

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

(การเตรียมกาวจากน้ำยางธรรมชาติเพื่อใช้สำหรับงานไม้ยางพารา)

(Preparation of Rubberwood Adhesives from Natural Rubber Latex)

คณะนักวิจัย

ดร. สุนิสา สุชาติ

ดร. วิศนีย์ ยิงประเสริฐ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ประจำปีงบประมาณ 2551 รหัสโครงการ S&T5111990048S

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสงขลา ธานี และมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ทุกวิทยาเขตที่สนับสนุนสถานที่และอุปกรณ์เครื่องมือในการวิจัย สุดท้ายนี้ขอขอบคุณผู้ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำดีๆ จากทุกภาคส่วน มา ณ โอกาสนี้ด้วย

ดร. สุนิสา สุชาติ

ดร. วิศนีย์ ยิ่งประเสริฐ

พฤษภาคม 2559

การเตรียมกาวจากน้ำยางธรรมชาติเพื่อใช้ในงานไม้ยางพารา

บทคัดย่อ

โดยทั่วไปจะใช้กาวเพื่อทำการทำการยึดติดผิวของวัสดุของสองอย่างเข้าด้วยกัน ซึ่งกาวต้องมีความปลอดภัยและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเป็นสิ่งที่รัฐบาลและทางการค้าในเชิงพาณิชย์ให้ความสำคัญและความสะดวกในกาวที่มีไม่มีสารเคมีที่เป็นอันตรายหรือเป็นพิษระเหย ปัจจุบันในอุตสาหกรรมไม้นิยมใช้กาว เช่น ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (UF) และฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ (PF) ปลดปล่อยสารฟอร์มัลดีไฮด์ที่เป็นไอจะส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์และมีกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ ซึ่งสามารถผลิตกาวจากน้ำยางธรรมชาติ (NRL) และน้ำยางธรรมชาติที่ปรับปรุงโครงสร้าง (MNRL) เพื่อผลิตเป็นกาวใช้ในอุตสาหกรรมไม้ ในงานวิจัยนี้ได้ทำการแปรชนิดและปริมาณของสารเพิ่มความเหนียวและสารเพิ่มความหนืด ซึ่งกาวน้ำยางธรรมชาติที่ปรับปรุงโครงสร้างที่ถูกนำมาใช้คือยางธรรมชาติอีพอกไซด์ (ENR) ยางธรรมชาติเหลว (LNR) และยางธรรมชาติผสมระหว่างพอลิเมทิลเมทาคริเลท (NR/PMMA) วิเคราะห์คุณลักษณะโดยใช้เครื่อง FT-IR, NMR และ GPC สัดส่วนของสารเพิ่มความเหนียวจาก 0-70 ส่วนต่ออย่าง 100 ส่วน พบว่า MNRL สามารถผสมกันได้ดีสม่ำเสมอ กาวน้ำยางทั้งหมดจะผ่านมาตรฐานกาวยางของประเทศไทยได้ เช่น ค่าปริมาณเนื้อกาว (TSC) ค่า pH ความหนืด ความต้านทานแรงเฉือนและการปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์ กาวจะมีความเหนียวและความต้านทานแรงเฉือนสูงขึ้นเมื่อเพิ่มสัดส่วนของสารเพิ่มความเหนียวสูงถึง 45% เมื่อเปรียบเทียบกับกาวน้ำยางธรรมชาติกับกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ในเชิงพาณิชย์พบว่ากาวน้ำยางธรรมชาติมีการปลดปล่อยมลพิษของไอระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ที่ต่ำ ความต้านทานแรงเฉือนต่ำกว่า แต่ค่าปริมาณเนื้อกาวสูงและมีความหนืดสูง การใช้งานในอุตสาหกรรมไม้ที่มีความต้องการสมบัติปานกลาง ดังนั้นการผลิตกาวน้ำยางธรรมชาติเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ในอนาคตที่มีสมบัติในการเหนียวติด หาง่าย ราคาถูก ลดการปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์ ปลอดภัยต่อสุขภาพและปลอดภัยกลิ่นหรือมีกลิ่นน้อยซึ่งเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

Preparation of Natural Rubber Adhesive for Rubberwood Applications

Abstract

The generally accepted definition of an adhesive is any material used for holding any two surfaces together. In cooperation commercial entities and the government have expressed interest in safe and environmentally friendly adhesives, containing no volatile harmful or toxic chemicals. In the wood industries, currently common adhesives such as urea formaldehyde (UF), phenol formaldehyde (PF) release formaldehyde vapors that are a human health concern, with unpleasant odor. We examined the potential of natural rubber latex (NRL) and modified natural rubber latexes (MNRL) for use as rubberwood adhesives. These research according to standard and enable to implement the adhesive quality. To various of the types and amounts of tackifying agents and thickening agents. It has to implement the natural rubber latex structure to have the polar property, with three latex types were used, namely epoxidized natural rubber (ENR), liquid natural rubber (LNR), and NR/PMMA blend. The MNRL was characterized by FT-IR, NMR, and GPC. The proportion of thickening agents to the dry weight of latex was varied in the range 0 to 70 phr. It was found that the MNRL uniformly mixed in the latex form. All MNRL adhesives would have passed the Thai standard for rubber-based adhesives, based on their: total solids content (TSC), pH, viscosity, shear strength, and emissions of formaldehyde. Up to 45% fraction of tackifying agent, tack and shear strength increased with its content. Compared to a commercial UF adhesive, the MNRL had lower emissions of formaldehyde vapors, lower shear strength, but higher TSC, and higher viscosity. In summary, for select wood applications with moderate bond shear demands, these new rubber based adhesives could provide a health conscious and non-toxic alternative, with the further advantage of low odor.

บทสรุปผู้บริหาร

ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกยางธรรมชาติมากที่สุดในโลก โดยอย่างเป็นทางการเป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่สำคัญของประเทศไทย ปัจจุบันมีพื้นที่การปลูกยาง 18.46 ล้านไร่ กระจายอยู่ทั่วประเทศส่งผลให้การผลิตรายธรรมชาติของไทยในปี พ.ศ. 2556 ผลิตยาง 4.17 ล้านตัน และได้มีปริมาณการส่งออก 3.66 ล้านตัน มีมูลค่าการส่งออก 477,931 ล้านบาท โดยส่วนใหญ่ส่งออกในรูปของยางดิบ แต่มีการใช้ยางดิบภายในประเทศเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพียงร้อยละ 14 ทำรายได้ให้ประเทศจากการส่งออกมีมูลค่าสูงกว่ายางดิบถึง 5-10 เท่า ดังนั้นควรมุ่งสร้างงานวิจัยทางองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่เป็นนวัตกรรมทางด้านการผลิตผลิตภัณฑ์ยางมากขึ้น เพิ่มสัดส่วนของการสร้างมูลค่าเพิ่มจากยางธรรมชาติ นำมาดัดแปลงสมบัติเพื่อใช้ประโยชน์จากยางธรรมชาติให้มากที่สุดเพื่อเป็นการเพิ่มปริมาณการใช้ยาง เพิ่มมูลค่ายางจะสามารถเพิ่มราคาอย่างยั่งยืน

ปัจจุบันมีการนำไม้ยางพารามาผลิตผลิตภัณฑ์แผ่นไม้ประเภทต่างๆ เช่น ไม้อัด แผ่นชั้นไม้อัด และแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง เพื่อเป็นการทดแทนความต้องการใช้ไม้ยางพาราแปรรูปขนาดใหญ่ รวมทั้งเครื่องเรือนที่ผลิตจากผลิตภัณฑ์แผ่นไม้ประกอบ ซึ่งการผลิตผลิตภัณฑ์ไม้ต่างๆ มีความจำเป็นต้องใช้กาวเพื่อยึดติดไม้ กาวสังเคราะห์ที่นิยมใช้มากที่สุดคือกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เพราะใช้งานได้ง่ายและราคาถูก แต่มีข้อเสียคือมีสารฟอร์มัลดีไฮด์เป็นอันตรายต่อเนื้อเยื่อ ทำให้เกิดการระคายเคืองต่ออวัยวะ ระบบทางเดินหายใจ จึงมีการศึกษาค้นคว้ากาวที่ได้จากวัสดุยางธรรมชาติ มาทดแทนกาวสังเคราะห์ให้มากขึ้น โดยนำน้ำยางธรรมชาติมาผลิตกาวเพราะยางธรรมชาติมีสมบัติในการเหนียวติดดี หาง่าย ราคาถูก ทนน้ำ ทนไฟ ไม่เป็นพิษ ลดการปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์ ได้ ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ตัววัตถุดิบสามารถผลิตได้เองจากธรรมชาติสามารถนำมาพัฒนาเป็นกาวเพื่อใช้ในงานไม้เพื่อลดปริมาณการใช้กาวสังเคราะห์โดยหันมาใช้กาวธรรมชาติทดแทนและยังเป็นการเพิ่มศักยภาพในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางรวมทั้งสามารถเสริมสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้ประเทศได้อีกทางหนึ่ง แต่เนื้อไม้ประกอบด้วยเซลลูโลสทำให้มีสมบัติความชื้นสูง ดังนั้นจึงต้องปรับการยึดติดกันระหว่างไม้กับกาวน้ำยางธรรมชาติ โดยการปรับปรุงโครงสร้างน้ำยางธรรมชาติเช่น ทำให้มีสมบัติความชื้นต่ำ (ยาง ENR ยางผสม) การลดน้ำหนักโมเลกุล (ยางเหลว) ความสามารถในการยึดไม้ให้ติดกันได้โดยการเติมสารเพิ่มความเหนียวและสารเพิ่มความหนืด

โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติของน้ำยางธรรมชาติ การผลิตกาวจากน้ำยางธรรมชาติ ที่สามารถยึดติดกันระหว่างแผ่นไม้กับกาวน้ำยางธรรมชาติเพื่อทดแทนกาวสังเคราะห์

สรุปผลการศึกษาสมบัติของกาวจากน้ำยางธรรมชาติเพื่อใช้ในงานไม้ยางพารา พบว่ากาวจากน้ำยางชั้น 60%DRC ที่เติมสารเพิ่มความเหนียว (แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพดและแป้งข้าวเหนียว) ทุกชนิดทุกปริมาณ (50 60 และ 70 phr) มีปริมาณเนื้อกาว ค่าความเป็นกรด-ด่าง (ประมาณ 11-12) ระยะเวลาในการเซตตัวของกาวน้ำยางธรรมชาติ (28-66.5 วินาที) ค่าความหนืด (50-312cps) โดยกาวน้ำยางธรรมชาติสูตรที่เหมาะสมคือน้ำยางชั้น 60%DRC ที่เติมแป้งมันสำปะหลัง 70 phr ได้ค่าความหนืดสูงสุด 312 cps มีกาวน้ำยางธรรมชาติมีค่ามุมสัมผัสน้อยกว่า 90 องศา สามารถเปียกที่ผิวหน้าไม้และแทรกซึมเข้าไปในเนื้อไม้ได้ดีพอที่จะการยึดติดกาวกับไม้ การเกิด failure บริเวณแนวยึดติดกาวกับไม้ได้ดีกว่ากาวน้ำยางธรรมชาติชนิดอื่น เมื่อเปรียบเทียบกับกาวน้ำยางธรรมชาติกับกาวสังเคราะห์ตามมาตรฐานกาวยางและกาวเรซินสังเคราะห์พบว่ากาวน้ำยางชั้น 60%DRC ที่เติมแป้งมันสำปะหลัง 70 phr มีค่าความต้านทานแรงเฉือนสูงกว่ามาตรฐานกาวยางและกาวเรซินสังเคราะห์ และมีค่าความต้านทานแรงเฉือนได้ตามมาตรฐานคุณภาพกาวแป้งที่ใช้กับไม้อัดของประเทศแคนาดา (CSA O112.2-M1977) ส่วนน้ำยางที่ปรับปรุงโครงสร้างแล้วนำมาทำกาวทั้งที่ทำให้มีสมบัติความชื้น (ยาง ENR ยางผสม) การลดน้ำหนักโมเลกุล (ยางเหลว) ความสามารถในการยึดไม้ให้ติดกันได้โดยการเติมสารเพิ่มความเหนียวและสารเพิ่มความหนืดนั้นมีค่าได้ตามมาตรฐานกาวยางแต่ยังมีขบวนการที่อาศัยการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนการยึดติดกับไม้และเมื่อเทียบกับราคาที่สูงขึ้นยังไม่คุ้มค่าการลงทุน

