี ตามวิธีการในหัวข้อที่ 2.4.4.3 จากนั้นนำไปเตรียมเป็นชั้นทดสอบทดสอบสมบัติความแข็งแรงของการติดไม้อัดแบบปอกและแบบเนียน ตามวิธีการในหัวข้อที่ 2.4.3

2.4.2 การเตรียมกาวจากกราฟต์โคพอลิเมอร์

2.4.2.1 กาวจากกราฟต์โคพอลิเมอร์โดยไม่มีสารวัลคาไนซ์

2.4.2.1.1 การศึกษาอิทธิพลของชนิดและปริมาณของมอเมอร์

นำน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้จากหัวข้อที่ 2.4.1 โดยแปรปริมาณของมอเมอร์ร่วมที่ใช้และเปรมอนอเมอร์ชนิดที่สองจำนวน 4 ชนิด มาติดประสานกับไม้อัดตามวิธีการเตรียมขึ้นและทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกและแบบเนียนในหัวข้อที่ 2.4.3

2.4.2.1.2 การศึกษาอิทธิพลของสารเพิ่มการยึดติด

เลือกน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้จากหัวข้อที่ 2.4.1 คือ MMA/BMA/AA เท่ากับ 10/5/1 phr ซึ่งมีค่าความแข็งแรงของการติดประสานที่ดีที่สุดมาผสมอิมัลชันของสารเพิ่มการยึดติดชนิดคิวมาโรอินดินเรซินโดยแปรปริมาณสารเพิ่มการยึดติดดังนี้คือ 0, 5, 10, 15, 20 และ 30 phr โดยการเติมอิมัลชันของสารเพิ่มการยึดติดอย่างช้าๆพร้อมกวนอย่างแรงเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำไปติดประสานกับแผ่นไม้อัดตามวิธีการเตรียมขึ้นและทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกและแบบเนียนในหัวข้อที่ 2.4.3

2.4.2.2 กาวจากกราฟต์โคพอลิเมอร์โดยใช้สารวัลคาไนซ์

2.4.2.2.1 การศึกษาอิทธิพลของสารวัลคาไนซ์

เลือกน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้จากการใช้อัตราส่วน MMA/BMA/AA เท่ากับ 10/5/1 phr ซึ่งมีค่าความแข็งแรงของการติดประสานที่ดีที่สุดมาผสมสารวัลคาไนซ์ โดยใช้สูตรและแปรปริมาณกำมะถันดังตารางที่ 3 โดยมีขั้นตอนการเตรียมดังนี้คือ นำน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์มาใส่ ZnO Dispersion, ZDEC Dispersion, Wing Stay-L Dispersion และกำมะถัน โดยแปรปริมาณกำมะถัน กวนด้วยความเร็ว 200 รอบ/นาที เป็นเวลา 15 นาที บ่มกาวไว้ 24 ชั่วโมง แล้วนำไปติดประสานแผ่นไม้อัดด้วยวิธีการเตรียมชิ้นทดสอบและทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกและแบบฉีกตามวิธีการในหัวข้อที่ 2.4.3

ตารางที่ 3 สูตรที่ใช้ในการศึกษาอิทธิพลของสารวัลคาไนซ์

Additive	Dry weight (phr)			
	C1	C2	C3	C4
36.46 % Graft copolymer latex	100	100	100	100
50 % ZnO Dispersion	5	5	5	5
50 % ZDEC Dispersion	1	1	1	1
50 % Surphur Dispersion	1	1.5	2	2.5
50 % Wing Stay-L Dispersion	1	1	1	1

2.4.2.2.2 การศึกษาอิทธิพลของสารเพิ่มการยึดติด

เลือกกาวจากน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้จากหัวข้อที่ 2.4.2.2.1 ที่มีค่าความแข็งแรงของการติดประสานที่ดีที่สุด คือ สูตร C2 (จากตารางที่ 3) ใส่ส่วนผสมของคิวมาโรนเรซินโดยแปรปริมาณดังตารางที่ 4 และมีขั้นตอนการเตรียมดังนี้คือ นำกาวจากน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์มาใส่ ZnO Dispersion, ZDEC Dispersion, Wing Stay-L Dispersion และกำมะถัน ตามลำดับ กวนด้วยความเร็ว 200 รอบ/นาที เป็นเวลา 15 นาที แล้วเติมส่วนผสมของคิวมาโรนเรซินอย่างช้าๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง บ่มกาวน้ำยางไว้ 24 ชั่วโมง แล้วนำไปติดประสานแผ่นไม้อัดด้วยวิธีการเตรียมชิ้นทดสอบและทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกและแบบฉีกตามวิธีการในหัวข้อที่ 2.4.3

2.4.2.2.3 การศึกษาอิทธิพลของเวลาในการวัลคาไนซ์

นำกาวน้ำยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมโดยใช้สูตร E6 (จากตารางที่ 4) ที่มีค่าความแข็งแรงของการติดประสานดีที่สุด แล้วนำไปติดประสานแผ่นไม้อัดด้วยวิธีการเตรียมชิ้นทดสอบและทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกและแบบฉีกตามวิธีการในหัวข้อที่ 2.4.3 โดยแปรเวลาในการอบชิ้นทดสอบ คือ 1, 2, 4, 6 และ 8 ชั่วโมง

ตารางที่ 4 สูตรที่ใช้ในการศึกษาอิทธิพลของสารเพิ่มการยึดติด

Additive	Dry weight (phr)					
	E1	E2	E3	E4	E5	E6
36.46 % Graft copolymer latex	100	100	100	100	100	100
50 % ZnO Dispersion	5	5	5	5	5	5
50 % ZDEC Dispersion	1	1	1	1	1	1
50 % Surphur Dispersion	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
50 % Wing Stay-L Dispersion	1	1	1	1	1	1
Coumarone indene resin emulsion	0	5	10	15	20	30

2.4.2.3 เปรียบเทียบสมบัติของกาวจากกราฟต์โคพอลิเมอร์กับน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียสูงและกาวลาเท็กซ์ชนิดพอลิไวนิลอะซิเตท

นำกาวลาเท็กซ์ชนิดพอลิไวนิลอะซิเตททางการค้ายี่ห้อ TOA มาตีผสมผสานแผ่นไม้อัดด้วยวิธีการเตรียมชิ้นทดสอบและทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบลอกและแบบเฉือนตามวิธีการในหัวข้อที่ 2.4.3 แล้วนำค่าความแข็งแรงของการติดประสานเปรียบเทียบกับกาวน้ำยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์

2.4.3 การเตรียมชิ้นทดสอบ

นำกาวน้ำยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้หรือกาวพอลิไวนิลอะซิเตทมาทำการติดประสานซึ่งจะต้องควบคุมปริมาณกาวที่ทำให้เต็มพื้นที่ผิวหน้าการติดประสานบนไม้ชั้นที่ 1 เพื่อให้เนื้อกาวเท่ากันทุกชิ้นทดสอบ แล้วนำไม้ชั้นที่ 2 มาประกบ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ตั้งชิ้นทดสอบไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 วัน หลังจากนั้นนำไปทดสอบความแข็งแรงของการติดประสานแบบลอกและแบบเฉือน

การเตรียมชิ้นทดสอบมี 2 ลักษณะ ดังนี้คือ

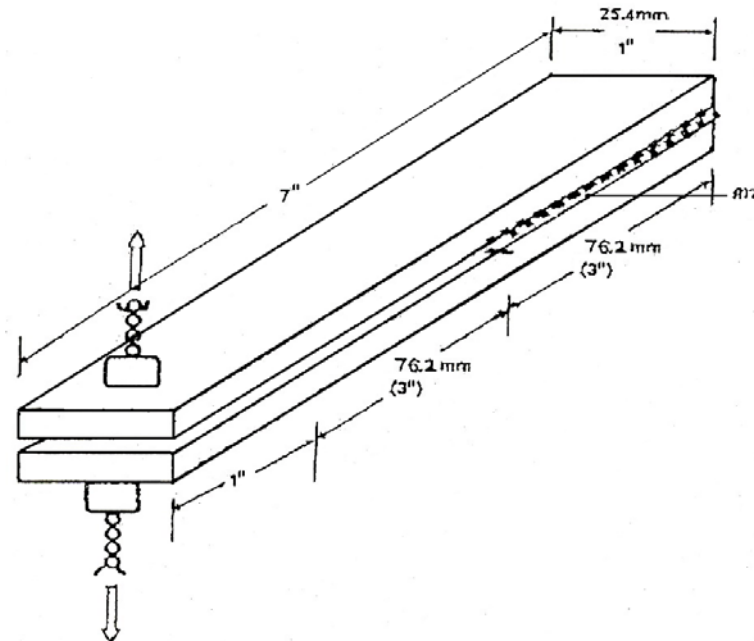
1. การทดสอบการติดประสานแบบลอก (Cleavage Peel Test) โดยใช้มาตรฐานของ ASTM D3807-98 ชิ้นทดสอบมีความกว้าง 25.4 มิลลิเมตร ความยาว 177.8 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 1 ทดสอบด้วยเครื่อง Tensile testing machine ด้วยความเร็ว 12.7 mm. / min ค่าความแข็งแรงของการติดประสานแบบลอกรายงานเป็นค่าแรงสูงสุดต่อความกว้างของชิ้นทดสอบ ดังสมการที่ 1

$$\text{Cleavage peel strength (N/in)} = \frac{\text{Maxforce(N)}}{\text{Width(in)}} \quad (1)$$

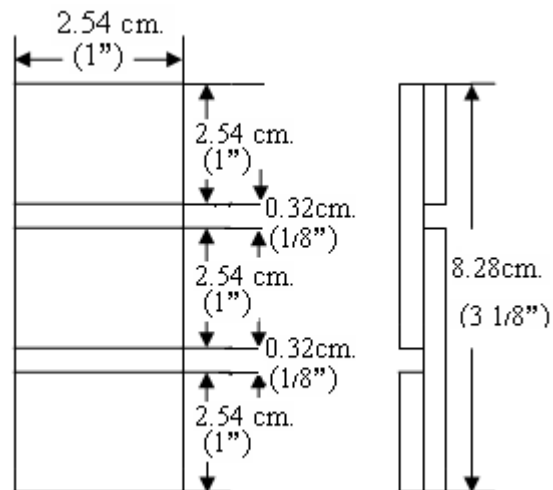
2. การทดสอบการติดประสานแบบเฉือน (Shear Test) โดยใช้มาตรฐานของ ASTM D2339-98 ชิ้นทดสอบมีความกว้าง 25.4 มิลลิเมตร ความยาว 54 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 2 ทดสอบด้วยเครื่อง Tensile testing machine ด้วย

ความเร็วที่ทำให้เกิดแรง 500-1000 N/min ค่าความแข็งแรงของการติดประสานแบบเหนียวรายงานเป็นค่าแรงสูงสุดต่อพื้นที่ที่ติดประสาน ดังสมการที่ 2

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



รูปที่ 1 ขนาดของชิ้นทดสอบที่ใช้ในการติดประสานแบบลอกตามมาตรฐาน ASTM D3807-98



รูปที่ 2 ขนาดของชิ้นทดสอบที่ใช้ในการติดประสานแบบเหนียว ตามมาตรฐาน ASTM D2339-98

2.4.4 การวิเคราะห์

2.4.4.1 การวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนจากมอนอเมอร์เป็นพอลิเมอร์ (% Conversion) ทำได้โดยการนำน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้หนักประมาณ 5 กรัม (ทศนิยมละเอียดย 4 ตำแหน่ง) เทน้ำยางลงในกระชอนฟีกา อบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำให้เย็นในเดสซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนักของแข็งที่ได้ คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของมอนอเมอร์เป็นพอลิเมอร์