นอกจากนี้ควรศึกษาวิจัยความเป็นไปได้ในการพัฒนานำมาใช้กับผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดและอุตสาหกรรมลูกบอลกีฬาแทนสารละลายยางและกาวสังเคราะห์ โดยมุ่งเน้น Green products การดัดแปลงสูตรการเตรียมกาวเพื่อหาสูตรที่เหมาะสมกับงานแต่ละประเภท ที่มีความสะดวกในการใช้งานและการจัดเก็บเพื่อสามารถแข่งขันกับกาวสังเคราะห์และขยายผลต่อไปในเชิงการค้าที่เน้นผลิตผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับเด็ก

ทั้งนี้งานวิจัยนี้ได้ทำการเผยแพร่ทั้งในรูปแบบการนำเสนอการอบรมการประชุมทางวิชาการทั้งระดับชาติและนานาชาติ รวมถึงการเผยแพร่ในรูปแบบบทความนานาชาติและตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติ โดยมีเอกสารแนบดังภาคผนวก 7-11

2. รายละเอียดงบประมาณ

(ระบุรายละเอียดการใช้จ่ายเงินในแต่ละหมวดอย่างชัดเจนตามแบบรายงานการใช้จ่ายเงิน)

แบบรายงานการใช้จ่ายเงิน (รายงานฉบับสมบูรณ์)

ชื่อโครงการวิจัย การเตรียมการจากน้ำยางธรรมชาติเพื่อใช้สำหรับงานไม้ยางพารา

ในปี 2551 โดยมีระยะเวลาการดำเนินการวิจัย 1 ปี งบประมาณ 379,000 บาท

ชื่อผู้วิจัย นางสาวสุนิสา สุชาติ เป็นหัวหน้าโครงการฯ

หมวดรายจ่าย (ระบุรายละเอียดการใช้จ่ายเงิน)	งบประมาณ ที่ใช้จ่าย	งบประมาณที่ คงเหลือ	หมายเหตุ
1. งบบุคลากร			
1.1 ค่าตอบแทนค่าจ้างชั่วคราว	76,300	-	
1.1.1 ผู้ช่วยวิจัย (7,630 บาท x 10 เดือน)			
2. งบดำเนินงาน			
2.1 ค่าตอบแทนผู้ปฏิบัติงานให้ราชการ (20 วัน x 200 บาท)	4,000	-	
2.2 ค่าใช้สอยเช่น ค่าเดินทางราชการ	91,674	-	
ค่าจ้างบริการทดสอบสมบัติน้ำยาง			
2.3 ค่าวัสดุสำนักงานและสารเคมี	92,009.50	-	
2.4 ค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	30,684.50	-	
2.5 ค่าใช้จ่ายในการอบรมถ่ายทอด	34,332	-	
3. งบลงทุนค่าอุปกรณ์			
3.1 ค่าออกแบบและสร้างอุปกรณ์ต้นแบบของชุดผสมกาว และการเตรียมสาร	50,000	-	
รวมงบประมาณที่เป็นค่าใช้จ่ายในโครงการฯ	379,000	-	

ลงนาม

(นางสาวสุนิสา สุชาติ)

...17.../ พ.ค./...2559

ผู้ได้รับทุน

กรณีประเภทนิสิต นักศึกษา

ลงนาม.....

(.....)

...../...../.....

อาจารย์ที่ปรึกษา

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	II
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	III
บทสรุปผู้บริหาร	IV
สารบัญ	VI
สารบัญรูป	IX
สารบัญตาราง	XI
รายการบทความที่ตีพิมพ์แล้ว	XII
บทที่ 1. บทนำและการสำรวจแนวคิดและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 แนวคิดและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
1.2.1 น้ํายางธรรมชาติ	2
1.2.1.1 ส่วนประกอบของยางธรรมชาติ	3
1.2.1.2 โครงสร้างทางเคมีและสมบัติของยางธรรมชาติ	3
1.2.1.3 ชนิดของน้ํายางธรรมชาติ	3
1.2.2 น้ํายางธรรมชาติที่ปรับปรุงโครงสร้าง	4
1.2.2.1 น้ํายางธรรมชาติอีพ็อกซีไธซ์	4
1.2.2.2 ยางเหลว	6
1.2.2.3 การเบลนด์น้ํายางธรรมชาติกับ PMMA	7
1.2.3 กาวจากน้ํายางธรรมชาติ	7
1.2.3.1 กาวจากธรรมชาติ	7
1.2.3.2 กาวสังเคราะห์	8
1.2.4 สารเพิ่มความเหนียวและสารเพิ่มความหนืดสำหรับใส่ในกาว	9

1.2.4.1	สารเพิ่มความเหนียว	9
1.2.4.2	สารเพิ่มความหนืด	9
1.2.5	สมบัติไม้ยางพารา	10
1.2.5.1	ลักษณะทั่วไป	10
1.2.5.2	สมบัติทางเคมี	10
1.2.5.3	สมบัติเชิงกลและความแข็งแรงของไม้ยางพารา	10
1.2.5.4	การใช้ประโยชน์ของไม้ยางพารา	10
1.2.6	การยึดติด	11
1.2.6.1	ทฤษฎีการยึดติด	14
1.2.7	การทดสอบสมบัติของกาว	17
1.2.7.1	การวิเคราะห์โครงสร้างโมเลกุลของสาร	17
1.2.7.2	การหาน้ำหนักโมเลกุลของสาร	17
1.2.7.3	การหาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่มีในน้ำยาง	17
1.2.7.4	การหาค่าความหนืด	18
1.2.7.5	ความต้านทานแรงเฉือน	18
1.2.7.6	มุมสัมผัส	18
1.2.8	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18
บทที่ 2	ระเบียบวิจัย วิธีการทดลอง	23
2.1	วัตถุประสงค์	23
2.2	สมบัติของน้ำยาง	23
2.3	การปรับปรุงโครงสร้างของน้ำยางธรรมชาติเพื่อทำกาว	24
2.3.1	การเตรียมน้ำยางธรรมชาติปรับปรุงโครงสร้าง	24
2.3.2	สมบัติของน้ำยางธรรมชาติปรับปรุงโครงสร้าง	25
2.4	กาวน้ำยางธรรมชาติ	26
2.4.1	อิทธิพลสารเพิ่มความเหนียวและสารเพิ่มความหนืดต่อสมบัติกาวยาง	27
2.5	การทดสอบสมบัติของกาวน้ำยาง	28

2.6 การเปรียบเทียบสมบัติของกาวจากน้ำยางที่เตรียมได้กับกาวสังเคราะห์	32
2.7 การเปรียบเทียบราคากับกาวสังเคราะห์	32
บทที่ 3. ผลและวิจารณ์ผลการวิจัยการเตรียมกาวน้ำยางธรรมชาติ	33
3.1 บทนำ	33
3.2 การเตรียมกาวน้ำยางธรรมชาติ	33
3.3 สมบัติกาว	36
3.3.1 ลักษณะทางกายภาพของกาวน้ำยาง	36
3.3.2 สมบัติพื้นฐานของกาวน้ำยาง	37
3.4 สมบัติการยึดติดไม้	45
3.4.1 มุมสัมผัส	45
3.4.2 ลักษณะการแทรกซึม	47
3.4.3 ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยึดติดกรณีการอัดร้อน	49
3.4.4 ความทนทานของพันธะการยึดตัว	50
บทที่ 4. ผลและวิจารณ์ผลการวิจัยการเตรียมกาวน้ำยางธรรมชาติที่ปรับปรุงโครงสร้าง	56
4.1 บทนำ	56
4.2 การเตรียมน้ำยางธรรมชาติปรับปรุงโครงสร้าง	57
4.3 สมบัติและการวิเคราะห์โครงสร้างของน้ำยางธรรมชาติปรับปรุงโครงสร้าง	58
4.4 กาวจากน้ำยางธรรมชาติที่มีการปรับปรุงโครงสร้าง	62
4.5 ความทนต่อน้ำ	67
4.6 การหาเปอร์เซ็นต์ฟอร์มัลดีไฮด์อิสระ	68
4.7 เปรียบเทียบสมบัติของกาวน้ำยางธรรมชาติกับกาวสังเคราะห์	70
4.8 คำนวณต้นทุนการผลิตเบื้องต้น	71
บทที่ 5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ	73
5.1 สรุปผลการทดลอง	73
5.2 ข้อเสนอแนะ	74
เอกสารอ้างอิง	
Output จากโครงการวิจัยฯ	
ภาคผนวก	

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	โครงสร้างของยางธรรมชาติ (<i>Cis</i> -1,4-polyisoprene)	3
1.2	การเกิดกรดฟอร์มิกเปอร์ออกซีและน้ำ	5
1.3	การเกิดการอพอกซีเดชันของยางธรรมชาติ	5
1.4	สูตรโครงสร้างทางเคมีของ Liquid Natural Rubber	6
1.5	โครงสร้างของยางเมทิลเมทาไครเลท	7
1.6	โครงสร้างของกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์	8
1.7	ลักษณะการยึดติดของกาว	11
1.8	บริเวณรอยต่อระหว่างผิว เมื่อกาวและวัสดุที่ติดกาวมาสัมผัสกัน	13
1.9	มุมสัมผัสกาวในสถานะของเหลวกับวัสดุติดกาวในสถานะของแข็ง	13
1.10	การเปียกผิวหน้าของของเหลวบนผิวของแข็ง	14
1.11	ลักษณะการยึดติดเชิงกล	15
1.12	ลักษณะการยึดติดด้วยการแพร่	15
1.13	ลักษณะการยึดติดด้วยแรงทางประจุไฟฟ้า	16
1.14	ลักษณะการยึดติดด้วยการดูดซับ	16
1.15	ลักษณะการยึดติดเชิงเคมี	17
2.1	a) เครื่อง Brookfield viscometer	24
	b) เครื่องวัด pH	
	c) เครื่องกวนกาว การผสมสารเคมี	
2.2	เครื่อง FT-IR	25
2.3	เครื่องGPC	25
2.4	เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาลักษณะการยึดติดของกาวยางธรรมชาติ	30
2.5	ขั้นตอนการทดสอบความแข็งแรงเหนือน	31
3.1	ขั้นตอนการเตรียมกาวน้ำยางชนิดต่างๆ ในชวตภาชนะแก้วที่มีฝาปิด	35

3.2	ความสัมพันธ์ระหว่างอายุการจัดเก็บกับค่าความหนืดกาวน้ำยางชั้น 60% DRC เมื่อที่แปรชนิดของสารเพิ่มความหนืด	44
3.3	ความสัมพันธ์ระหว่างอายุการจัดเก็บกับค่าความหนืดกาวน้ำยางชั้น 60% DRC เติมสารเพิ่มความเหนียว	44
3.4	ความสัมพันธ์ระหว่างมุมสัมผัสที่ผิวหน้ากับการเปียกที่ผิวหน้าของกาว	46
3.5	บริเวณผิวหน้าของกาวน้ำยางชั้น 60% DRC ที่เติมแป้งมันสำปะหลัง 70 และ 60 phr	48
3.6	รอยต่อระหว่างผิวกาวน้ำยางชั้น 60% DRC เติมแป้งมันสำปะหลัง 70 และ 50 phr	48
3.7	แบบจำลองการแทรกซึมของกาวสู่ชั้นผิวไม้ยางพารา	49
3.8	เวลาการคงรูปของกาวน้ำยางเมื่อแปรชนิดและปริมาณสารเพิ่มความเหนียว	51
3.9	ความต้านทานต่อแรงเฉือนของกาวน้ำยางจากน้ำยางชั้น 60% DRC เมื่อแปรชนิดและ ปริมาณสารเพิ่มความเหนียว	53
3.10	ความต้านทานต่อแรงเฉือนของน้ำยางชนิดต่างๆที่แปรชนิดของสารเพิ่มความเหนียว 45 phr	54
3.11	ความต้านทานต่อแรงเฉือนของน้ำยางชนิดต่างๆที่แปรชนิดของสารเพิ่มความเหนียว 75 phr	54
4.1	หมู่ฟังก์ชันจากการดูดกลืนรังสีอินฟราเรด FT-IR ของยาง NR(a) และ LNR(b)	59
4.2	การวิเคราะห์โครงสร้างของน้ำยางธรรมชาติปรับปรุงโครงสร้างโดย $^1\text{H-NMR}$	61
4.3	สเปกตรัม FT-IR ของยาง ENR ที่เติม Coumarone indene resin ปริมาณ 0-45 phr	63
4.4	สเปกตรัม FT-IR ของยาง NR/PMMA ที่เติม coumarone indene resin ปริมาณ 0-45 phr	64
4.5	เปรียบเทียบค่าความต้านทานแรงเฉือนของกาวยางที่ปรับปรุงโครงสร้างชนิดต่างๆ เมื่อเติม CR กับ UF	67
4.6	ความเปรียบเทียบค่าพอมัลดีไฮด์อิสระเมื่อเติม coumarone inden resin 0-30 phr กับ UF	69

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ส่วนประกอบของยางธรรมชาติ	3
1.2	สมบัติทางเคมีของไม้ยางพารา	11
1.3	สมบัติเชิงกลและความแข็งแรงของไม้ยางพาราเปรียบเทียบกับไม้สัก	12
2.1	ส่วนประกอบและปริมาณสารเคมีในสูตรกาวน้ำยาง	27
3.1	สมบัติวัตถุบัพที่ใช้สำหรับการผลิตกาวจากน้ำยางธรรมชาติ	33
3.2	ส่วนประกอบและปริมาณสารเคมีในสูตรกาวน้ำยางธรรมชาติ	34
3.3	ปริมาณเนื้อสารและความเป็นกรด-ด่างของกาวน้ำยางแปรชนิดสารเพิ่มความหนืด	37
3.4	ปริมาณเนื้อสารและความเป็นกรด-ด่างของกาวน้ำยางแปรชนิดสารเพิ่มความเหนียว	38
3.5	ความหนืด ระยะเวลาการเซตตัวของกาว และสมบัติด้านต้านทานแรงเฉือนของกาวน้ำ ยางธรรมชาติที่แปรชนิดของสารเพิ่มความหนืด	41
3.6	ความหนืด ระยะเวลาการเซตตัวของกาว และสมบัติด้านต้านทานแรงเฉือนของกาวน้ำยางธรรมชาติที่แปรชนิดของสารเพิ่มความเหนียว	42
3.7	มุมสัมผัสของกาวน้ำยางธรรมชาติที่เติมสารเพิ่มความหนืดสารเพิ่มความเหนียว	46
3.8	การอัดร้อนที่มีผลต่อการยึดติดของกาวน้ำยางธรรมชาติ	49
3.9	ผลการทดสอบระยะเวลาการเซตตัวของกาวน้ำยางธรรมชาติ	50
3.10	ผลการทดสอบสมบัติด้านต้านทานแรงเฉือนของกาวน้ำยางธรรมชาติ	52
4.1	สมบัติของน้ำยางธรรมชาติปรับปรุงโครงสร้างชนิดต่างๆ	58
4.2	หมู่ฟังก์ชันจากการดูดกลืนรังสีอินฟราเรด FT-IR ของยางชนิดต่างๆ	60
4.3	ค่าความเป็นกรดต่าง ความหนืด ปริมาณเนื้อกาว ตามเก็บน้ำยาง ENR LNR	66
4.4	ความทนทานต่อน้ำโดยการติดกาวน้ำยางธรรมชาติที่มีการปรับปรุงโครงสร้าง	68
4.5	ความต้านทานแรงเฉือนค่าฟอร์มัลดีไฮด์อิสระในกาวน้ำยางปรับปรุงโครงสร้าง	69
4.6	สมบัติของกาวสังเคราะห์ Urea formaldehyde	70
4.7	มาตรฐานกาวยางและกาวเรซินสังเคราะห์สำหรับไม้อัด	71
4.8	ราคาต้นทุนการผลิตของวัตถุดิบกาวน้ำยางธรรมชาติที่มีการปรับปรุงโครงสร้าง	71

รายการบทความที่ตีพิมพ์แล้ว

บทความที่

1. Sunisa Suchat. Preparation of Rubberwood Adhesives from Natural Rubber Latex. *The rubber international*. Volume 8 No. 11 November 2006
2. สุนิสา สุชาติ. การผลิตกาวจากน้ำยางธรรมชาติเพื่อใช้ในงานไม้ยางพารา. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 33
3. ECO-adhesive from modified natural rubber for wood application
4. Oral presentation in IAPRC Eco-adhesive
5. เราสามารถนำยางพารามาพัฒนาเป็นกาวได้อย่างไร? ปีที่ 8 ฉบับที่ 11, พ.ย. 2549. หน้า 38-40.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจหลักชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญ ซึ่งแหล่งผลิตยางที่ใหญ่ที่สุดในโลกคือแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้คิดเป็นร้อยละ 90 ของแหล่งผลิตทั้งหมด ซึ่งประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกยางธรรมชาติมากที่สุดในโลก 1 (สถิติยาง, 2557) โดยยางเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เริ่มต้นจากการนำต้นยางมาปลูกเป็นครั้งแรกในประเทศไทยเมื่อร้อยกว่าปีที่ผ่านมามีพื้นที่การปลูกยาง 18.46 ล้านไร่ กระจายอยู่ในภาคเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันออกและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (สถิติยางไทย, 2557) ปัจจุบันมีเกษตรกรประกอบอาชีพการทำสวนยางมากกว่า 1.15 ล้านครอบครัว และได้สร้างอาชีพที่เกี่ยวข้องกับยางพาราประมาณ 7 ล้านคนหรือมากกว่าร้อยละ 10 ของประชากรทั้งประเทศ เกิดการจ้างงานปีละหลายล้านคน ประชากรมีรายได้ ช่วยลดปัญหาการเคลื่อนย้ายแรงงานจากชนบทเข้าสู่เมือง ด้วยความสำเร็จในการจัดการสวนอย่างมีประสิทธิภาพสามารถกรีดยางได้น้ำยางสดเพิ่มขึ้นเป็นไร่ละ 286 กิโลกรัมต่อปี ส่งผลให้ไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกยางธรรมชาติในรูปร่างดิบมากที่สุดในโลกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534 เป็นต้นมา การผลิตยางธรรมชาติของไทยในปี พ.ศ. 2556 ผลิตยางได้ 4.17 ล้านตัน และได้มีปริมาณการส่งออก 3.66 ล้านตัน มีมูลค่าการส่งออก 477,931 ล้านบาท โดยมีการส่งออกในรูปของยางดิบ ผลิตภัณฑ์ยางและยางประเภทอื่นๆ (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2557) ยางดิบแบ่งเป็นยางแท่ง ยางแผ่นรมควัน น้ำยางข้นและอื่นๆ มีมูลค่าการส่งออก 249,289 ล้านบาท แต่มีการใช้ยางดิบภายในประเทศเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ยางต่างๆ เพียง 0.52 ล้านตัน เป็นร้อยละ 13.34 ที่เหลือจากส่งขายยางดิบ แต่สามารถทำรายได้ให้ประเทศจากการส่งออกมีมูลค่า 162,779 ล้านบาท สามารถทำรายได้ให้ประเทศจากการส่งออกมีมูลค่าสูงกว่ายางดิบถึง 5-10 เท่า แม้ประเทศไทยเป็นเจ้าของวัตถุดิบแต่ยังขาดเทคโนโลยีขั้นสูงในการแปรรูปเป็นสินค้าในรูปของผลิตภัณฑ์ยาง ดังนั้นประเทศไทยมีความจำเป็นที่ควรมุ่งสร้างองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่เป็นนวัตกรรมทางด้านการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง เพิ่มสัดส่วนของการสร้างมูลค่าเพิ่มจากยางธรรมชาติ โดยพัฒนาการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หรือนำมาดัดแปลงสมบัติเพื่อใช้ประโยชน์จากยางธรรมชาติให้มากที่สุดเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่ายาง (กรุงเทพฯธุรกิจ, 2557)

ปัจจุบันมีการนำไม้ยางพารามาผลิตผลิตภัณฑ์แผ่นไม้ประเภทต่างๆเช่นไม้อัด แผ่นชั้นไม้อัด และแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง เพื่อเป็นการทดแทนความต้องการใช้ไม้ยางพาราแปรรูปขนาดใหญ่ รวมทั้งเครื่องเรือนที่ผลิตจากผลิตภัณฑ์แผ่นไม้ประกอบ ประเทศไทยมีโรงงานแปรรูปไม้ยางพาราอัดน้ำยาและอบแห้งจำนวน 487 โรงงาน เครื่องจักรผลิต 57,985 แรงม้า เงินลงทุน 1,487 ล้านบาท ใช้แรงงานทั้งหมด 24,109 คน โรงงานผลิตเครื่องเรือนไม้ยางพารา จำนวน 127 โรงงาน เครื่องจักรที่ใช้ผลิต 19,411 แรงม้า เงินลงทุน 633 ล้านบาท ใช้แรงงานทั้งหมด 14,519 คน (กรม

โรงงาน, 2552) การผลิตและการพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นไม้ประกอบให้หลากหลายรูปแบบมากขึ้นนั้นมีความจำเป็นต้องใช้กาวเพื่อยึดติดชิ้นไม้ การผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด 2.8 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยมีอัตราการใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 90 กิโลกรัมต่อแผ่นชิ้นไม้อัด 1 ลูกบาศก์เมตร ราคาเฉลี่ยกิโลกรัมละประมาณ 12 บาท ดังนั้นบริษัทต้องใช้กาวคิดเป็นมูลค่า 3,528 ล้านบาท (บริษัทสยามริโซ, 2551)

เนื้อไม้ยางประกอบด้วยเซลลูโลสทำให้มีสมบัติความเป็นขี้สูงดังนั้นกาวที่สามารถยึดชิ้นไม้ให้ติดกันได้ต้องมีสมบัติความเป็นขี้เช่นเดียวกัน โดยทั่วไปโรงงานผลิตแผ่นไม้ประกอบในประเทศไทยใช้กาวสังเคราะห์ในการติดประสาน ซึ่งกาวสังเคราะห์ที่นิยมใช้มากที่สุดคือกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เพราะใช้งานได้ง่ายและราคาถูกแต่มีข้อเสียคือมีฟอร์มัลดีไฮด์เป็นองค์ประกอบสารฟอร์มัลดีไฮด์เป็นอันตรายต่อเนื้อเยื่อ ทำให้เกิดการระคายเคืองต่ออวัยวะ ระบบทางเดินหายใจ ปัจจุบันแหล่งวัตถุดิบหลักที่ใช้ผลิตกาวสังเคราะห์ได้จากทรัพยากรธรรมชาติ เช่น ถ่านหินและน้ำมันดิบ ซึ่งวัตถุดิบเหล่านี้ยังมีการใช้อย่างมากมายในรูปเชื้อเพลิงและอุตสาหกรรมปิโตรเคมีต่างๆ ในอนาคตวัตถุดิบลดน้อยลงและมีราคาสูงขึ้น จึงต้องมีการศึกษาค้นคว้ากาวที่ได้จากวัสดุธรรมชาติมาทดแทนกาวสังเคราะห์เหล่านี้ให้มากขึ้น