2.4.4.2 การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การเกิด Free NR, Free Polymer และ Grafting Efficiency โดยการนำน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์จับตัวด้วยความร้อน จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติที่อบแล้วประมาณ 3 กรัม (ละเอียดยทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ไปสกัดยางธรรมชาติที่ไม่เกิดปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์ (free NR) ด้วยชุดสกัด Soxhlet โดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์ (ชนิด AR grade มีจุดเดือด 40 ถึง 60 องศาเซลเซียส ผลิตโดย Labscan Asia Co., Ltd. ประเทศไทย) ใช้เวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำกลับมาชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำกลับมาสกัดพอลิเมอร์ที่ไม่เกิดปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์ ด้วยชุดสกัด Soxhlet โดยใช้อะซิโตน (ผลิตโดย Labscan Asia Co., Ltd. ประเทศไทย) ใช้เวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหา % free NR, % free Polymer และ % Grafting Efficiency (% GE)

2.4.4.3 การวิเคราะห์โครงสร้างของกราฟต์โคพอลิเมอร์ด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี (FTIR) ทำได้โดยนำกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่ผ่านการสกัดยางธรรมชาติและพอลิเมอร์ที่ไม่เกิดปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์แล้ว มาตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ นำมาละลายด้วยตัวทำละลายผสมระหว่างโทลูอีน (ผลิตโดย Labscan Asia Co., Ltd ประเทศไทย) และเมทิลเอทิลคีโตน (ผลิตโดย Labscan Asia Co., Ltd ประเทศไทย) ในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร หลังจากนั้นนำสารละลายที่ได้มาทาบนเซลล์โปแทสเซียมโบรไมด์เป็นแผ่นฟิล์มบางๆ นำไปอบเพื่อให้สารละลายระเหยหมด แล้วนำไปวิเคราะห์โครงสร้างของกราฟต์โคพอลิเมอร์ด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี (FTIR)

2.5 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

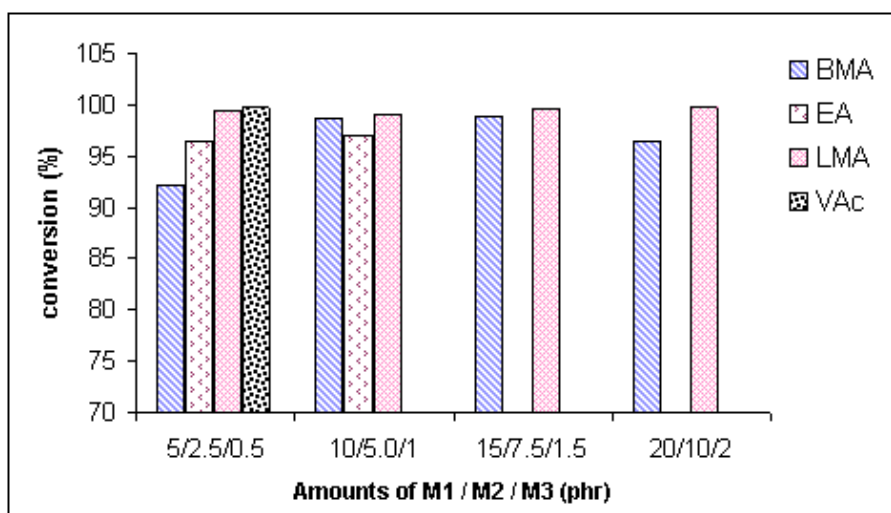
2.5.1 อิทธิพลของปริมาณและชนิดของไว้นิมมอนอเมอร์ในการสังเคราะห์กราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับอะคริลิกมอนอเมอร์

นำน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ชนิดต่างๆที่เตรียมได้โดยแปรปริมาณและชนิดของมอนอเมอร์ไปวิเคราะห์หา % Conversion ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 5 และรูปที่ 3 จากนั้นนำไปจับตัวด้วยความร้อนและผ่านการอบแห้ง นำไปวิเคราะห์หา % Free NR, % Free Polymer และ % Grafting Efficiency ได้ผลดังรูปที่ 6 - 8

ตารางที่ 3 ผลของปริมาณและชนิดของมอนอเมอร์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาต่อเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงมอนอเมอร์เป็นพอลิเมอร์

Quantities of M1 / M2 / M3 (phr)	conversion (%)			
	BMA	EA	LMA	VAc
5 / 2.5 / 0.5	92.07	96.51	99.48	99.83
10 / 5 / 1	98.65	96.95	99.11	×
15 / 7.5 / 1.5	98.84	×	99.52	×
20 / 10 / 2	96.48	×	99.74	×

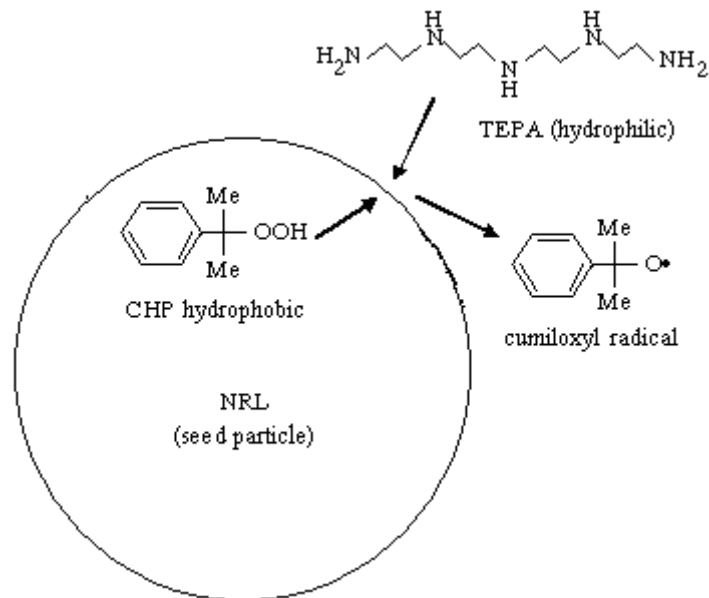
หมายเหตุ × = น้ำยางจับตัวเป็นก้อน



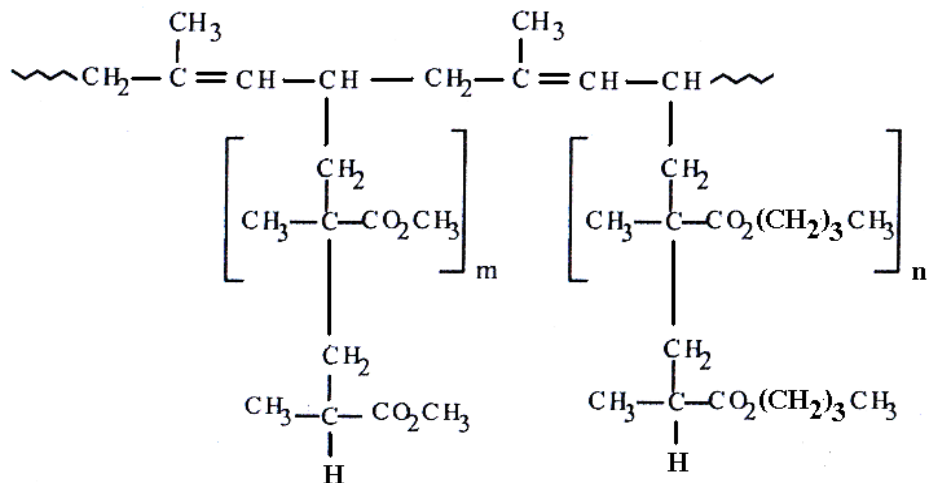
รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดและปริมาณมอนอเมอร์ที่ใช้ทำปฏิกิริยากับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของมอนอเมอร์เป็นพอลิเมอร์

จากรูปที่ 3 เมื่อพิจารณาอิทธิพลของชนิดมอนอเมอร์ร่วมที่ใช้เป็นชนิดที่สอง พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณบิวทิลเมทาคริเลทมีแนวโน้มทำให้การเปลี่ยนจากมอนอเมอร์เป็นพอลิเมอร์เพิ่มขึ้น เนื่องจากการมีปริมาณมอนอเมอร์เพิ่มขึ้นทำให้เพิ่มโอกาสให้เกิดปฏิกิริยากับฟรีเรดิคัลและเปลี่ยนเป็นพอลิเมอร์ได้มากขึ้น ในขณะที่การเพิ่มปริมาณมอนอเมอร์ คือ เอทิลอะคริเลท ลอริลเมทาคริเลท และไวนิลอะซิเตท พบว่า เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนจากมอนอเมอร์เป็นพอลิเมอร์มีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบระหว่างมอนอเมอร์ที่สองชนิดต่างๆ พบว่า การใช้บิวทิลเมทาคริเลท และลอริลเมทาคริเลทสามารถทำปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์ไรซ์ได้ดี โดยน้ำยางไม่สูญเสียสภาพ ในขณะที่การใช้เอทิลอะคริเลทและไวนิลอะซิเตททำให้น้ำยางเสียสภาพเมื่อใช้ปริมาณมากกว่า 5 และ 2.5 phr ตามลำดับ การเกิดปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์ไรซ์โดยใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาแบบรีดอกซ์ซึ่งสามารถแตกตัวเป็นอนุมูลอิสระ (Free radicals) ได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 40-70 องศาเซลเซียส สามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 4 กล่าวคือ คิวมินไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ซึ่งเป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยาที่ละลายอยู่ในเฟสของยางธรรมชาติจะ

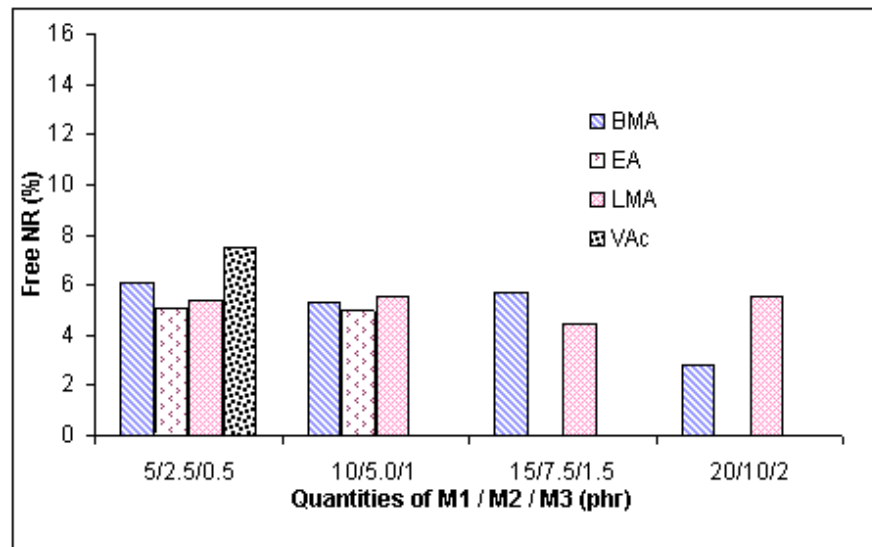
ทำปฏิกิริยากับเตตระเอทิลีนเพนตามีนที่ละลายอยู่ในตัวกลางที่เป็นน้ำที่บริเวณผิวประจัญ (interface) ระหว่างเฟสน้ำและเฟสอินทรีย์ แล้วเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ได้อนุมูลอิสระที่บริเวณผิวประจัญระหว่างเฟสน้ำและเฟสอินทรีย์ เมื่อมีโมเลกุลของไวนิลมอนอเมอร์ชนิดต่างๆที่ใช้ในการทดลองซึ่งมีพันธะคู่ที่ว่องไวเข้าไกล้อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นบนโมเลกุลของยางธรรมชาติจะเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรซ์ได้กราฟต์โคพอลิเมอร์ซึ่งมีโครงสร้างแสดงดังรูปที่ 5