ยางธรรมชาติมีสมบัติในการเหนียวติดดี หน่วง ราคากว หนา หนาไฟ ไม่เป็นพิษ ลดการปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์ ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ตัววัตถุดิบสามารถผลิตได้เองจากธรรมชาติสามารถนำมาพัฒนาเป็นกาวเพื่อใช้ในงานไม้เพื่อลดปริมาณการใช้กาวสังเคราะห์โดยหันมาใช้กาวธรรมชาติทดแทนและยังเป็นการเพิ่มศักยภาพในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางรวมทั้งสามารถเสริมสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้ประเทศได้อีกทางหนึ่งด้วย

1.2 แนวคิดและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

น้ำยางธรรมชาติได้มาจากต้นยางพาราซึ่งน่าจะมีความสามารถเข้ากันได้และจากสมบัติของน้ำยางที่มีความสามารถยึดติดกันได้ดีกับวัตถุหลายชนิด น้ำยางธรรมชาติมีสมบัติเด่นหลายสามารถนำมาศึกษาวิจัยเพื่อใช้ทำเป็นกาวสำหรับเป็นตัวเชื่อมประสานทดแทนกาวสังเคราะห์คือมีความเหนียวติดดี สามารถหนา หนาไฟ ไม่เป็นพิษ ไม่ปลดปล่อยสารพิษ หน่วง ดังนั้นการผลิตผลิตภัณฑ์ไม้ยางพาราต่างๆ ที่ต้องการใช้กาวในการยึดติดนั้น จึงควรใช้กาวที่ผลิตมาจากน้ำยางธรรมชาติดีกว่ากาวสังเคราะห์ และควรพัฒนาคุณภาพของกาวให้เหมาะสมต่อการใช้งานเนื่องจากสมบัติของเนื้อไม้ยางพาราที่ประกอบด้วยเซลลูโลส ทำให้มีสมบัติความเป็นขี้สูงแต่ยางธรรมชาติไม่มีขี้ ดังนั้นการใช้งับงานไม้ที่มีสมบัติความเป็นขี้ของเซลลูโลสที่เป็นองค์ประกอบของเนื้อไม้ จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาการปรับปรุงสมบัติของยางธรรมชาติเพื่อใช้เตรียมกาวที่เหมาะสมสำหรับใช้งานในการผลิตแผ่นไม้ประกอบให้มีความสามารถในการยึดติดชิ้นไม้ โดยอาศัยพัฒนาจากงานวิจัยที่เกี่ยวกับการเตรียมกาวการเตรียมสารที่ใส่เพื่อปรับปรุงสมบัติของกาวจากน้ำยางธรรมชาติให้ดีขึ้น มีรายละเอียดเอกสารดังนี้

1.2.1 น้ำยางธรรมชาติ

ยางธรรมชาติ (Natural rubber) เป็นสารพอลิเมอร์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ประกอบด้วย

ไฮโดรคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ 95% ที่เหลือเป็นโปรตีน ไขมันและอื่นๆ มีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์ยาง ฤดูกาลและปัจจัยต่างๆ ยางมีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยสูงมาก โดยมีจำนวนโมลโมเลกุลเฉลี่ย (\overline{M}_n) $0.25-2.71 \times 10^6$ และน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย (\overline{M}_w) $3.4-10.17 \times 10^6$ มีการกระจายตัวน้ำหนักโมเลกุล ($\overline{M}_w/\overline{M}_n$) 3.63-10.94 และมีความถ่วงจำเพาะ 0.92 มีดัชนีการหักเหของแสง (Refractive index) เท่ากับ 1.5215-1.5238 มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อยางถูกยืดหรือเย็นตัวลง (อาซีซันและคณะ, 2540)

1.2.1.1 ส่วนประกอบของยางธรรมชาติ โดยทั่วไปยางธรรมชาติมีส่วนประกอบดังตาราง 1.1

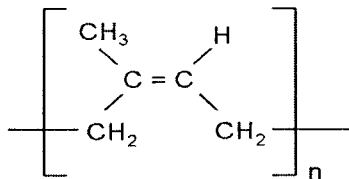
ตารางที่ 1.1 ส่วนประกอบของยางธรรมชาติ

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (%)
ของแข็งทั้งหมด (TSC)	36
เนื้อยางแห้ง (DRC)	33
สารพวกโปรตีน	1-1.5
สารพวกเรซิน	1-2.5
ซีเล้า	1
น้ำ	ส่วนที่เหลือจนครบ 100

ที่มา: บุญธรรม, 2534

1.2.1.2 โครงสร้างทางเคมีและสมบัติของยางธรรมชาติ

ยางธรรมชาติเป็นพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง และมีการกระจายน้ำหนักโมเลกุลกว้าง ซึ่งส่งผลต่อสมบัติของยางที่ได้แตกต่างกัน โดยมีสูตรโครงสร้างทางเคมี ดังรูปที่ 1.1 (Suchat, 2012)



รูปที่ 1.1 โครงสร้างของยางธรรมชาติ (Cis-1,4-polyisoprene)

สมบัติของยางธรรมชาติจากโครงสร้างทางเคมี

ยางธรรมชาติมีโมเลกุลเป็นไฮโดรคาร์บอน ไม่มีขั้ว ไม่ทนต่อน้ำมันปิโตรเลียมและน้ำมันพืช ยังเป็นฉนวนไฟฟ้าได้ดี เพราะมีสภาพที่ไม่นำไฟฟ้าเลย โดยในสูตรโครงสร้างของยางธรรมชาติจะมีพันธะคู่อยู่และพันธะคู่ในโมเลกุลทำให้สามารถวัลคาไนซ์ได้ด้วยกำมะถัน นอกจากนี้ยังมีหมู่เมทิลส่งอิเล็คตรอนเข้าสู่พันธะคู่ ทำให้สามารถวัลคาไนซ์ได้เร็วกว่าปกติและพันธะคู่ที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาส่งผลให้ไม่ทนต่อการออกซิเดชันและโอโซน ทั้งมีสายโซ่ที่ต่อกับพันธะคู่จะอ่อนตัวมากกว่าปกติทำให้โมเลกุลเคลื่อนไหวได้ง่ายใช้งานได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ และมีค่าอุณหภูมิแข็งคล้ายแก้ว (Tg) เท่ากับ -72°C

1.2.1.3 ชนิดของน้ำยางธรรมชาติ

1.2.2.3.1 น้ำยางสด (Fresh latex) เป็นน้ำยางธรรมชาติที่ได้จากต้นยางพารามีลักษณะเป็นของเหลว

สีขาวคล้ายน้ำมัน สภาพเป็นคอลลอยด์ (สารแขวนลอย) ความหนาแน่น 0.975-0.98 g/mL กรัมต่อมิลลิลิตร ค่า pH ประมาณ 6.5-7.0 ความหนืด 12-15 cps อาจเติมสารรักษาสภาพก่อนนำไปใช้งาน

1.2.2.3.2 น้ำยางข้น (Concentrate latex) มีลักษณะเป็นของเหลว มีเนื้อยาง 60% นิยมทำจากวิธีเซนตริฟิวจ์ ทำเป็นน้ำยางข้นจากแยกน้ำออกจากน้ำยางสดแบ่งได้ 2 ชนิดตามปริมาณของแอมโมเนีย

1) น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียสูง

น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียสูง (High ammonia, HA) เป็นน้ำยางข้นที่ใช้สารรักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย 0.7% ร่วมกรดคลอริก 0.035% ข้อดีคือสามารถเก็บน้ำยางไว้ใช้งาน ไม่เสียง่ายก่อนใช้งาน

2) น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียต่ำ

น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียต่ำ (Low ammonia, LA) เป็นน้ำยางข้นที่ใช้สารรักษาสภาพของน้ำยางชนิดแอมโมเนีย 0.2% ร่วมกับสาร Secondary preservative เช่น สารที่เอ็มทีดี 0.013% ร่วมกับซิงค์ออกไซด์ 0.013% ร่วมกับกรดคลอริก 0.035% (LA-TZ; Low ammonia tetramethyl thiuram disulphide/Zinc oxide) มีการใช้สารช่วยอื่นๆ เช่น แซดดีซีร่วมกับกรดคลอริก เป็นต้น

1.2.2.3.3 น้ำยางskim (Skim latex) เป็นส่วนที่เหลือจากการทำน้ำยางข้นโดยนำน้ำยางสดทำเซนตริฟิวส์แยกอนุภาคเม็ดยางออกจากน้ำซึ่งอนุภาคยางเบากว่าน้ำ ส่วนใหญ่แยกตัวออกเป็นน้ำยางข้นที่ได้มีปริมาณเนื้อยาง 60-63% ที่เหลือจากขบวนการเซนตริฟิวส์แยกเนื้อยางออกเป็นน้ำยางskimยังมีเนื้อยางออกมาด้วยแต่เป็นเนื้อยางที่มีขนาดอนุภาคเล็กๆ และมีปริมาณเนื้อยางอยู่ 3-10% (สุนิสา, 2555)

1.2.2 น้ำยางธรรมชาติที่ปรับปรุงโครงสร้าง

น้ำยางธรรมชาติที่ปรับปรุงโครงสร้างเพื่อปรับปรุงสมบัติการเป็นกาวให้ดีขึ้นมีรายละเอียดคือ

1.2.2.1 น้ำยางธรรมชาติอีพอกไซด์

น้ำยางธรรมชาติอีพอกไซด์ (Epoxidized Natural Rubber, ENR) เตรียมจากการดัดแปลงโครงสร้างโมเลกุลของยางธรรมชาติด้วยปฏิกิริยาอีพอกซิเดชัน (Epoxidation) ทำให้ที่ตำแหน่งพันธะคู่บนโมเลกุลยาง (cis-1,4-polyisoprene) บางตำแหน่งเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นวงแหวนอีพอกไซด์ (Epoxidizing) กระจายอยู่ในสายโซ่โมเลกุลของยางธรรมชาติทำให้อนุพันธ์ของยางชนิดนี้มีสมบัติต่างจากยางธรรมชาติเช่นทนต่อตัวทำละลายชนิดไม่มีขั้วมากขึ้น มีค่าอุณหภูมิคล้ายแก้ว (Tg) เพิ่มขึ้นทนต่อการสลายตัวเนื่องจากความร้อนมากขึ้น มีความเป็นขั้วเกิดขึ้นสามารถทนทานต่อน้ำมันได้ ทนต่อโอโซนและการซึมของก๊าซดีเพราะพันธะคู่ในโครงสร้างยางธรรมชาติมีปริมาณลดลงและมีกลุ่มของพวกอีพอกไซด์เกิดขึ้นแทนที่พันธะคู่และมีลักษณะสีน้ำตาลอ่อน (ไพโรจน์และคณะ, 2540)

การเกิดปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันระหว่างยางธรรมชาติกับกรดเปอร์ออกซี

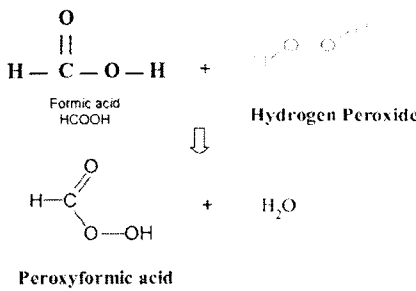
การทำปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันโดยน้ำยางธรรมชาติกับกรดเปอร์ออกซีอะซิติก (Peroxyacetic acid) ทำปฏิกิริยาอีพอกซิเดชัน สามารถให้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณของหมู่อีพอกไซด์ตั้งแต่ 25-100 โมลเปอร์เซ็นต์ ในสภาวะการทำปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันที่มีความเข้มข้นของกรดและอุณหภูมิสูง ทำให้เกิดการเปิดวงสามารถย่นยั้งได้โดยใช้เทคนิคอินฟราเรดสเปกโตรสโคปีตรวจสอบ โดยพบแถบการดูดกลืน

ที่ตำแหน่ง 3600-3200, 1780 และ 870 cm^{-1} (Suchat and Wisanee, 2014) ซึ่งเป็นแถบดูดกลืนของหมู่ฟังก์ชันของไฮดรอกซิล หมู่คาร์บอนิลและหมู่เอพอกซีตามลำดับ จากเทคนิคโปรตอนนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์ตรวจสอบโครงสร้างทางเคมีพบพีคที่ตำแหน่ง 2.7 และ 5.1 ppm ซึ่งเป็นพีคของคาร์บอนตำแหน่งเอพอกซีและพีคคาร์บอนที่ตำแหน่งพันธะคู่แสดงระดับการเกิดปฏิกิริยาเอพอกซิเดชันและพบว่าหมู่เอพอกซีที่เกิดขึ้นในโครงสร้างยางธรรมชาติเป็นแบบสุ่ม ซึ่งปฏิกิริยาเคมีของกรดฟอร์มิกกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ภายใต้อุณหภูมิและเวลาของการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสม กรดฟอร์มิกทำปฏิกิริยากับโมเลกุลยางธรรมชาติที่พันธะคู่ ทำให้เกิดกรดเปอร์ฟอร์มิกทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของยางตลอดเวลาทำให้เกิดวงแหวนเอพอกไซด์บนโมเลกุลของยางธรรมชาติ (Suchat and Wisanee, 2014)

การเตรียมยางธรรมชาติเอพอกซิไดซ์จากน้ำยางข้น

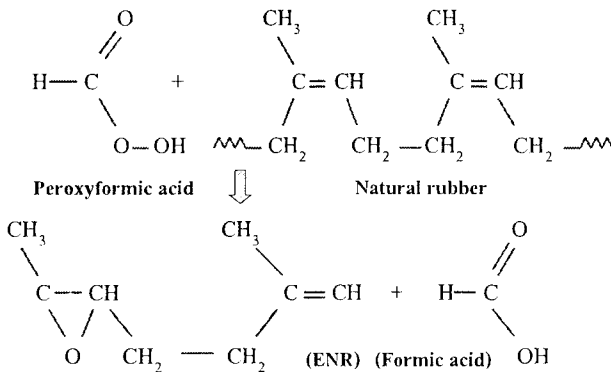
ก. น้ำยางที่ใช้เพื่อปรับสภาพโครงสร้างต้องทำให้อนุภาคยางมีความเสถียรก่อน เพื่อป้องกันน้ำยางจับตัวกันเป็นก้อน โดยใส่สารปรับสภาพผิวอนุภาคยางเช่นสารเพิ่มความเสถียรชนิดที่ไม่มีประจุประเภทเอทิลีนออกไซด์ซึ่งสูญเสียสภาพความเสถียรที่อุณหภูมิสูงขึ้น (40-50°C)

ข. เตรียมสารละลายกรดฟอร์มิกเปอร์ออกซี (Peroxyformic acid) ใช้ในการเอพอกซิไดซ์ยาง โดยการใช้กรดฟอร์มิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ทำปฏิกิริยากันเกิดกรดฟอร์มิกเปอร์ออกซีและน้ำ ดังสมการในรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 การเกิดกรดฟอร์มิกเปอร์ออกซีและน้ำ (ไพโรจน์และคณะ, 2540)

ค. เตรียมสารละลายกรดฟอร์มิกเปอร์ออกซีลงในน้ำยางที่ปรับสภาพผิวอนุภาค กรดฟอร์มิกเปอร์ออกซีทำให้เกิดปฏิกิริยาเอพอกซิเดชันกับยางธรรมชาติตรงตำแหน่งพันธะคู่ที่อุณหภูมิ 60-70°C เกิดเป็นยางธรรมชาติเอพอกซิไดซ์ที่มีออกซิเจนอยู่ในโครงสร้างยางได้กรดฟอร์มิกกลับคืนมา (รูป 1.3)

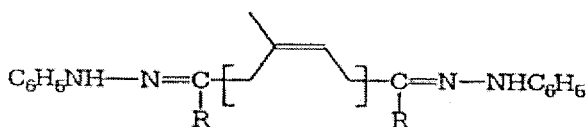


รูปที่ 1.3 การเกิดการเอพอกซิเดชันของยางธรรมชาติ (ไพโรจน์และคณะ, 2540)

การวิเคราะห์หาปริมาณของหมู่ฟังก์ชันได้หลายวิธีการ เช่น วิธีการไทเทรตด้วยสารเคมีและเครื่องมือวิเคราะห์ ซึ่งการไทเทรตด้วยสารเคมีเช่นกรดไฮโดรคลอริก เป็นต้น วิธีนี้วิเคราะห์หาปริมาณหมู่ฟังก์ชันได้โดยนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาปริมาณหมู่ฟังก์ชันได้โดยตรง (ไพโรจน์และคณะ, 2540) วิธีการทางเครื่องมือวิเคราะห์ที่สามารถหาปริมาณของหมู่ฟังก์ชันได้โดยตรง การวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนโดยนำค่าที่ได้ไปหักลบด้วยปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่เดิมยังไม่ได้ทำการดัดแปลงโครงสร้างทางเคมี ส่วนเครื่องมือวิเคราะห์ที่อาศัยกราฟมาตรฐานได้แก่ เทคนิค DSC FT-IR ^1H NMR เป็นต้น

1.2.2.2 ยางเหลว

ยางเหลว (Liquid Rubber, Liquid Natural Rubber (LNR)) เป็นการ Depolymerised Rubber ยางธรรมชาติเหลวได้จากการนำยางธรรมชาติมาทำให้โมเลกุลของยางเกิดการสลายตัวตรงตำแหน่งพันธะคู่หรือเป็นกระบวนการตัดโซ่โมเลกุลของไอโซพรีนจากน้ำหนักโมเลกุลสูงให้น้ำหนักโมเลกุลต่ำลง จนกระทั่งมีความหนืดต่ำ สามารถไหลได้ที่อุณหภูมิห้องหรือที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100°C



รูปที่ 1.4 สูตรโครงสร้างทางเคมีของ Liquid Natural Rubber

การ Depolymerization ของยางธรรมชาติในรูปของน้ำยางใช้สารออกซิไดซ์ (Oxidizing agent) และสารรีดิวซ์ (Reducing agent) สารที่ใช้เป็นตัวออกซิไดซ์เป็นพวกเปอร์ออกไซด์โดยใช้ hydrogen peroxide เป็นตัวตัดสายโมเลกุลทำให้เกิด degradation ยางโดย hydrogen peroxide แตกตัวเป็น hydroxyl radicals เข้าปฏิกิริยากับพันธะ C-H ได้หมู่ปลายเป็น hydroxyl (รูปที่ 1.4)

การเตรียมยางเหลว ใช้วิธีของ Pautrat และ Marteau แบ่งได้ 3 ขั้นตอนคือ

การให้น้ำยางเสถียรขึ้น (Stabilization) โดยการใส่สารเพิ่มความเสถียรให้แก่ยาง เช่น น้ำยางที่เก็บรักษาด้วยแอมโมเนียใส่สารเพิ่มความเสถียรที่มีประจุลบชนิด Valcastab LS หรืออาจใส่สารเพิ่มความเสถียรที่ไม่มีประจุชนิด Valcastab LW หรือ Emulvin W ปริมาณ 1% ของเนื้อยางแห้ง

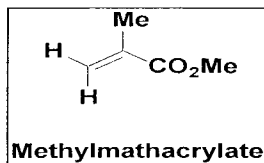
การดีพอลิเมอร์ไรซ์ (Depolymerization) ตัดโมเลกุลของยางโดยการใส่ 10% สารฟีนิลไฮดราซีนทำหน้าที่เป็นสารรีดิวซ์ที่อุณหภูมิ 55°C เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ให้ปฏิกิริยาเกิดภายใต้บรรยากาศออกซิเจนเกิดสาร hydrogen peroxide ขึ้นเป็นอนุมูลที่ไม่เสถียรทำให้โมเลกุลยางสั้นลงเรื่อยๆ

การทำให้ยางเกิดการแตกตัวออกจากน้ำหรือเซรุ่ม (Coagulation) ใช้สารเพิ่มความเสถียรที่มีประจุลบให้แยกยางออก โดยการใส่กรดอะซิติกหรือแคลเซียมคลอไรด์ หากใช้สารเพิ่มความเสถียรที่ไม่มีประจุ ให้แยกยางออกจากน้ำหรือเซรุ่มโดยการใช้ความร้อนโดยอากาศร้อนจะได้ยางเหลวสีน้ำตาลเข้มสมบัติของยางเหลว มีลักษณะเป็นของเหลวหนืดสีน้ำตาล มีความหนืด 200,000-600,000 cps ไหลได้ง่าย น้ำหนักโมเลกุลต่ำ (5,000-20,000) มีความสามารถละลายและใช้ได้กับตัวทำละลายทั้งหมดที่

ใช้กับยางธรรมชาติ สามารถเกิดการวัลคาไนซ์ได้ที่อุณหภูมิห้องหรือที่อุณหภูมิต่ำได้ ใช้เทคนิคการฉีดพ่นหรือการทาได้ การลดน้ำหนักโมเลกุลของยางธรรมชาติในรูปของน้ำยางมีข้อดีคือเกิดปฏิกิริยาช่วงอุณหภูมิที่กว้างและระดับน้ำหนักโมเลกุลที่ได้กว้างและสามารถควบคุมได้ สามารถทำได้โดยการปรับ pH ของน้ำยางให้มีค่าเหมาะสมโดยใช้สบู่ (Surfactant) กับสารออกซิไดซ์สารรีดิวซ์เป็นระบบรีดอกซ์ Hydrogen peroxide จะสามารถละลายน้ำได้ สามารถกำจัดง่าย สามารถใช้งานได้ง่ายและมีราคาถูก การใช้อย่างเหลวทำกาวและตัวประสานเพราะยางเหลวน้ำหนักโมเลกุลต่ำเป็นวัสดุที่หนืดและมีความเหนียวมาก ไม่มีส่วนประกอบของน้ำหรือตัวทำละลายปน เหมาะสมใช้ทำกาวผลิตภัณฑ์พวกเทปกาว

1.2.3.3 การเบลนด์น้ำยางธรรมชาติกับ PMMA

การปรับปรุงโครงสร้างของน้ำยางธรรมชาติเพื่อเพิ่มความเป็นขั้วให้กับน้ำยางธรรมชาติ เพื่อใช้สำหรับการทำกาวน้ำยางที่ผสมกับยางเมทิลเมทาคริเลท (Polymethylmethacrylate, PMMA) ได้จากสารเริ่มต้น Monomer คือ Methylmethacrylate ดังรูปที่ 1.5 มีคุณสมบัติใสเหมือนกระจก มีความเป็นขั้วสูง การเลื่อนไหลของโซ่พอลิเมอร์จึงมีน้อยและมีความแข็งแรงสูง เตรียมการเบลนด์น้ำยางธรรมชาติกับ PMMA โดยนำน้ำยางธรรมชาติ 60% Concentrate Latex ผสมกับ 50% PMMA โดยใช้สัดส่วนเป็น 70:30 ทำการกวนผสมให้เข้ากันได้ดีที่อุณหภูมิห้อง น้ำยางลดน้ำหนักโมเลกุลจาก NR/PMMA โดยเตรียมน้ำยางข้างต้นมาเติมสารลดน้ำหนักโมเลกุลคือ โปแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต ปริมาณ 1 phr และ โพรพานอลปริมาณ 15 phr เติมลงไป NR/PMMA (ชั้น 1) ที่อุณหภูมิ 65°C ภายใต้บรรยากาศปกติเวลาที่ใช้ลดน้ำหนักโมเลกุล 10 20 และ 30 ชั่วโมง