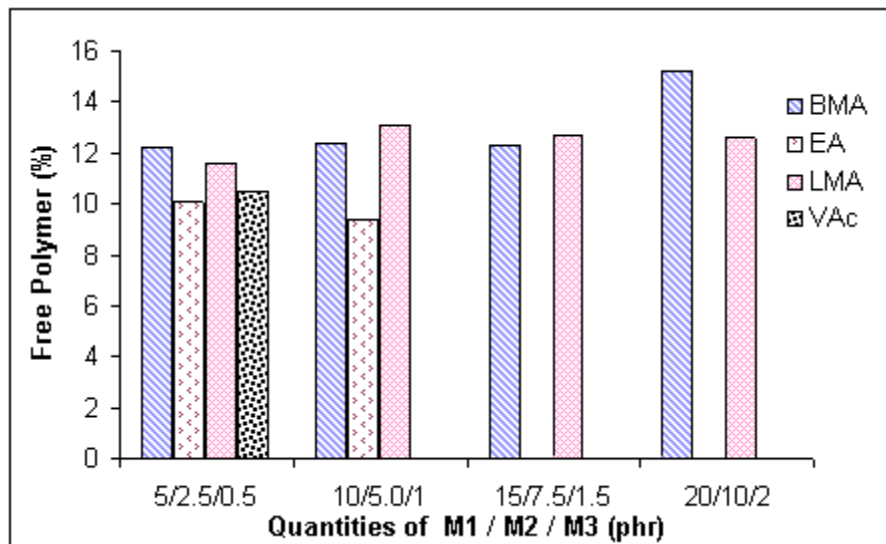
รูปที่ 4 ปฏิกิริยาการแตกตัวเป็นอนุมูลอิสระของตัวริเริ่มปฏิกิริยาแบบรีดอกซ์ที่ผิวประจัญ



รูปที่ 5 โครงสร้างของกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับอะคริลิกมอนอเมอร์

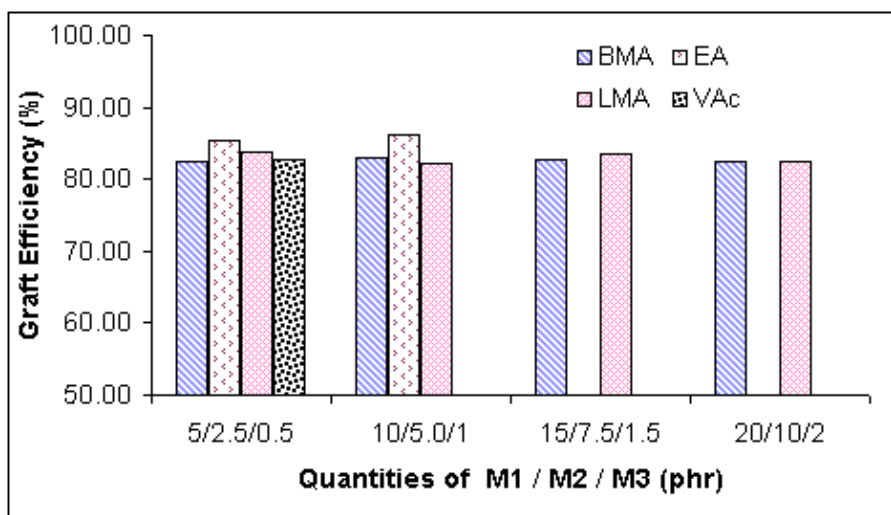


รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดและปริมาณมอนอเมอร์ที่ใช้ทำปฏิกิริยากับเปอร์เซนต์ Free NR



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดและปริมาณมอนอเมอร์ที่ใช้ทำปฏิกิริยากับเปอร์เซนต์ Free

Polymer



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดและปริมาณมอนอเมอร์ที่ใช้ทำปฏิกิริยากับเปอร์เซ็นต์ Grafting

Efficiency

รูปที่ 6 – 7 เมื่อพิจารณามอนอเมอร์ที่ใช้เป็นชนิดที่สองทั้ง 4 ชนิด พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณมอนอเมอร์ดังกล่าวมีแนวโน้มทำให้ % Free NR ลดลงเล็กน้อย ในขณะที่ % Free Polymer มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากการมีปริมาณมอนอเมอร์เพิ่มขึ้นจะเพิ่มโอกาสให้มอนอเมอร์สามารถเกิดปฏิกิริยากันเอง เนื่องจากมอนอเมอร์มีขนาดโมเลกุลเล็กกว่าโมเลกุลของยางธรรมชาติ จากรูปที่ 8 พบว่า ประสิทธิภาพการเกิดกราฟต์โคพอลิเมอร์ เมื่อแปรปริมาณมอนอเมอร์ที่ใช้ร่วมกัน โดยที่อัตราส่วนของมอนอเมอร์ทั้ง 3 ชนิดคงที่ มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก และเมื่อพิจารณาชนิดของมอนอเมอร์ร่วมชนิดที่สอง พบว่า การใช้เอทิลอะคริเลต ให้ค่าประสิทธิภาพการเกิดกราฟต์โคพอลิเมอร์สูงที่สุด

นอกจากนี้ จะเห็นว่าเกิดการจับตัวของกราฟต์โคพอลิเมอร์เนื่องจากการใช้มอนอเมอร์บางชนิด เช่น มอนอเมอร์ชนิดไวนิลอะซิเตตและเอทิลอะคริเลต พบว่า มอนอเมอร์ทั้ง 2 ชนิด มีค่าการละลายน้ำสูงกว่ามอนอเมอร์อีก 2 ชนิด จึงมีส่วนโมเลกุลของมอนอเมอร์ทั้ง 2 ชนิดอยู่ในชั้นของน้ำแทนที่จะอยู่ในเฟสอินทรีย์ ส่งผลทำให้เกิดการดึงโมเลกุลสบู่มาห่อหุ้มรอบกลุ่มของโมเลกุล ทำให้สบู่ที่รักษาสภาพน้ำยางมีปริมาณลดลงจนไม่สามารถรักษาความเสถียรไว้ได้ ซึ่งค่าการละลายน้ำของมอนอเมอร์ชนิดต่างๆเป็นดังนี้คือ

MMA มีความสามารถในการละลายน้ำที่ (กรัม/100 มล.) = 1.5 ที่ 20 องศาเซลเซียส

BMA มีความสามารถในการละลายน้ำที่ (กรัม/100 มล.) = 0.6 ที่ 20 องศาเซลเซียส

EA มีความสามารถในการละลายน้ำที่ (กรัม/100 มล.) = 1.5 ที่ 20 องศาเซลเซียส

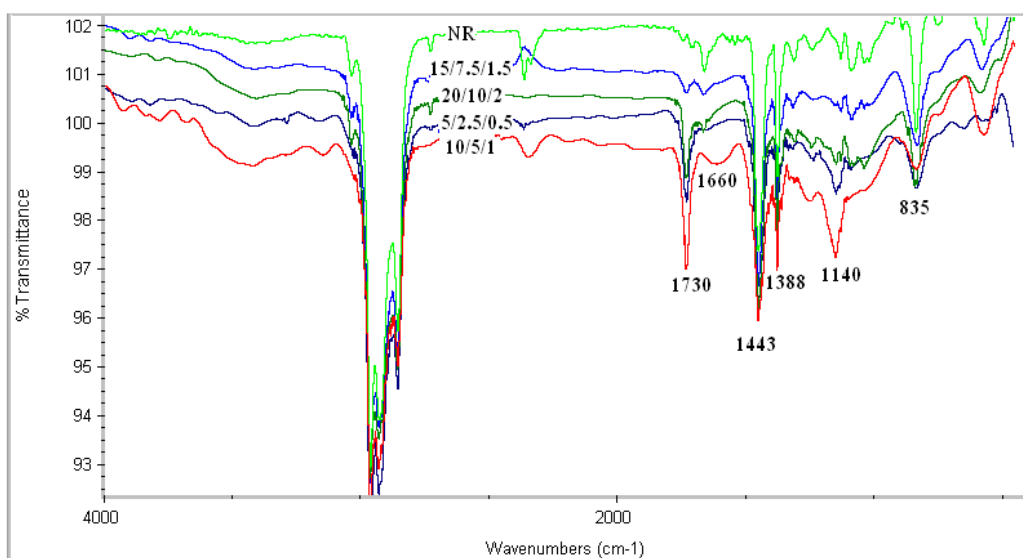
VAc มีความสามารถในการละลายน้ำที่ (กรัม/100 มล.) = 2.3 ที่ 20 องศาเซลเซียส

4.1.1.4.3 การวิเคราะห์โครงสร้างของกราฟต์โคพอลิเมอร์ด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโตรสโกปี

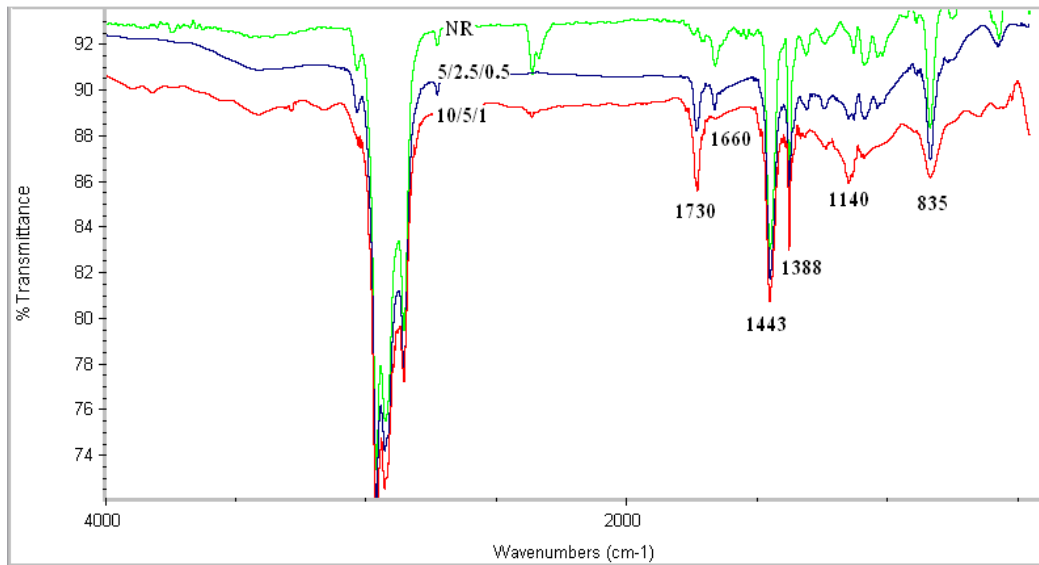
(FTIR)

นำกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับอะคริลิกมอนอเมอร์ที่สังเคราะห์ได้โดยแปรชนิดของ M2 คือ บิวทิลเมทาคริเลต (BMA) เอทิลอะคริเลต (EA) ลอริลเมทาคริเลต (LMA) และไวนิลอะซิเตต (VAc) มาจับตัวด้วยความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 100 °C และนำมาอบแห้ง สกัดยางธรรมชาติและไฮโดรฟอลิ