รูปที่ 1.5 โครงสร้างของยางเมทิลเมทาคริเลท

1.2.3 กาวจากน้ำยางธรรมชาติ

กาว (Adhesives) เป็นสารที่ใช้สำหรับยึดเหนี่ยวผิวหน้าของวัสดุสองชิ้นให้ยึดติดกันได้โดยมีความแข็งแรงของวัสดุที่เชื่อมยึดกันเพียงพอต่อการนำไปใช้งานต่างๆ ตามต้องการ แบ่งได้ 2 ชนิดดังนี้

1.2.3.1 กาวจากธรรมชาติ (Natural adhesives) เป็นกาวที่ผลิตจากวัสดุธรรมชาติได้จากพืช/สัตว์

- กาวพืช (Vegetable glue) เป็นกาวที่ผลิตจากแป้ง ราคาถูก มีความแข็งแรงในการติดประสานไม่มากนัก โดยทั่วไปแล้วนำมาใช้ในงานติดประสานกระดาษ

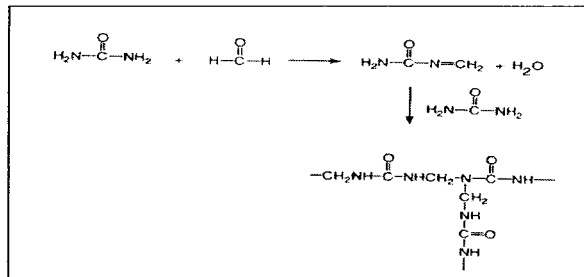
- กาวยาง (Rubber cement) เป็นกาวที่ผลิตจากยางธรรมชาติละลายกับสารละลายหรือตัวทำละลายต่างๆ เช่น น้ำมันเบนซิน กาวยางมีความแข็งแรงในการยึดประสานดีใช้ในการติดกระดาษดี

- กาวเคซีน (Caesin glue) เป็นกาวที่ได้จากโปรตีนจากกากถั่ว กาวชนิดนี้มีความแข็งแรงในการติดประสานได้ดีนำมาใช้ติดประสานไม้ในอาคารที่ไม่ถูกความชื้นและงานกระดาษ

- กาวสัตว์ (Animal glue) เป็นกาวที่ผลิตจากกระดูกและหนังสัตว์ โดยการนำมาล้างและทำความสะอาด แล้วนำมาเคี่ยวจนเป็นกาวข้น นำมาใช้ทำกระดาษทราย ปัจจุบันกาวหนังนี้ไม่ค่อยนิยมนำมาใช้งานเนื่องจากมีกลิ่นเหม็นและการติดประสานกันไม่ดีเท่าที่ควร

1.2.3.2 กาวสังเคราะห์ (Synthetic adhesives) แบ่ง 2 ชนิด (Charles and Carraher, 2003) คือ

- กาวเรซินชนิดแข็งตัวเมื่อร้อน (Thermo-setting resins) ซึ่งเป็นกาวชนิดที่เมื่อได้รับความร้อนจะแปรสภาพเป็นแผ่นแข็งที่ไม่สามารถหลอมละลายได้ กาวเรซินที่แข็งตัวโดยการทำปฏิกิริยาทางเคมีเกิดเป็นโมเลกุลที่มีโครงสร้าง 3 มิติ กลายสภาพเป็นของแข็งในเวลาเดียวกันกับการยึดติดกับไม้ แบ่ง 4 กลุ่มคือ กาวเรซินชนิดที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างฟอร์มัลดีไฮด์กับยูเรีย เมลามีน ฟีนอล หรือสารอื่นๆ กาวชนิดที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาแทนนินกับฟีนอลหรือฟอร์มัลดีไฮด์ กาวอีพ็อกซีและกาวเรซินชนิดไอโอไซยานต ตัวอย่างกาวสังเคราะห์ที่นิยมใช้และนำมาใช้ในการทดลองคือ กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (Urea formaldehyde; UF) ดังรูปที่ 2.1 เป็นกาวสำหรับทำไม้อัด (Plywood) แผ่นขึ้นไม้อัด (Particle board, MDF board) ของเหลวข้น สีขาวเหมือนน้ำนม มีกลิ่นก๊าซฟอร์มัลดีไฮด์ที่เหลือจากปฏิกิริยา ค่า pH 7-9 ขึ้นกับชนิดกาว ล้างทำความสะอาดได้ด้วยน้ำหรือน้ำอุ่น กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผลิตจากวัตถุดิบหลักคือ ยูเรียและฟอร์มัลดีไฮด์ แบ่ง 2 ชนิด คือ กาวสำหรับทำไม้อัด (Plywood glue) กาวชนิดนี้มีปริมาณของแข็ง (Solid content) 52-55% ความหนืด 150-400 cps และกาวสำหรับทำไม้อัด (Chipboard glue) มีปริมาณของแข็ง 65-69% ความหนืด 100-500 cps



รูปที่ 1.6 โครงสร้างของกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์

ส่วนกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ (Phenol Formaldehyde; PF) จากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของฟีนอลกับฟอร์มัลดีไฮด์ โดยทั่วไปจะแบ่งเป็น 2 ชนิดคือกาวโนโวแลค (Novolaks) และกาวรีโซล (Resoles) แต่ที่นิยมนำมาใช้ในการอุตสาหกรรมการผลิตไม้ประกอบจะเป็นกาวรีโซลที่อยู่ในรูปกาวเหลว

- กาวเรซินชนิดอ่อนตัวอ่อนตัวเมื่อร้อน (Thermo-plastic resins) เป็นกาวแข็งตัวโดยการสูญเสียตัวทำละลายไปขณะแข็งตัวไม่ได้เกิดปฏิกิริยาการเชื่อมพันธะ เมื่อกาวได้รับความร้อนอีกครั้งจึงหลอมเหลวหรืออ่อนตัวได้อีกครั้ง กาวกลุ่มนี้ได้แก่ Polyvinyl acetate emulsion (white glue), กาวระบบร้อนเหลว (Hot-Melt Systems) EVA Hot-Melts, Polyamide Resins, Polyolefines, Polyurethane Resins (สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้, 2551)

นอกจากนี้ยังมีกาวอีกประเภทหนึ่ง ที่เรียกว่า กาวติดสัมผัส (Contact Adhesives) เป็นกาวที่ประกอบด้วยสารละลายของยางธรรมชาติ หรือยางสังเคราะห์ ซึ่งจะเปลี่ยนสภาพเกิดการยึดติดเมื่อระเหยสารทำละลาย (Solvent) เป็นกาวที่มีการใช้น้อยในงานไม้แต่ใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับงานตกแต่งหุ้มเบาะเครื่องเรือน (วรรณม อุ่นจิตติชัย, 2548)

1.2.4 สารเพิ่มความเหนียวและสารเพิ่มความหนืดสำหรับใส่ในกาว

1.2.4.1 **สารเพิ่มความเหนียว (Tackifier)** เป็นวัสดุเรซินที่เติมเข้าไปในกาวเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติการยึดติด (Tack) มีการกระจายตัวของอนุภาคค่อนข้างกว้างและจุดอ่อนตัว (Softening points) ในช่วง 50-150°C น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย 200-1500 สารเพิ่มความเหนียวเรซินและอนุพันธ์ (Terpene oilgomers และ Coumarone indene resin) สารนี้เติมในน้ำยางธรรมชาติในรูปของสารแขวนลอย ถ้าอนุภาคมีขนาดใหญ่จะทำให้คุณสมบัติการยึดติดลดลงทำให้สมดุลระหว่างยางกับเรซินในเนื้อกาวเกิดขึ้นช้าลง เรซินที่นิยมใช้กับยางธรรมชาติเป็นเอสเทอร์โรซิน ทำให้มีสายโซ่โมเลกุลที่ยาวขึ้น ไฮโดรคาร์บอนเรซินสังเคราะห์ ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของกาวที่ต้องการ หัวไปต้องเติมสารลดแรงตึงผิวเข้าไปเพื่อรักษาสถานะแขวนลอย เลือกสารเคมีให้เหมาะสมมีความสำคัญกับสมบัติของกาวที่ได้เพราะสารที่ใช้มีผลต่อการยึดติดและเกิดการแพร่ไปอยู่ที่บริเวณผิวหน้า มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำที่ได้จากธรรมชาติและจากปิโตรเลียม กลไกการทำงานของสารนี้เมื่อเติมเข้าไปในน้ำยางจะเข้าไปแทรกตัวอยู่ในอนุภาคยางที่แขวนลอยมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลสูงเมื่อโมเลกุลของแทกซิโพลีเมอร์เรซินแทรกระหว่างกลางทำให้ความแข็งแรงพันธะลดลง น้ำยางเกิดการไหลได้ง่ายขึ้นสามารถยึดติดกับวัสดุอื่นเพิ่มขึ้น (พิมาน จันท์, 2548) สารเพิ่มความเหนียวส่งผลทำให้กาวน้ำยางมีความเหนียวเพิ่มขึ้นและสารชนิดนี้ ได้แก่

1.2.4.1.1 ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (Urea formaldehyde) เป็นกาวสำหรับทำไม้อัด (Plywood) หรือแผ่นขึ้นไม้อัด (Particle board และ MDF board) มีลักษณะเป็นของเหลวข้น สีขาวเหมือนน้ำมัน มีกลิ่นก๊าซฟอร์มัลดีไฮด์ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยา กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ผลิตจากวัตถุดิบหลักคือ ยูเรีย และฟอร์มัลดีไฮด์ใช้สำหรับกาวไม้อัด (Plywood glue Chipboard glue) (วรรณม, 2548)

1.2.4.1.2 คิวมาโรนเรซิน (Coumarone resin) มีลักษณะของแข็งเปราะ สีน้ำตาลคล้ำออกส้ม เป็นเม็ดเล็กขนาดเท่าเม็ดทราย มีความถ่วงจำเพาะ 1.07-1.14 อ่อนตัวที่อุณหภูมิ 80-100°C แข็งตัวที่ 56°C จุดหลอมเหลว 105°C ละลายในคลอริเนตเตด ไฮโดรคาร์บอน คีโตนและไนโตรเบนซีน

1.2.4.1.3 รีซอซินอล (Resorcinol) มีลักษณะเป็นผงสีขาวละเอียด มีกลิ่นเหม็น และมีรสขม สามารถละลายในน้ำหรือไอน้ำได้ จะเป็นสารให้ความเหนียวของกาวน้ำยางร่วมกับสาร Sumikanol 507 A

1.2.4.1.4 ซุมิคานอล 507 เอ (Sumikanol 507 A) เป็นผลึกสีขาว น้ำตาลแดง ละลายได้ในน้ำ

1.2.4.2 **สารเพิ่มความหนืด (Thickener)** เพื่อเพิ่มความหนืดของกาวจากน้ำยางธรรมชาติทำได้โดยใช้สารเคมีในกลุ่มสารเพิ่มความหนืด ได้แก่ Aginate, Gum arabic, Gum tragacanth, Glue, Polyvinyl alcohol, Methyl cellulose, Polyacrylate และแป้ง เป็นต้น สารเพิ่มความหนืดได้แก่

แป้ง (Starch) เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysacchride) ที่สำคัญที่สุดในธรรมชาติ เกิดจากโมโนแซ็กคาไรด์ (Monosaccharide) หลายๆ หน่วยมาต่อกัน สูตรทั่วไป คือ $(\text{CH}_2\text{O})_n$ มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ อัลฟา-อะไมเลส (Alpha-Amylose) อะไมโลเพกติน (Amylopectin) ปกติเมื่อแป้งผสมอยู่ในน้ำแป้งจะแตกตัวเป็นเม็ดเล็กๆ กระจายอยู่ในน้ำ แต่จะไม่ละลายน้ำเนื่องจากอนุภาคของแป้งมีขนาดใหญ่เกินที่จะละลายน้ำได้ ซึ่งแป้งมีความหนาแน่นค่อนข้างสูง $1.45-1.64 \text{ g/cm}^3$ (โสภิตา, 2542) ชนิดของแป้งที่นำมาใช้ ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง มีลักษณะผงละเอียด สีขาว ลักษณะเด่นของแป้งมันสำปะหลังคือมีความบริสุทธิ์สูง มีสิ่งปนเปื้อนต่ำ โดยมีสตาร์ชอยู่มากกว่า 95% จะมีปริมาณโปรตีนและไขมันอยู่ค่อนข้างต่ำ (น้อยกว่า 1%) มีฟอสฟอรัสน้อยกว่า 0.04% แป้งข้าวเหนียวคือแป้งที่ทำมาจากข้าวเหนียว เหมาะสำหรับทำขนมที่ดูดซึมความชื้น ส่วนแป้งข้าวโพดจัดได้ว่าแป้งที่มีมากที่สุดในโลก ผลิตจากข้าวโพด ชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Zea may* L. อยู่ในวงศ์ Gramineae มีต้นกำเนิดทวีปอเมริกา ทวีปแอฟริกา อินเดีย ออสเตรเลีย ยุโรปที่มีอากาศอบอุ่น (กล้าณรงค์และเกื้อกุล, 2546)

1.2.5 สมบัติไม้ยางพารา

1.2.5.1 ลักษณะทั่วไป

ต้นยางพารามีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Hevea brasiliensis* Muell. Arg พันธุ์ยางปัจจุบันมีขนาดลำต้นค่อนข้างเล็ก ขนาดเนื้อไม้โตไม่มาก เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 20-40 เซนติเมตร เนื้อไม้ยังมีสีขาวนวล อาจมีแถบสีชมพูอ่อนแทรก ในส่วนของกระพี้และแก่นมองเห็นไม่เด่นชัด เมื่ออบแห้งเนื้อไม้จะมีสีเข้มขึ้นคล้ายกับสีฟางข้าว ไม่คงทนต่อการถูกทำลายโดยเชื้อราและแมลง โดยเฉพาะถูกทำลายโดยเชื้อราสีน้ำเงิน (blue-stain fungi) และมอดเจาะไม้ ความทนทานตามธรรมชาติเฉลี่ยไม่เกิน 2 ปี ลักษณะเนื้อไม้ค่อนข้างละเอียดถึงหยาบปานกลาง เสี้ยนไม้เป็นเสี้ยนตรง บางส่วนมีลักษณะเป็นเสี้ยนสนตามลักษณะการเจริญเติบโต เมื่อไสตอกแต่งไม้เกิดเป็นรอยหยัก เนื่องจากส่วนพาเรงคิมา (Wood parenchyma) ลายไม้เกิดจากความแตกต่างระหว่างด้านสัมผัส ความแน่นของไฟเบอร์และปริมาณความหนาแน่นของกลุ่มเซลล์พาเรงคิมาด้านข้าง พอร์ (Pore) มีลักษณะเดี่ยวและลักษณะแฝด 2-3 พอร์คละกันกระจายตัวห่างๆ กันอย่างสม่ำเสมอ (วิศนีย์, 2548)

1.2.5.2 สมบัติทางเคมี

โดยทั่วไปไม้ยางพาราจะมีส่วนประกอบและสมบัติทางเคมีดังตารางที่ 1.2

1.2.5.3 สมบัติเชิงกลและความแข็งแรงของไม้ยางพารา

ไม้ยางพารามีสมบัติเชิงกลและความแข็งแรงดีพอสมควร แต่เมื่อเปรียบเทียบกับไม้สักที่มีคุณภาพดีและมีราคาแพง อาจจะมีบางส่วนที่แตกต่างหรือเหมือนกันบ้าง แสดงดังตารางที่ 1.3

1.2.5.4 การใช้ประโยชน์ของไม้ยางพารา

ปัจจุบันอุตสาหกรรมไม้ได้เนื้อไม้จากไม้ยางพาราไร่ละประมาณ 22 ลูกบาศก์เมตร หรือผลผลิตโดยรวมทั้งประเทศประมาณ 5 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี (วิศนีย์, 2548) ไม้ยางพาราส่วนใหญ่นำมาผลิตเป็นเครื่องเรือนโดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์เครื่องเรือนเพื่อการส่งออกที่ทำรายได้เข้า

ตารางที่ 1.2 สมบัติทางเคมีของไม้ยางพารา

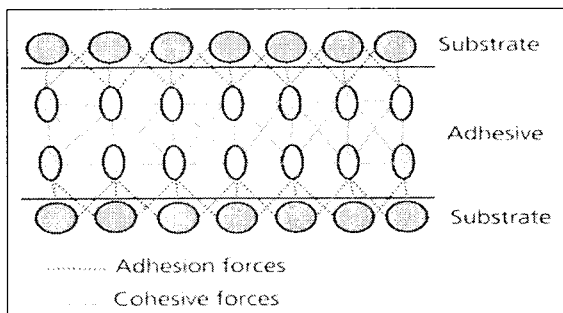
สมบัติทางเคมี	ร้อยละของไม้ยางพาราแห้ง
1. เซลลูโลส	49.41
2. โหโลเซลลูโลส	78.72
3. พัลฟาเซลลูโลส	49.41
4. เพนโตเซน	17.17
5. ลิกนิน	18.06
6. น้ำตาลอิสระ	2.46
7. น้ำตาลจากการย่อยสลายของกรด	41.00
8. สารละลายในน้ำเย็น	2.45
9. สารละลายในน้ำร้อน	7.91
10. สารละลายในด่าง 1 เปอร์เซ็นต์	17.54
11. สารละลายในแอลกอฮอล์	2.83
12. ซี้เถ้า	0.87

ที่มา: รัชนีและทัศนีย์, 2538 และทัศนีย์, 2548

ประเทศในแต่ละปีมากกว่าหมื่นล้านบาท ความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ที่นิยมผลิตจากไม้ยางพาราสามารถแบ่งออกได้ดังนี้คือ ผลิตภัณฑ์ไม้ยางพารา เช่น เครื่องเรือน ของเล่น แผ่นชั้นไม้อัด แผ่นใยไม้อัด แข็งความหนาแน่นปานกลาง (MDF) กรอบรูป พื้นไม้ปาร์เกต์ ไม้เสาเข็มงานก่อสร้าง เชื้อเพลิงในรูปแบบต่างๆ (ถ่าน) ล้อไม้สำหรับม้วนสายไฟฟ้า ลังใส่ปลา เครื่องครัวและเครื่องใช้ต่างๆ เป็นต้น

1.2.6 การยึดติด

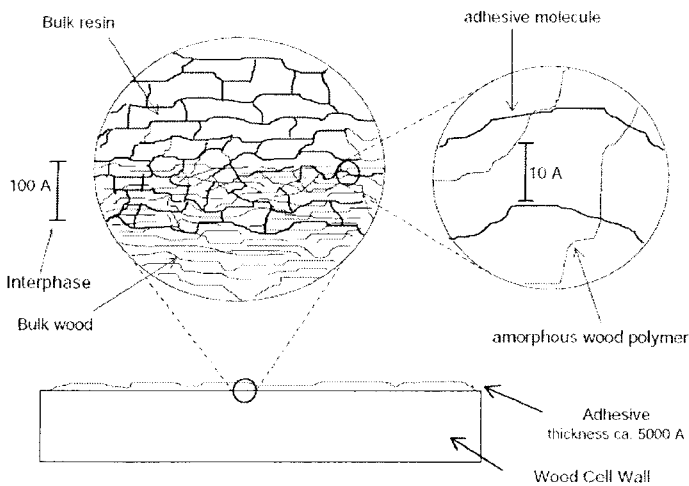
การยึดติด (Adhesion) เป็นการดึงดูดกันระหว่างอะตอมหรือโมเลกุลของวัสดุ 2 ชั้นยังหมายถึงถึงลักษณะที่บอกความต้านทานเชิงกลต่อการแยกวัสดุที่ติดกันให้หลุดจากกัน (รูป 1.6; ทัศนีย์, 2548)



รูปที่ 1.7 ลักษณะการยึดติดของกาว (<http://www.adhesives.org>, 2012)

ตารางที่ 1.3 สมบัติเชิงกลและความแข็งแรงของไม้ยางพาราเปรียบเทียบกับไม้สัก

คุณสมบัติไม้	ไม้ยางพารา	ไม้สัก
ความหนาแน่นที่ความชื้น 12%; g/cm ³	0.60-0.70	0.64
ความชื้นไม้ทดสอบ %	12.00	12.00
<i>การรับแรงดัด</i>		
- ความเค้นในซีตียืดหยุ่น; kg/cm ²	600.00	665.00
- โมดูลัสแตกร้าว; kg/cm ²	973.00	1023.00
- โมดูลัสยืดหยุ่น; kg/cm ²	96000.00	103900.00
- พลังงานชำระแตกหัก; kg-cm/cm ²	2.40	1.90
<i>การรับแรงกดขนานเสี้ยน</i>		
- ความเค้นในซีตียืดหยุ่น; kg/cm ²	328.00	525.00
- ความเค้นประลัย; kg/cm ²	478.00	505.00
<i>การรับแรงกดตั้งฉากเสี้ยน</i>		
- ความเค้นในซีตียืดหยุ่น; kg/cm ²	93.00	92.00
<i>การรับแรงดัดตั้งฉากเสี้ยน</i>		
- ด้านรัศมี; kg/cm ²	28.00	23.00
- ด้านสัมผัส; kg/cm ²	29.00	24.00
<i>การรับแรงเฉือน</i>		
- ด้านรัศมี; kg/cm ²	155.00	124.00
- ด้านสัมผัส; kg/cm ²	169.00	153.00
<i>ความแข็งผิวหน้า</i>		
- ด้านรัศมี; kg/cm ²	544.00	483.00
- ด้านสัมผัส; kg/cm ²	532.00	510.00
<i>การรับแรงกระแทก</i>		
- น้ำหนักสูงสุดที่ใช้; kg	149.00	118.00
- พลังงานที่ใช้; kg-m	2.90	1.70

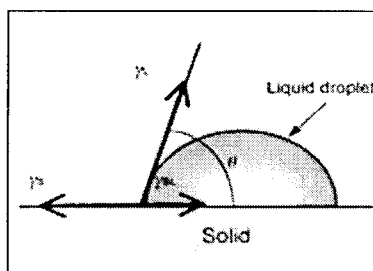


รูปที่ 1.8 บริเวณรอยต่อระหว่างผิว เมื่อกาวและวัสดุที่ติดกาวมาสัมผัสกัน (Schmidt, 1998)

เมื่อนำกาวและวัสดุที่ติดกับกาวมาสัมผัสกัน ผิวหน้าของแต่ละวัสดุถูกแทนที่ด้วยบริเวณรอยต่อระหว่างผิว (Interphase) กาวและวัสดุที่ติดกับกาวเกิดปฏิสัมพันธ์ (Interaction) กันในบริเวณนั้น

- รอยต่อระหว่างผิว (Interphase) หมายถึงบริเวณที่วัสดุสองเฟสมาสัมผัสกัน องค์ประกอบและ/หรือโครงสร้าง และ/หรือคุณสมบัติ แปรเปลี่ยนตลอดบริเวณนี้ อาจแตกต่างกันทั้งองค์ประกอบและ/หรือโครงสร้าง และ/หรือคุณสมบัติของแต่ละเฟสสัมผัสกันด้วย (วิศนีย์, 2548) ดังรูปที่ 1.7