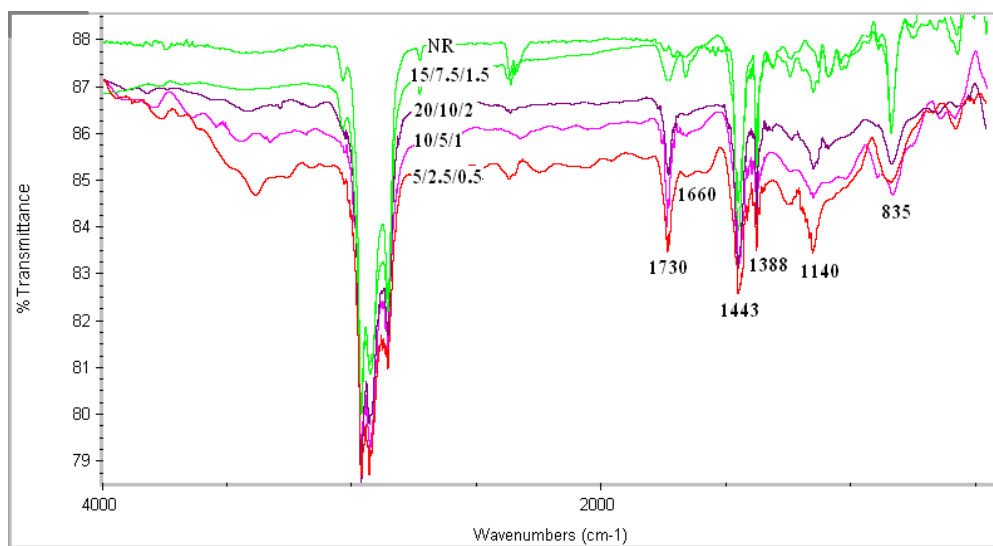
เมอร์ที่ไม่เกิดปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์ด้วยปีโตรเลียมอีเทอร์และอะซิโตน ตามลำดับ หลังจากนั้นนำไปอบจนแห้ง ละลายกราฟต์โคพอลิเมอร์ด้วยตัวทำละลายผสมระหว่างโทลูอีนกับเมทิลเอทิลคีโตน แล้วนำไปวิเคราะห์โครงสร้างทางโมเลกุลด้วยเครื่อง FTIR ได้สเปกตรัมอินฟราเรดแสดงดังรูปที่ 9 – 12 พบว่า มีพีคของการดูดกลืนแสงอินฟราเรดที่เลขคลื่น 1140 cm^{-1} แสดงถึงการมีพันธะ C-O stretching ในหมู่ฟังก์ชัน -C(=O)-OR , และเลขคลื่น 1730 cm^{-1} แสดงการมีหมู่ฟังก์ชัน C=O stretching ซึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชันในส่วนโมเลกุลของ PMMA, PBMA, PEA, PLMA และ PVAc ที่กราฟต์บนโมเลกุลของยางธรรมชาติ ส่วนพีคของการดูดกลืนแสงอินฟราเรดที่เลขคลื่น 835 cm^{-1} แสดงการมีหมู่พันธะ C-H ที่ต่อกับพันธะ C=C ที่มีการสั่นแบบ out-of-plane bending และเลขคลื่น 1660 cm^{-1} แสดงถึงการมีหมู่ฟังก์ชันแบบ cis C=C ซึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชันบนโมเลกุลยางธรรมชาติ สำหรับพีคของการดูดกลืนแสงอินฟราเรดของกรดอะคริลิกไม่ปรากฏในสเปกตรัมอินฟราเรดนี้ ซึ่งพีคการดูดกลืนของกรดอะคริลิกน่าจะปรากฏในตำแหน่งต่างๆคือ (1) ช่วงเลขคลื่น $2500 - 3500\text{ cm}^{-1}$ ซึ่งเป็นการสั่นแบบยืดของพันธะ O-H (2) เลขคลื่น 1710 cm^{-1} เป็นการสั่นแบบยืดของพันธะ C=O (3) เลขคลื่น 1410 cm^{-1} และ 930 cm^{-1} เป็นงอในระนาบและงอออกนอกระนาบของพันธะ O-H และ (4) เลขคลื่น 1220 cm^{-1} เป็นการสั่นแบบยืดของพันธะ C-O จึงกล่าวได้ว่ากรดอะคริลิกไม่เกิดปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์ไรซ์ร่วมกับมอนอเมอร์รวมอีกสองชนิดที่ใช้ในการทำปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์ไรซ์กับยางธรรมชาติ



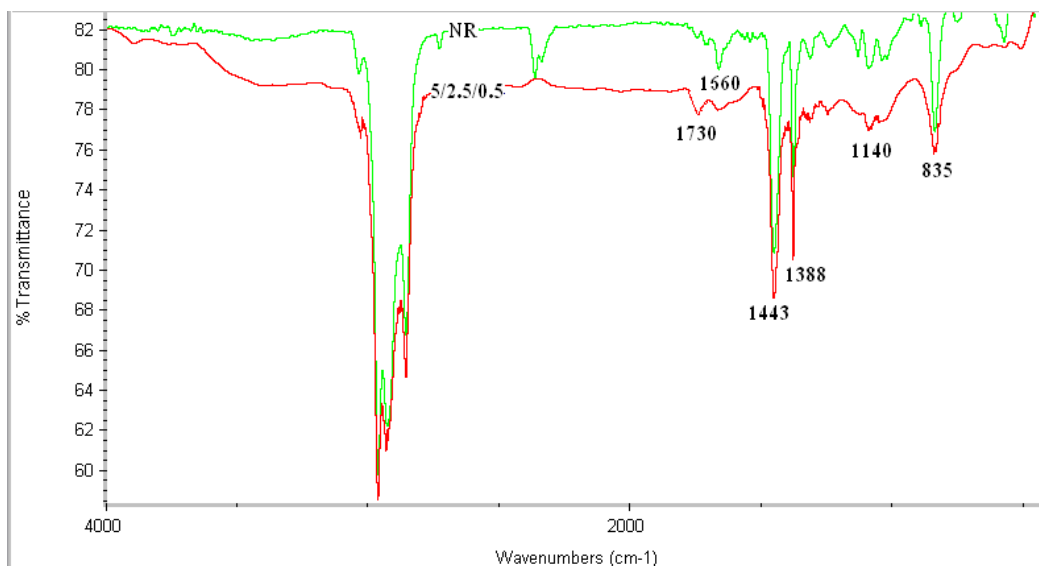
รูปที่ 9 สเปกตรัมอินฟราเรดของกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติที่กราฟต์ด้วย MMA/BMA/AA = 5/2.5/0.5, 10/5/1, 15/7.5/1.5 และ 20/10/2



รูปที่ 10 สเปกตรัมอินฟราเรดของกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติที่กราฟต์ด้วย MMA/EA/AA = 5/2.5/5 และ 10/5/1



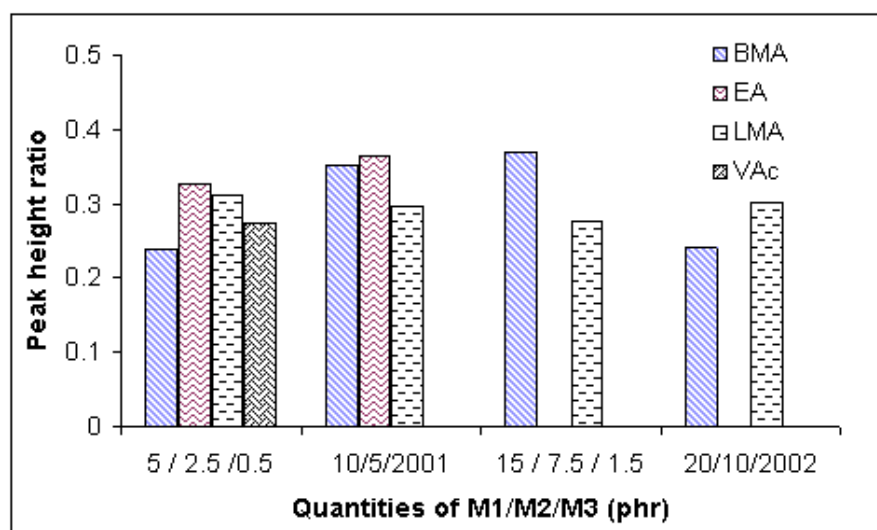
รูปที่ 11 สเปกตรัมอินฟราเรดของกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติที่กราฟต์ด้วย MMA/LMA/AA = 5/2.5/0.5, 10/5/1, 15/7.5/1.5 และ 20/10/2



รูปที่ 12 สเปกตรัมอินฟราเรดของกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติที่กราฟต์ด้วย

MMA/VAc/AA = 5/2.5/0.5

จากรูปที่ 9 – 12 วิเคราะห์หาอัตราส่วนความสูงของพีการดูดกลืนแสงอินฟราเรดของพีคที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1730 cm^{-1} เทียบกับที่เลขคลื่น 835 cm^{-1} ได้ดังรูปที่ 13 พบว่า เมื่อใช้เอทิลอะคริเลตเป็นมอนอเมอร์ที่สอง ทำให้อัตราส่วนความสูงของพีการดูดกลืนแสงอินฟราเรดของพีคที่ตำแหน่งเลขคลื่นตำแหน่งเลขคลื่น $1730/835\text{ cm}^{-1}$ มีค่าสูงกว่าการใช้มอนอเมอร์ตัวอื่นๆ แสดงว่า เกิดการกราฟต์ติดของเมทิลเมทาคริเลตกับเอทิลอะคริเลตบนโมเลกุลของยางในปริมาณที่สูงกว่าการใช้มอนอเมอร์ตัวอื่นๆ เมื่อพิจารณาการเพิ่มอัตราส่วนของมอนอเมอร์ พบว่า มีอัตราส่วนความสูงของพีการดูดกลืนแสงอินฟราเรดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะมอนอเมอร์ชนิดบิวทิลเมทาคริเลต



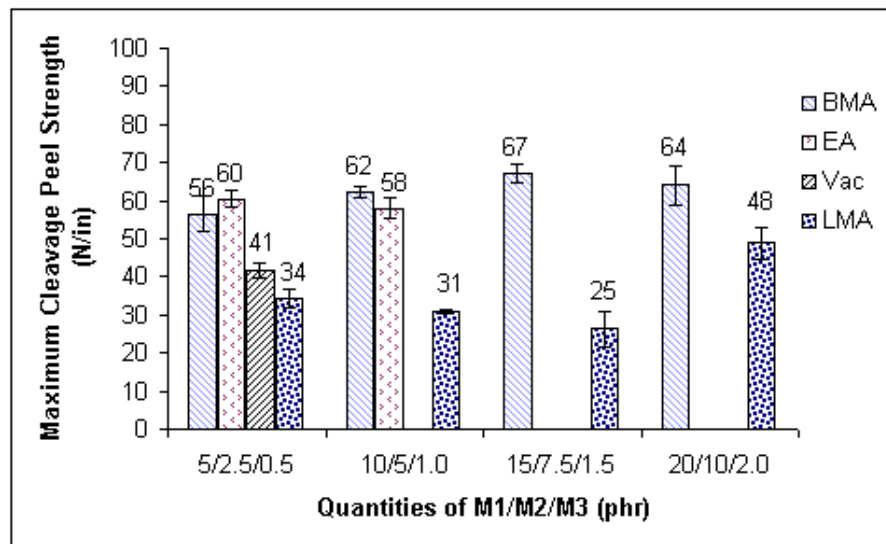
รูปที่ 13 อัตราส่วนความสูงของพีการดูดกลืนแสงอินฟราเรดของพีคที่ตำแหน่งเลขคลื่น $1730/835\text{ cm}^{-1}$ ของกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ

2.5.2 สมบัติการยึดติดของกาวนำยางจากกราฟไคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ

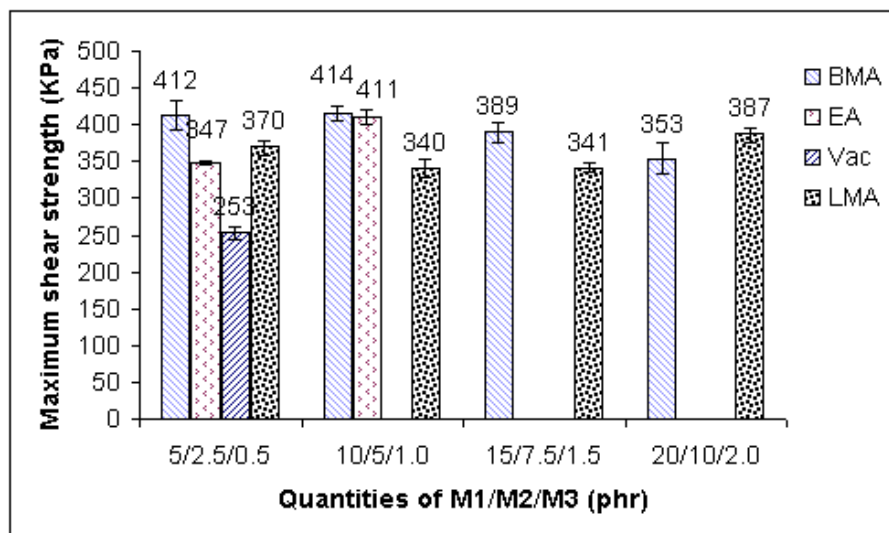
2.5.2.1 กาวนำยางจากกราฟไคพอลิเมอร์โดยไม่มีสารวัลคาไนซ์

2.5.2.1.1 อิทธิพลของชนิดและปริมาณของมอนอเมอร์

นำน้ำยางกราฟไคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้จากแปรชนิดและปริมาณของมอนอเมอร์มาทดสอบสมบัติการติดประสานแผ่นไม้อัดแบบปอกและแบบเนียน ได้ผลดังรูปที่ 14 และ 15



รูปที่ 14 ความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกสูงสุดของกราฟไคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ กับเมทิลเมทาคริเลท กรดอะคริลิก และอะคริลิกมอนอเมอร์ชนิดต่างๆ



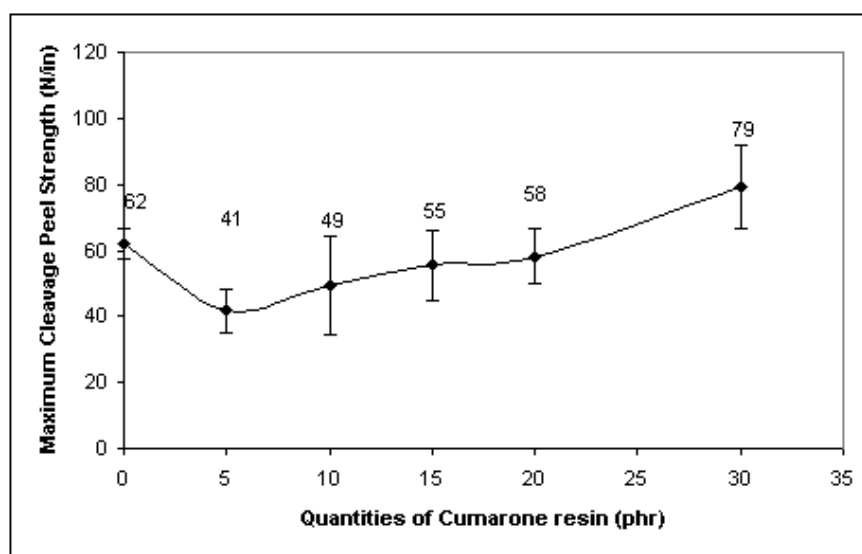
รูปที่ 15 ความแข็งแรงการติดประสานแบบเนียนสูงสุดของกราฟไคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ กับเมทิลเมทาคริเลท กรดอะคริลิก และอะคริลิกมอนอเมอร์ชนิดต่างๆ

จากรูปที่ 14 เมื่อพิจารณากรณีมอนอเมอร์ชนิดที่สองคือ บิวทิลเมทาคริเลท พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณมอนอเมอร์ชนิดนี้ร่วมกับการเพิ่มปริมาณเมทิลเมทาคริเลทและกรดอะคริลิก (โดยที่อัตราส่วนคงที่) ทำให้ความ

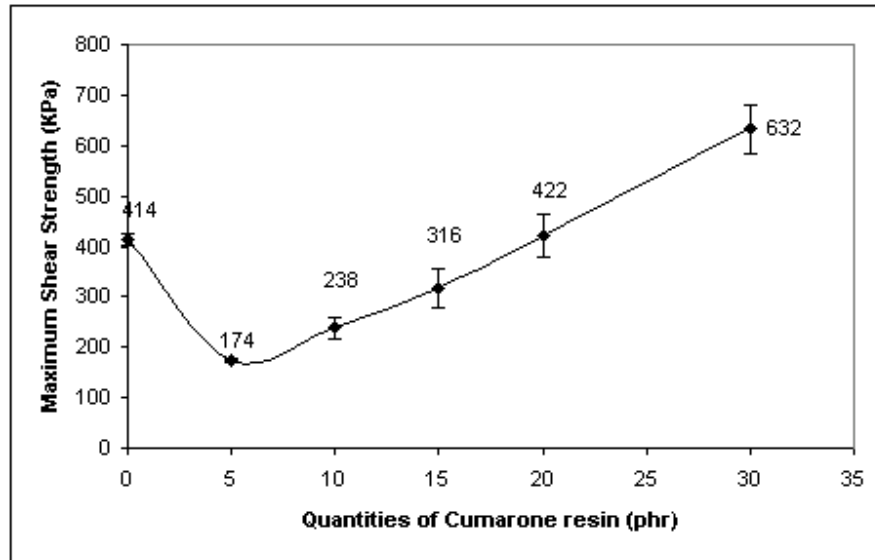
แข็งแรงต่อการติดประสานแบบปอกมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยการที่ความแข็งแรงของการติดประสานแบบปอกเพิ่มขึ้นแสดงว่ามอนอเมอร์ที่เพิ่มขึ้นสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของยางได้มากตามอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีหมู่ฟังก์ชันที่มีขั้วเพิ่มขึ้น สามารถยึดติดกับไม้ได้ดีขึ้น ส่วนการใช้เพิ่มปริมาณลอริลเมทาคริเลทร่วมกับเมทิลเมทาคริเลทและกรดอะคริลิก (โดยที่อัตราส่วนคงที่) พบว่า การติดประสานแบบปอกมีค่าลดลง จนกระทั่งมีอัตราส่วน MMA/LMA/AA = 20/10/2 phr จึงมีค่าเพิ่มสูงขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างมอนอเมอร์ทั้งสองทั้ง 4 ชนิด การใช้มอนอเมอร์รวมที่อัตราส่วน M1:M2:M3 = 5.0/2.5/0.5 phr พบว่า การใช้มอนอเมอร์ชนิดเอทิลอะคริเลทมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ บิวทิลเมทาคริเลท ไวนิลอะซิเตท และลอริลเมทาคริเลท ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาปริมาณการใช้มอนอเมอร์รวมทั้ง 3 ชนิด พบว่า การใช้มอนอเมอร์รวมที่อัตราส่วน M1:M2:M3 = 10/5/1 phr จะให้การยึดติดที่ดีกว่า จากรูปที่ 15 การใช้มอนอเมอร์รวมที่อัตราส่วน M1:M2:M3 = 5/2.5/0.5 phr พบว่า การใช้มอนอเมอร์ที่สองเป็นบิวทิลเมทาคริเลทจะให้ค่าการติดประสานแบบเนียนที่สูงที่สุด รองลงมา คือ เอทิลอะคริเลท ลอริลเมทาคริเลท และไวนิลอะซิเตท ตามลำดับ โดยที่การใช้อัตราส่วน M1:M2:M3 = 10/5/1 phr จะให้การติดประสานแบบเนียนที่สูงกว่าอัตราส่วนข้างต้นเช่นเดียวกับการติดประสานแบบปอก ดังนั้นในการทดลองในขั้นตอนต่อไปจึงเลือกใช้มอนอเมอร์ชนิดที่สองคือ บิวทิลเมทาคริเลท และเลือกใช้อัตราส่วนมอนอเมอร์รวมที่อัตราส่วน MMA/BMA/AA = 10/5/1 phr

2.5.2.1.2 อิทธิพลของสารเพิ่มการยึดติด

จากการศึกษาอิทธิพลของชนิดและปริมาณของมอนอเมอร์ต่อสมบัติการติดประสานแผ่นไม้อัดจะได้สูตรที่ดีที่สุดคือ อัตราส่วน MMA/BMA/AA = 10/5/1 phr จึงนำสูตรดังกล่าวมาใส่สารเพิ่มการยึดติด คือ อิมัลชันของคิวมาโรนอินดินเรซินที่มีความเข้มข้น 20% โดยแปรปริมาณสารเพิ่มการยึดติดดังนี้ คือ 5, 10, 15, 20 และ 30 phr แล้วเตรียมขึ้นทดสอบ นำไปทดสอบสมบัติความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกและแบบเนียน ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 16 และ 17

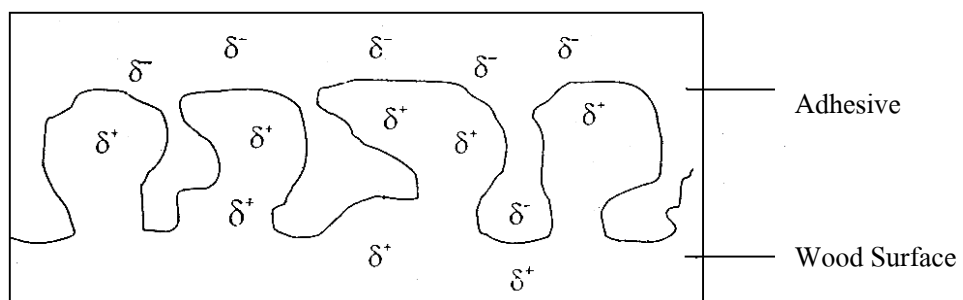


รูปที่ 16 ความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกสูงสุดของกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ โดยแปรปริมาณสารเพิ่มการยึดติด



รูปที่ 17 ความแข็งแรงการติดประสานแบบเนียนสูงสุดของกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ โดยแปรปริมาณสารเพิ่มการยึดติด

จากรูปที่ 16 และ 17 พบว่า การเพิ่มปริมาณสารเพิ่มการยึดติด คือ อิมัลชันของคิวมาโรนอินดินเรซินตั้งแต่ 0 ถึง 20 phr ทำให้การติดประสานแผ่นไม้อัดต่ำกว่าน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารเพิ่มการยึดติดชนิดดังกล่าวเกิดปฏิกิริยากับหมู่ฟังก์ชันของมอนอเมอร์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์ ส่งผลให้หมู่ฟังก์ชันดังกล่าวไม่สามารถเกิดปฏิกิริยากับโครงสร้างเคมีของแผ่นไม้อัดได้ แต่เมื่อใช้ปริมาณมากกว่า 20 phr พบว่า ทำให้ค่าความแข็งแรงของการติดประสานแบบปอกและแบบเนียนเพิ่มขึ้น เนื่องจากคิวมาโรนอินดินเรซินเป็นสารที่มีไฮโดรเจนและออกซิเจนเป็นองค์ประกอบจึงสามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรเจนกับโครงสร้างของเนื้อไม้ที่เป็นเซลลูโลสได้ (ดังแสดงในรูปที่ 18) และเมื่อมีปริมาณคิวมาโรนเรซินมากขึ้นจะสามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรเจนได้มากขึ้น ส่งผลให้ความแข็งแรงของการติดประสานเพิ่มขึ้นด้วย



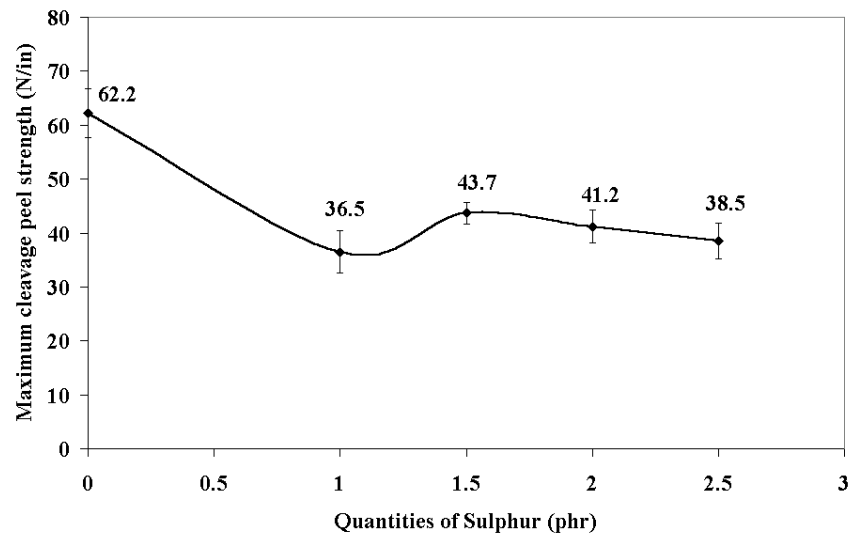
รูปที่ 18 การเกิดพันธะไฮโดรเจนของกาวกราฟต์โคพอลิเมอร์กับไม้ (สุเชษฐ์, 2548)

2.5.2.2 กาวน้ำยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติโดยใช้สารวัลคาไนซ์

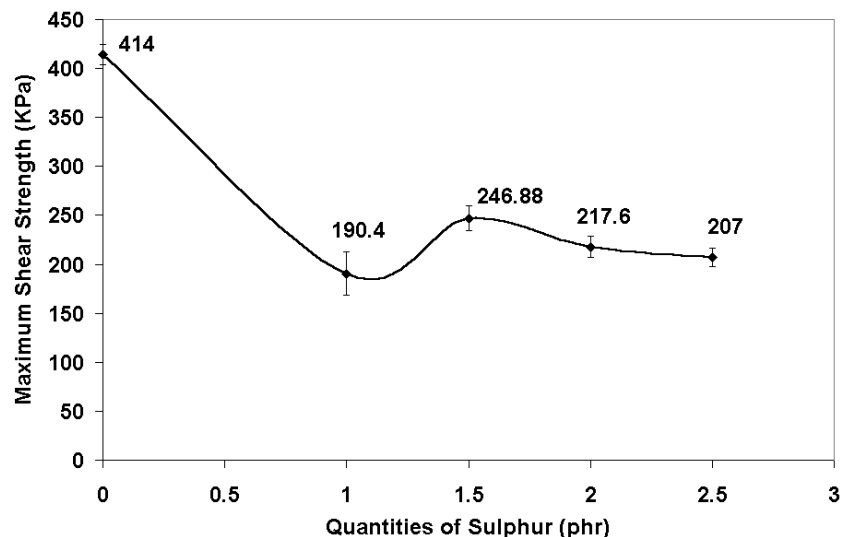
2.5.2.2.1 อิทธิพลของสารวัลคาไนซ์

จากการศึกษาอิทธิพลของชนิดและปริมาณของมอนอเมอร์ร่วมที่ใช้ในการเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ต่อสมบัติการติดประสานแผ่นไม้อัด พบว่า การใช้มอนอเมอร์ร่วม MMA/BMA/AA = 10/5/1 phr ให้ความแข็งแรง

แรงของการติดประสานดีที่สุด จึงนำสูตรดังกล่าวมาใส่สารวัลคาไนซ์ดังนี้คือ ZDEC dispersion, ZnO dispersion, WingStay-L dispersion และ Sulphur dispersion ตามลำดับ โดยแปรปริมาณกำมะถันดังนี้คือ 1, 1.5, 2 และ 2.5 phr เตรียมขึ้นทดสอบและนำไปทดสอบสมบัติความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกและแบบเฉือน ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 19 และ 20



รูปที่ 19 ความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกสูงสุดของกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ โดยแปรปริมาณกำมะถัน



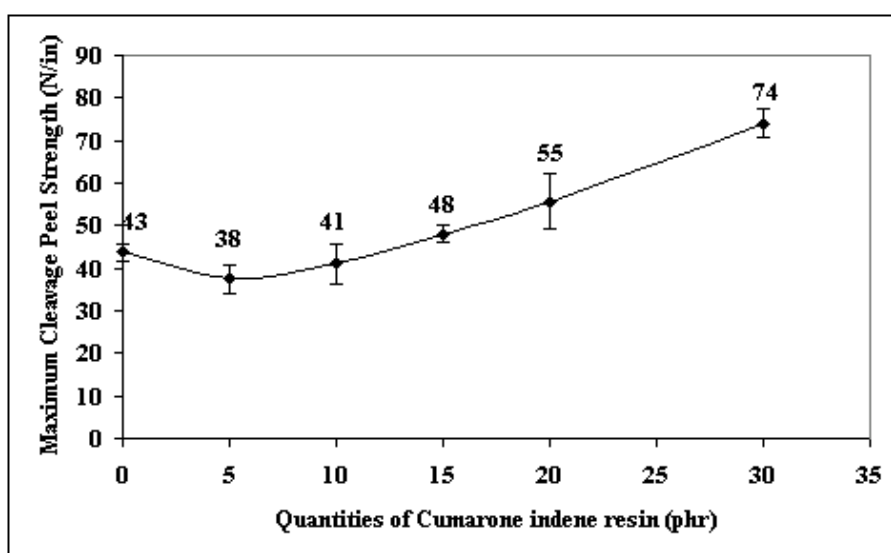
รูปที่ 20 ความแข็งแรงการติดประสานแบบเฉือนสูงสุดของกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ โดยแปรปริมาณกำมะถัน

จากรูปที่ 19 และ 20 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้และไม่ใช้กำมะถัน พบว่า การใช้กำมะถันในกาวน้ำยางจากน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ ทำให้ความแข็งแรงต่อการติดประสานทั้งแบบปอกและแบบเฉือนลดลง ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากกำมะถันไปรบกวนการเปื่อยกผิวหรือการแทรกของกาวน้ำยางในพื้นที่ผิวของไม้อัด แต่เมื่อ

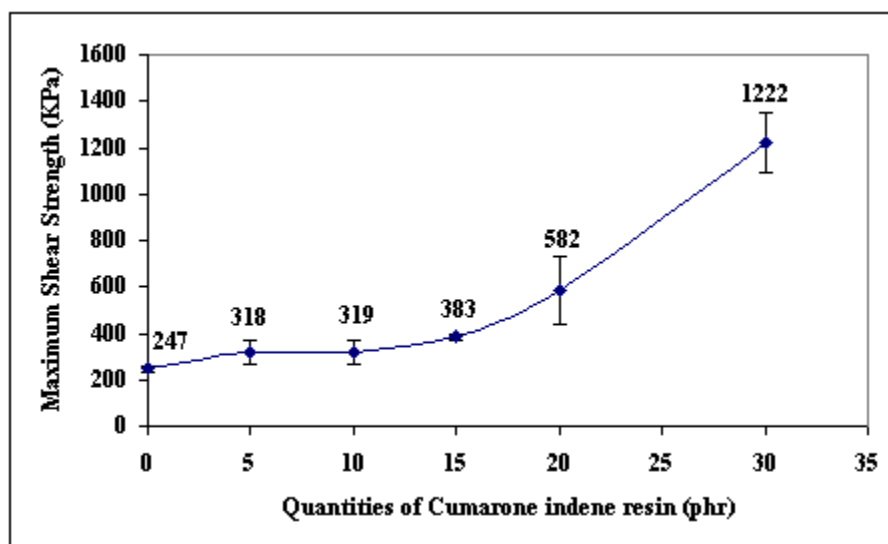
พิจารณาการเพิ่มปริมาณกำมะถันตั้งแต่ 1 ถึง 1.5 phr พบว่า ความแข็งแรงต่อการติดประสานทั้งแบบลอกและแบบฉีกเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากกำมะถันช่วยให้เกิดพันธะเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลยางธรรมชาติขึ้น แต่เมื่อเพิ่มปริมาณกำมะถันมากกว่า 1.5 phr ทำให้เกิดพันธะเชื่อมโยงมากเกินไปเป็นผลให้ค่าความแข็งแรงมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย โดยพันธะเชื่อมโยงที่เกิดขึ้นในกาวน้ำยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์เกิดขึ้นที่ตำแหน่งพันธะคู่ของยางธรรมชาติที่เหลือจากการทำปฏิกิริยากาแฟดโคพอลิเมอร์ไรเซชัน

2.5.2.2.2 อิทธิพลของสารเพิ่มการยึดติด

จากการศึกษาอิทธิพลของปริมาณกำมะถันต่อสมบัติการติดประสานของกาวน้ำยาง พบว่า การใช้กำมะถันปริมาณ 1.5 phr ทำให้ความแข็งแรงของการติดประสานดีที่สุด จึงนำสูตรดังกล่าวมาทำการแปรปริมาณสารเพิ่มการยึดติดชนิดคิวมาโรอินเดนเรซินดังนี้คือ 0, 5, 10, 15, 20 และ 30 phr แล้วเตรียมชิ้นทดสอบ จากนั้นนำไปทดสอบสมบัติความแข็งแรงการติดประสานแบบลอกและแบบฉีก ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 21 และ 22



รูปที่ 21 ความแข็งแรงการติดประสานแบบลอกสูงสุดของกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติโดยแปรปริมาณสารเพิ่มการยึดติด

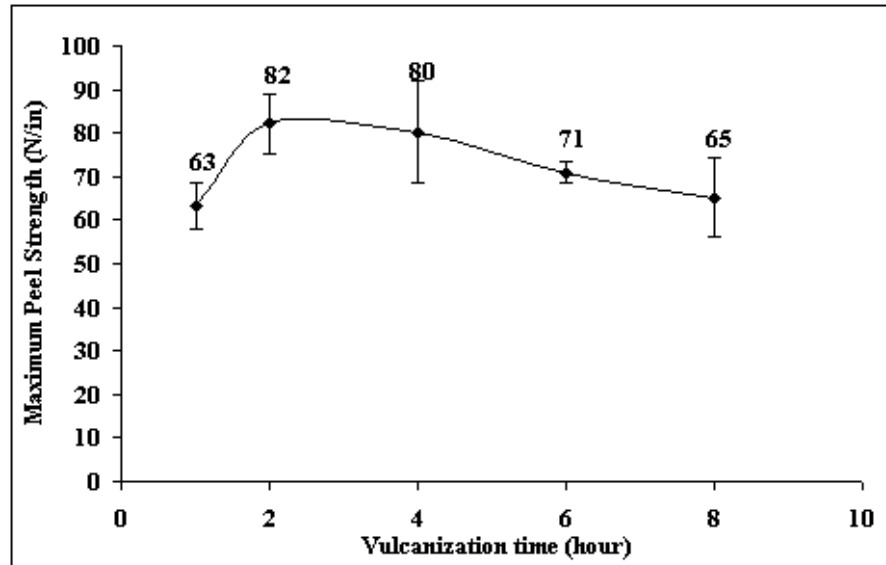


รูปที่ 22 ความแข็งแรงการติดประสานแบบเหนียวสูงสุดของกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ โดยแปรปริมาณสารเพิ่มการยึดติด

จากรูปที่ 21 และ 22 พบว่า การเพิ่มปริมาณสารเพิ่มการยึดติด คือ คิวมาโรนอินดีนเรซิน ทำให้ค่าความแข็งแรงของการติดประสานแบบปอกและแบบเหนียวเพิ่มขึ้น เนื่องจากคิวมาโรนเรซินเป็นสารที่มีไฮโดรเจนและออกซิเจนเป็นองค์ประกอบสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับเนื้อไม้ที่มีโครงสร้างเป็นเซลลูโลสได้ และเมื่อมีปริมาณคิวมาโรนเรซินมากขึ้นจะสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้มากขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้อาจเนื่องมาจากสารเพิ่มการยึดติดชนิดนี้มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำสามารถแทรกเข้าไปในโครงสร้างของเนื้อไม้ได้ดี ส่งผลให้ความแข็งแรงของการติดประสานเพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนี้จะเห็นว่า การใช้คิวมาโรนอินดีนเรซินมากกว่า 20 phr จะให้การติดประสานแบบปอกและแบบเหนียวเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นการเพิ่มการยึดติดระหว่างกาวน้ำยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติที่เตรียมได้สามารถทำได้โดยการใช้คิวมาโรนอินดีนเรซินมากกว่า 30 phr

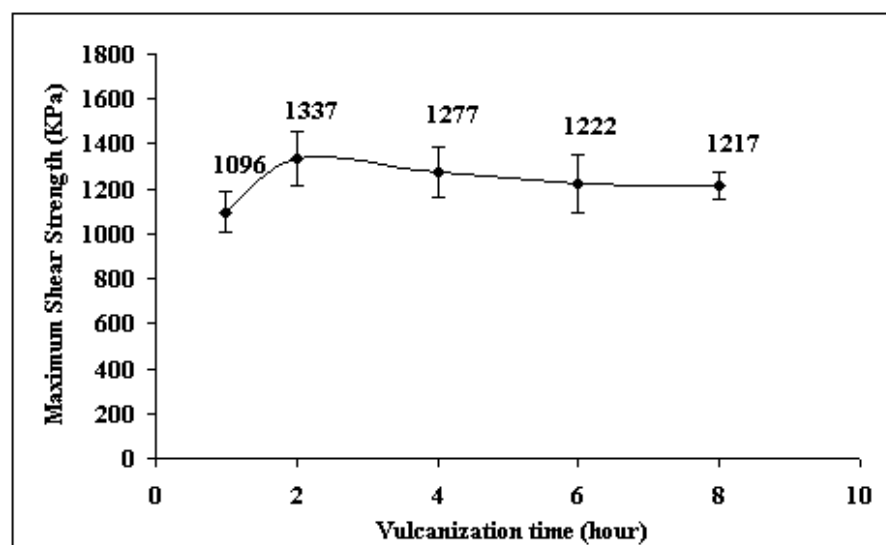
2.5.2.2.3 อิทธิพลของเวลาในการวัลคาไนซ์

จากการศึกษาอิทธิพลของสารเพิ่มการยึดติดชนิดคิวมาโรนอินดีนเรซิน พบว่า การใช้สารเพิ่มการยึดติดชนิดนี้ปริมาณ 30 phr ทำให้มีค่าความแข็งแรงของการติดประสานดีที่สุด จึงนำสูตรดังกล่าวมาแปรเวลาในการวัลคาไนซ์ ดังนี้คือ 1, 2, 4, 6 และ 8 ชั่วโมง แล้วเตรียมชิ้นทดสอบ จากนั้นนำไปทดสอบสมบัติความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกและแบบเหนียวได้ผลการทดลองดังรูปที่ 23 และ 24



รูปที่ 23 ความแข็งแรงการติดประสานแบบลอกสูงสุดของกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ โดยแปรเวลาวัลคาไนซ์

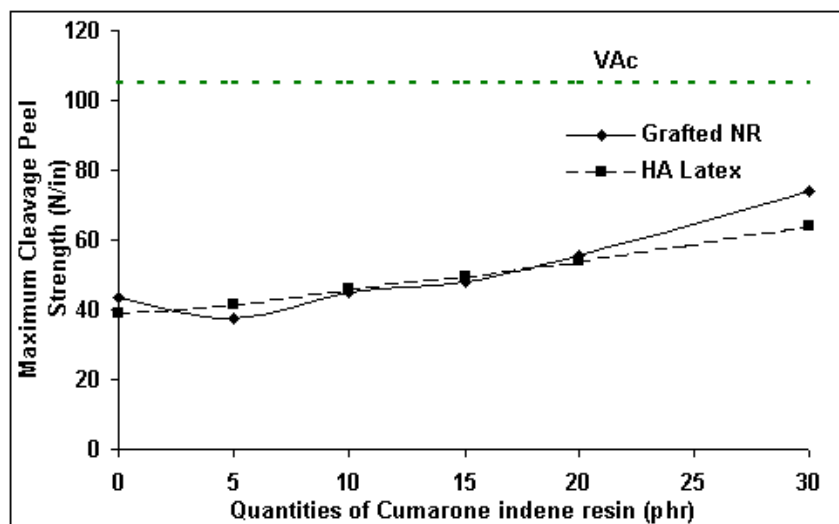
จากรูปที่ 23 และ 24 พบว่า ความแข็งแรงของการติดประสานกับแผ่นไม้อัดมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อใช้เวลาในการวัลคาไนซ์เพิ่มขึ้นจาก 1 เป็น 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นความแข็งแรงการติดประสานจะมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย เนื่องจากการเพิ่มเวลาวัลคาไนซ์ในช่วงแรกทำให้เกิดปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ได้สูงขึ้นและเกิดปฏิกิริยาระหว่างหมู่ฟังก์ชันในโครงสร้างกราฟต์โคพอลิเมอร์กับเซลลูโลสในไม้ ทำให้ปริมาณพันธะการเชื่อมโยงเพิ่มมากขึ้นทำให้มีการติดประสานที่แข็งแรง แต่เมื่อใช้เวลาวัลคาไนซ์มากกว่า 2 ชั่วโมง ความแข็งแรงการติดประสานมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย เนื่องจากกาวได้รับความร้อนเป็นระยะเวลานานขึ้น ทำให้พันธะเชื่อมโยงแตกออกหรือสายโซ่โมเลกุลเกิดการแตกออกจากกัน ทำให้ความแข็งแรงของการติดประสานลดลง



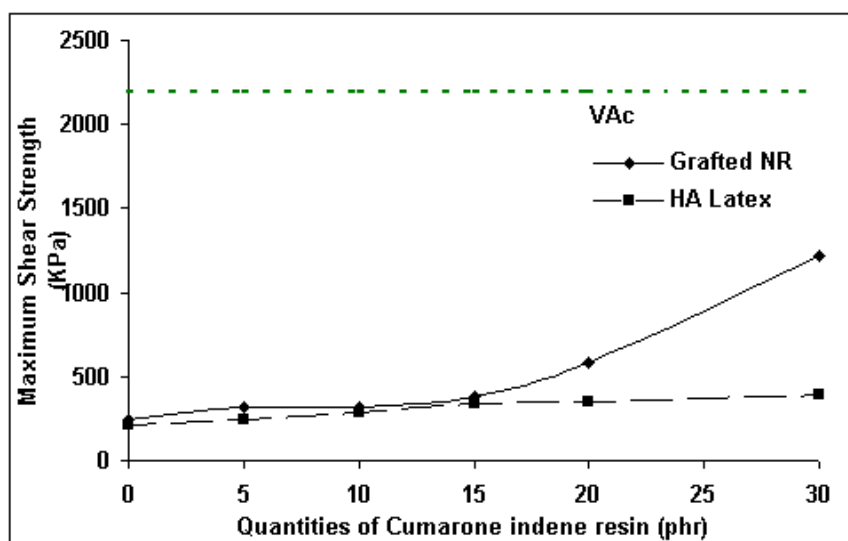
รูปที่ 24 ความแข็งแรงการติดประสานแบบฉีกสูงสุดของกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ โดยแปรเวลาวัลคาไนซ์

2.5.2.3 เปรียบเทียบสมบัติการติดประสานของกาวน้ำยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ กาวน้ำยางธรรมชาติ และกาวลาเท็กซ์ชนิดพอลิไวนิลอะซิเตท

นำกาวลาเท็กซ์ชนิดพอลิไวนิลอะซิเตทมาติดประสานกับแผ่นไม้ ดังวิธีการเตรียมชิ้นทดสอบและทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกและแบบเฉือน แล้วนำค่าความแข็งแรงของการติดประสานมาเปรียบเทียบกับกาวน้ำยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์และน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียสูง ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 25 และ 26



รูปที่ 25 ความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกสูงสุดของกาวน้ำยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์และน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียสูงที่มีปริมาณคิวมาโรนเรซิน 0, 5, 10, 15, 20 และ 30 phr เปรียบเทียบกับกาวลาเท็กซ์ชนิดพอลิไวนิลอะซิเตท



รูปที่ 26 ความแข็งแรงการติดประสานแบบเฉือนสูงสุดของกาวน้ำยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์และน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียสูง ที่มีปริมาณคิวมาโรนเรซิน 0, 5, 10, 15, 20 และ 30 phr เปรียบเทียบกับกาวลาเท็กซ์ชนิดพอลิไวนิลอะซิเตท

จากรูปที่ 25 และ 26 พบว่า พบว่า การเพิ่มปริมาณคิวมาโรอินดินเรซินในกาวน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ ทำให้ความแข็งแรงของการติดประสานแบบปอกและแบบเนียนเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจน โดยเฉพาะเมื่อใช้คิวมาโรอินดินเรซินมากกว่า 20 phr แต่ค่าความแข็งแรงของการติดประสานแบบปอกและแบบเนียนของน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ยังมีค่าต่ำกว่ากาวพอลิไวนิลอะซิเตททางการค้าเมื่อใช้สารเพิ่มการยึดติดชนิดนี้ปริมาณตั้งแต่ 0 ถึง 30 phr เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้กาวน้ำยางทั้ง 2 ชนิด กับกาวพอลิไวนิลอะซิเตทที่ผลิตเชิงการค้า พบว่า การใช้กาวน้ำยางที่เตรียมจากน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์และน้ำยางข้นผสมคิวมาโรอินดินเรซินปริมาณ 30 phr มีค่าต่ำกว่ากาวพอลิไวนิลอะซิเตทที่ผลิตเชิงการค้ายี่ห้อ TOA อยู่ประมาณ 44 และ 82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งจากอิทธิพลของปริมาณคิวมาโรอินดินเรซินพบว่า การเพิ่มปริมาณสารเพิ่มการยึดติดชนิดดังกล่าวทำให้การติดประสานมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นดังนั้นการเพิ่มการติดประสานสามารถทำได้โดยการเพิ่มปริมาณสารเพิ่มการยึดติดให้มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น

2.6 สรุปผล

2.6.1 อิทธิพลของปริมาณและชนิดของมอนอเมอร์ต่อการเกิดปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์

การเพิ่มปริมาณมอนอเมอร์ชนิดบิวทิลเมทาคริเลทมีแนวโน้มทำให้ค่า % Conversion แต่เพิ่มปริมาณมอนอเมอร์อีก 3 ชนิด คือ เอทิลอะคริเลท ลอริลเมทาคริเลท และ ไวนิลอะซิเตท พบว่า ค่า % Conversion มีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบระหว่างมอนอเมอร์ที่สองชนิดต่างๆ พบว่า การใช้บิวทิลเมทาคริเลทและลอริลเมทาคริเลทสามารถทำปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์กับยางธรรมชาติได้ดีโดยน้ำยางไม่เสียสภาพ เมื่อพิจารณาปริมาณ Free rubber และ Free polymer พบว่า การเพิ่มปริมาณมอนอเมอร์มีแนวโน้มทำให้ปริมาณ Free rubber ลดลงเล็กน้อย ในขณะที่ปริมาณ Free polymer มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วน % Grafting efficiency พบว่า เมื่อปริมาณเอทิลอะคริเลทเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าดังกล่าวสูงขึ้น ในขณะที่การเพิ่มปริมาณมอนอเมอร์ชนิดอื่นๆ คือ บิวทิลเมทาคริเลท ลอริลเมทาคริเลท และ ไวนิลอะซิเตท มี % Grafting efficiency ที่ใกล้เคียงกัน

2.6.2 อิทธิพลของปริมาณและชนิดของมอนอเมอร์ต่อความแข็งแรงของการติดประสาน

2.6.2.1 การใช้บิวทิลเมทาคริเลททำให้ความแข็งแรงของการติดประสานดีที่สุดเมื่อเทียบกับมอนอเมอร์ที่สองชนิดอื่นๆ และเมื่อใช้อัตราส่วนของมอนอเมอร์ MMA/BMA/AA เท่ากับ 10/5/1 phr จะให้การติดประสานที่ดีกว่าอัตราส่วนอื่นๆ ส่วนการใช้เอทิลอะคริเลททำให้ความแข็งแรงของการติดประสานมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณอัตราส่วน MMA/EA/AA ในขณะที่การใช้ไวนิลอะซิเตททำให้ความแข็งแรงของการติดประสานมีค่าต่ำสุดเมื่อเทียบกับมอนอเมอร์ที่สองชนิดอื่นๆ การใช้ลอริลเมทาคริเลททำให้ความแข็งแรงของการติดประสานมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณอัตราส่วนของมอนอเมอร์ และเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณอัตราส่วนของมอนอเมอร์ MMA/LMA/AA เท่ากับ 20/10/2 phr

2.6.3 อิทธิพลของสารเพิ่มการยึดติดและการวัลคาไนซ์ต่อสมบัติความแข็งแรงของการติดประสาน

2.6.3.1 การเพิ่มปริมาณสารเพิ่มการยึดติดชนิดคิวมาโรอินดินเรซิน ทำให้ความแข็งแรงของการติดประสานเพิ่มขึ้น

2.6.3.2 ความแข็งแรงของการติดประสานมีค่าสูงสุดเมื่อใช้กัมมะถันปริมาณ 1.5 phr ร่วมกับซิงค์ออกไซด์ สารตัวเร่ง ZDEC ปริมาณ 5 และ 1 phr ตามลำดับ แต่มีค่าต่ำกว่ากรณีที่ไม่ใช้กัมมะถัน และเมื่อเพิ่มปริมาณกัมมะถัน ทำให้ความแข็งแรงของการติดประสานลดลง นอกจากนี้ พบว่า ความแข็งแรงของการติดประสานมีค่าสูงสุดเมื่อใช้เวลาในการวัลคาไนซ์ 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 80 °C การใช้เวลาการวัลคาไนซ์ขึ้นทำให้การติดประสานลดลง

2.6.3.3 กาวจากน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้มีความแข็งแรงของการติดประสานต่ำกว่ากาวลาเทกซ์ชนิดพอลิไวนิลอะซิเตท

2.7 ข้อเสนอแนะ

วิเคราะห์โครงสร้างของน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้ด้วย $^1\text{H-NMR}$ ศึกษาอิทธิพลปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อการศึกษาของกาวน้ำยาง เช่น ระบบการวัลคาไนซ์ที่เหมาะสม ชนิดและปริมาณสารเพิ่มการยึดติด ความเสถียรของกาว เป็นต้น นอกจากนี้ควรศึกษาเพิ่มเติมในประเด็นการเตรียมสารเพิ่มการยึดติดในรูปอัดขึ้นที่มีความเสถียรและกระจายตัวได้ง่ายในน้ำยาง

2.8 เอกสารอ้างอิง

- คำนึ่ง เกษรินทร์. 2542. การเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ของน้ำยางโปรตีนต่ำด้วยเมทิลเมทาคริเลท. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. ปัตตานี.
- ทัศนียา หวังหมัด. 2547. การเตรียมยางเบลนดระหว่างกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับพอลิเมทิลเมทาคริเลทและยางธรรมชาติอีพอกไซด์. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. ปัตตานี.
- ธุมวดี แก้วบุตร. 2549. กาวยางธรรมชาติอีพอกไซด์สำหรับติดประสานงานไม้. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. ปัตตานี.
- นิกร ยัมวัลย์. 2543. การเตรียมฟองน้ำจากการผสมน้ำยางธรรมชาติกับโคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับเมทิลเมทาคริเลท. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. ปัตตานี.
- ปรีชา ถินพรรณ. 2543. การเตรียมถุงมือไร้แป้งโดยการเคลือบด้วยกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติโปรตีนต่ำและเมทิลเมทาคริเลท. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. ปัตตานี.
- มัสวานี นราธิชาติ. 2545. การเตรียมถุงมือไร้แป้งและโปรตีนต่ำโดยเทคนิคการเคลือบ. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. ปัตตานี.

- วรวรรณ เพชรอุไร. 2547. การเตรียมเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์จากกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับพอลิเมทิลเมทาคริเลทเบลนด์กับพอลิเมทิลเมทาคริเลทโดยการวัลคาไนเซชันแบบไดนามิกซ์. วิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีพอลิเมอร์. ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. ปัตตานี.
- สุรัชย์ สันติวงศ์สถิตย์. 2543. การเตรียมและอายุการเก็บกาวน้ำยาง. วิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. ปัตตานี.
- สุเชษฐ์ พรหมเดช. 2548. การเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ของน้ำยางธรรมชาติโมเลกุลต่ำกับเมทิลเมทาคริเลท. วิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. ปัตตานี.
- อนุรักษ์ ไชยพลฤทธิ์. 2547. เทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับพอลิเมทิลเมทาคริเลทเบลนด์กับพอลิเมทิลเมทาคริเลท. วิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. ปัตตานี.
- Annual Book of ASTM. 2006. D2339-98. Standard Test Method for Strength Properties of Adhesive in Two-Ply Wood Construction in Shear by Tension Loading, Section15, Volume 15.06
- Annual Book of ASTM. 2006. D3807-98. Standard Test Method for Strength Properties of Adhesives in Cleavage Peel by Tension Loading (Engineering Plastics-to-Engineering Plastics), Section15, Volume 15.06
- Arayapranee W., Prasassarakich P., Rempel G. L., 2002, Synthesis of graft copolymers from natural rubber using cumene hydroperoxide redox initiator, J., Appl. Polym. Sci. 83, p 2993-3001
- Arayapranee W., Prasassarakich P., Rempel G. L., 2003, Process Variables and Their Effects on Grafting Reactions of Styrene and Methyl Methacrylate onto Natural Rubber, J., Appl. Polym. Sci. 89, 63-74.
- Fujita, M., Kajiyama, M., Takemura, A., Ono, H., Mizumachi, H., Hayashi, S., 1997, Miscibility between natural rubber and tackifiers. I. Phase diagrams of the blends of natural rubber with rosin and terpene resins, J. Appl. Polym. Sci., 64, 2191-2197.
- Fujita, M., Kajiyama, M., Takemura, A., Ono, H., Mizumachi, H., Hayashi, S., 1998, Miscibility between natural rubber and tackifiers. II. Phase diagrams of the blends of natural rubber and petroleum resins, J. Appl. Polym. Sci., 67, 221-229.
- Leon, Y.C., Lee, L.M.S. and Gan, S.N., 2003, The viscoelastic properties of natural rubber pressure sensitive adhesive using acrylic resin as a tackifier, J. Appl. Polym. Sci., 88, 2118-2123.
- Lopez, B.L., Murillo, E. and Hess, M., 2004, Synthesis and characterization of a pressure-sensitive adhesive based on and isobutyl acrylate/2-ethylhexyl acrylate copolymer, e-Polymers, no. 028.

- Mori, A., Tashiro, K., Makita, K., Takatani, M. and Okamoto, T., 2005, Development of room temperature curing aqueous emulsion-type acrylic adhesive I: effect of monomer composition on the initial adhesive strength, *J. Wood Sci.*, 51, 33-37.
- Park, W.H., Kim, S.W., Shim, S.C., Jeon, I.R. and Seo, K.H., 2003, Properties of pressure sensitive adhesive made of acrylic quaternary copolymers and their blends with vinyl chloride copolymers, *Mat. Res. Innovat.*, 7, 172-177.
- Srisuwan, T. (2003) Preparation of Compounded Rubber from Natural Rubber Grafted with Vinyl Acetate, M.Sc. Thesis, Chulalongkorn University.

ภาคผนวก

รายละเอียดการปรับปรุง / แก้ไขรายงานวิจัย

เรื่อง การเตรียมกาวยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยอะคริลิกมอนอเมอร์สำหรับยึดติดไม้

หัวหน้าโครงการวิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์อัสชัน แกสมาน

ประเด็นข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ	การปรับปรุง / แก้ไข
ข้อคิดเห็น	
1). ความสำคัญ/ประโยชน์ของโครงการนี้น่าจะอยู่ที่ส่วนของรายงาน 2.5.2.3 เป็นหลัก ซึ่งมีผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่าง grafted NR ที่คัดเลือกจากการทดลองกับ VAc ทางการค้า ได้ผลที่ต่ำกว่าทางการค้ามาก ทั้งนี้ก็วิจัยได้รายงานในหน้า 26 ใน 2 บรรทัดสุดท้ายว่า สามารถเพิ่มสมบัติการติดประสานให้สูงขึ้นโดยเพิ่มปริมาณสารเพิ่มการยึดติดถึง 50 phr นั้น ควรมีการแสดงผลการทดลองประกอบด้วย และควรระบุความชัดเจนว่า สมบัติดังกล่าวนี้ต่ำกว่ากาวทางค้า (ตัวที่นิยม) มากน้อย (เป็น % เท่าไหร่) อย่างไร	- คำอธิบายรูปที่ 25-26 (ในหน้าที่ 26) ที่ได้กล่าวว่า “แต่แนวโน้มของสมบัติการติดประสานทั้ง 2 แบบ สามารถเพิ่มให้สูงขึ้นโดยการเพิ่มปริมาณสารเพิ่มการยึดติดมากถึง 50 phr” ทางผู้วิจัยขอแก้ไข โดยการตัดข้อความดังกล่าวออก เนื่องจากเบื้องต้นคาดว่า จากแนวโน้มอิทธิพลของปริมาณคิวมาโรนอินดินเรซินทำให้การติดประสานทั้ง 2 แบบ เพิ่มขึ้น (แต่ไม่ได้ทำการทดลองถึงปริมาณ 50 phr แต่จะรับข้อเสนอแนะไปใช้ศึกษาอิทธิพลของปริมาณสารเพิ่มการยึดติดโดยเพิ่มปริมาณที่ใช้ศึกษาให้สูงมากขึ้น - เพิ่มเติมคำอธิบาย (บรรทัดที่ 5-10 หน้า 26) “เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้กาวน้ำยางทั้ง 2 ชนิด กับ กาวพอลิไวนิลอะซิเตทที่ผลิตเชิงการค้า พบว่า การใช้กาวน้ำยางที่เตรียมจากน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์และน้ำยางข้นผสมคิวมาโรนอินดินเรซินปริมาณ 30 phr มีค่าต่ำกว่ากาวพอลิไวนิลอะซิเตทที่ผลิตเชิงการค้าที่ยี่ห้อ TOA อยู่ประมาณ 44 และ 82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งจากอิทธิพลของปริมาณคิวมาโรนอินดินเรซินพบว่า การเพิ่มปริมาณสารเพิ่มการยึดติดชนิดดังกล่าวทำให้การติดประสานมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นดังนั้นการเพิ่มการติดประสานสามารถทำได้โดยการเพิ่มปริมาณสารเพิ่มการยึดติดให้มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น”
2). สิ่งที่น่าจะแสดงกรณีการเปรียบเทียบข้างต้นน่าจะมีกาวน้ำยาง NR ที่ไม่ได้ modify เพื่อให้เห็นภาพชัดว่า เมื่อ modify แล้วสมบัติดังกล่าวนี้ดีขึ้นอย่างไร	ได้นำเสนอในรายงานการวิจัยในหน้า 26 –27

ข้อเสนอแนะ	
โครงการนี้น่าจะมีการวิจัยต่อให้สามารถสรุปผลที่เป็นรูปธรรมในการต่อยอดได้	• ได้ดำเนินการต่อในโครงการ SPR2550 เพื่อให้ได้ข้อสรุปในการประยุกต์ใช้ในการผลิตและข้อมูลสมบัติการใช้งานในการติดประสานแผ่นไม้อัด • จะนำไปพิจารณาเสนอโครงการวิจัยที่สามารถต่อยอดเพื่อผลิตในเชิงอุตสาหกรรมได้