- กาวและวัสดุที่ติดกับกาวเกิดปฏิสัมพันธ์ (Interaction) กันในบริเวณรอยต่อระหว่างผิวบ่งบอกปริมาณ/จำนวนปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นอธิบายโดย Young's equation ดังรูป 1.8 (Schmidt, 1998)



รูปที่ 1.9 มุมสัมผัสของกาวในสถานะของเหลวกับวัสดุที่ติดกาวอยู่ในสถานะของแข็งที่สภาวะสมดุล ตาม Young's equation (<http://www.specialchem4adhesives.com>, 2008)

$$\gamma_{SV} = \gamma_{SL} + \gamma_{LV} \cos \theta$$

เมื่อ	γ_{SV}	หมายถึง	แรงตึงผิว (surface tension) หรือพลังงานอิสระพื้นผิว (Surface free energy) ระหว่างผิวของเหลวและอากาศ ซึ่งอยู่ในสภาวะสมดุล
	γ_{LV}	หมายถึง	แรงตึงผิวระหว่างผิวของของเหลวและอากาศที่อยู่ในสภาวะสมดุล

γ_{SL}	หมายถึง	แรงตึงผิวระหว่างผิวของของเหลวและของแข็งที่อยู่ในสถานะสมดุล
$\cos \theta$	หมายถึง	มุมสัมผัส (Contact angle) ที่เกิดขึ้นเมื่อลากเส้นตรงผ่านของของเหลวจากมุมที่ของเหลวสัมผัสกับผิวของแข็ง

งานของการยึดติด (Work of Adhesion - W_a) หมายถึง พลังงานที่ใช้ในการสร้างผิวหน้าใหม่ขึ้นมาสองผิวหน้า แสดงในรูปสมการของ Dupre (Dupre equation) (Schmidt, 1998) ได้ดังนี้

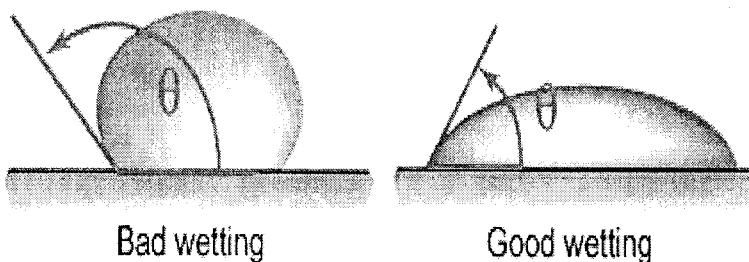
$$W_a = \gamma_{SV} + \gamma_{LV} - \gamma_{SL}$$

การนำสมการของ Young และ Dupre มารวมกันทำให้สมการอยู่ในรูปที่เข้าใจง่ายขึ้น เขียนสมการใหม่นี้ว่า Young - Dupre equation (Schmidt, 1998)

$$W_a = \gamma_{LV}(1 + \cos \theta)$$

Schmidt (2001) ได้สรุปไว้ว่าการยึดติดระหว่างวัสดุที่ดีต้องมีการสัมผัสกันในระดับโมเลกุลของวัสดุที่นำมาติดกัน ทั้งนี้การยึดติดดังกล่าวเกิดขึ้นจากปรากฏการณ์ การเปียก (Wetting) และการแพร่กระจายผิวหน้า (Spreading) โดยทั่วไปของเหลวสามารถทำให้ผิวของแข็งเปียกได้เมื่อแรงตึงผิวของแข็งมากกว่าของเหลว ของเหลวทำให้ผิวของของแข็งเปียกโดยทันที เมื่อมุมสัมผัสระหว่างของแข็งและของเหลวเป็นศูนย์ การเปียกและการแพร่กระจายผิวหน้าของของเหลวไปบนของแข็งด้วยพื้นที่ผิวที่เพียงพอเป็นผลให้เกิดการยึดติดที่แข็งแรง ดังรูปที่ 1.9 อธิบายมุมสัมผัสน้อยจะมีการเปียกและการแพร่กระจายผิวหน้าของของเหลวไปบนของแข็งได้ดีกว่ามุมสัมผัสมาก นอกจากนั้นของเหลวสามารถแพร่กระจายไปบนผิวหน้าของแข็งได้ก็ต่อเมื่อสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายมากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ โดย

$$S = \gamma_{SV} - \gamma_{LV} + \gamma_{SL}$$



รูปที่ 1.10 การเปียกผิวหน้าของของเหลวบนผิวของแข็ง

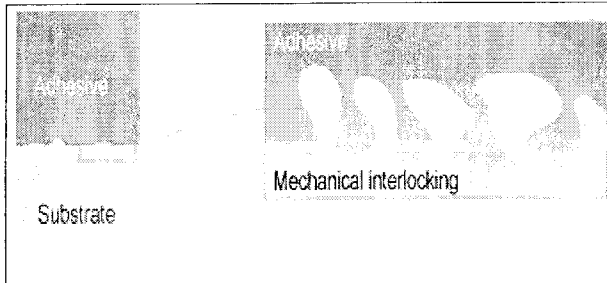
(<http://www.specialchem4adhesives.com>, 2008)

1.2.6.1 ทฤษฎีการยึดติด

ทฤษฎีการยึดติด (Adhesion theory) อธิบายกลไกที่วัสดุชนิดหนึ่งยึดติดกับวัสดุอีกชนิดหนึ่ง แบ่งเป็นทฤษฎีหลัก 5 ทฤษฎี (วิคนีย์, 2548/ Schmidt, 1998/ วรธรรม, 2543/ Allen, 2003) ดังนี้

1.2.6.1.1 ทฤษฎีการเกาะเกี่ยวซ้อนทับเชิงกล (Mechanical entanglement/Interlocking theory)

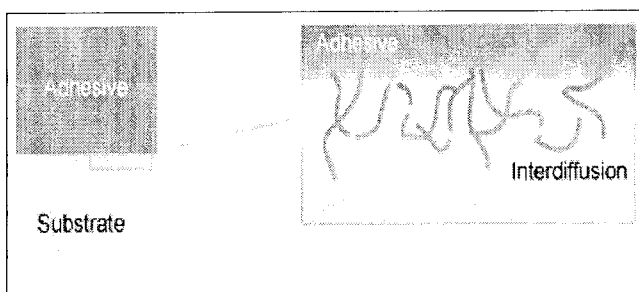
การยึดติดเกิดจากการเกาะเกี่ยวเชิงกลและเชิงกายภาพของกาวที่แข็งตัวแล้วในบริเวณของรอยต่อหรือช่องว่างต่างๆ บนพื้นผิวที่จะทำการยึดติดซึ่งไม่มีลักษณะโครงสร้างของเซลล์เป็นรูพรุน รวมทั้งผิวของไม้ที่ขรุขระเนื่องจากเครื่องมือและเครื่องจักรทำให้ไม้ส่งผลให้กาวเข้าไปแข็งตัวอยู่ในบริเวณนั้นเกิดการยึดติดกับไม้อย่างแข็งแรง ดังรูปที่ 1.10



รูปที่ 1.11 ลักษณะการยึดติดเชิงกล (<http://www.specialchem4adhesives.com>, 2008)

1.2.6.1.2 ทฤษฎีการแพร่ (Diffusion theory)

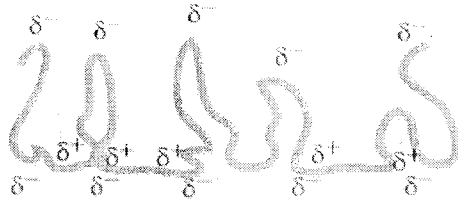
การแพร่เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นทั่วไป โดยการเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องของสารหรือพลังงานชนิดหนึ่งไปในสารอีกชนิดหนึ่งจากส่วนที่มีความเข้มข้นสูงกว่าไปยังส่วนที่มีความเข้มข้นต่ำกว่าเพื่อปรับให้ความเข้มข้นเท่ากัน (วิศนีย์, 2548) ทฤษฎีนี้เชื่อกันว่าเป็นทฤษฎีแท้จริงของกาวกับพื้นผิวที่เป็นพอลิเมอร์ เช่น ไม้ กาวกับไม้ต้องมีความสามารถเคลื่อนตัวในระดับที่เพียงพอรวมทั้งมีสมบัติการละลายร่วมกัน ค่าพารามิเตอร์การละลาย (Solubility parameter) ใกล้เคียงกัน โมเลกุลของกาวกับไม้จึงสามารถแพร่เข้าหากันในบริเวณรอยต่อระหว่างผิว (Interphase) ได้ จากนั้นโมเลกุลของกาวกับไม้ทำปฏิกิริยากันเกิดปฏิสัมพันธ์ในบริเวณดังกล่าวเป็นผลให้เกิดการยึดติดที่แข็งแรง ดังรูปที่ 1.11



รูปที่ 1.12 ลักษณะการยึดติดด้วยการแพร่ (<http://www.specialchem4adhesives.com>, 2008)

1.2.6.1.3 ทฤษฎีอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic theory)

ทฤษฎีนี้เป็นเพียงสมมติฐานถ้ากาวกับวัสดุติดมีโครงสร้างผิวเป็นแถบอิเล็กทรอนิกส์ที่แตกต่าง อิเล็กตรอนมีการเคลื่อนย้ายไปบนผิวสัมผัสของทั้งสองสิ่งส่งผลให้เกิดประจุอิเล็กตรอน 2 ชั้น ระหว่างผิวหน้าของกาวกับวัสดุติดเกิดแรงไฟฟ้าทำให้ผิวของทั้งสองสิ่งติดกันแต่ไม่มีงานวิจัยยืนยันดังรูป 1.12



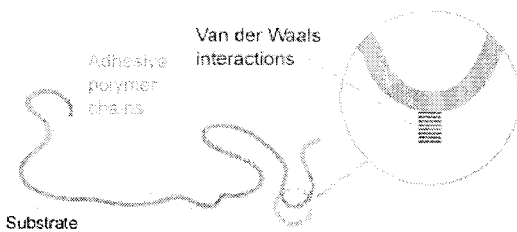
รูปที่ 1.13 ลักษณะการยึดติดด้วยแรงทางประจุไฟฟ้า (<http://www.specialchemadhesives.com>, 2008)

1.2.6.1.4 ทฤษฎีการดูดซับหรือการยึดติดจำเพาะ (Adsorption / Specific adhesion theory)

การดูดซึม (Absorption) เป็นของเหลวไหลเข้าไปในรูพรุนช่องว่างของของแข็ง (วิศนีย์, 2548)

การดูดซับ (Adsorption) หมายถึง การดูดแก๊ส ไอของของเหลวหรือตัวทำละลายจากสารละลายโดยวัสดุที่เป็นผงละเอียด สารที่เป็นรูพรุนหรือวัสดุจำพวกเจลที่พองตัวได้ (วิศนีย์, 2548)

แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลแบบหุติยภูมิบางครั้งเรียกว่าแรง “Van der Waals” เป็นต้นเหตุให้เกิดการดูดซับแก๊สหรือไอบนผิวของแข็งซึ่งเป็นที่มาของความแข็งแรงจากการยึดติดกาวโดยทั่วไปแบ่งแรงดึงดูดแบบนี้ออกเป็น 3 กลุ่ม (วิศนีย์, 2548) ดังรูปที่ 1.13



รูปที่ 1.14 ลักษณะการยึดติดด้วยการดูดซับ (www.specialchem4adhesives.com, 2008)

1) Dipole/Dipole interaction–Keesom forces

แรงดึงดูดนี้เกิดขึ้นจากปฏิสัมพันธ์และการดึงดูดกันระหว่างโมเลกุลที่มีขั้วถาวรหนึ่งคู่

2) Dipole/Induced dipole interactions–Debye forces

แรงดึงดูดนี้เกิดจากโมเลกุลที่มีขั้วถาวรเคลื่อนที่เข้าไปใกล้โมเลกุลที่ไม่มีขั้วแล้วชักนำให้เกิดสภาพขั้วชั่วคราวขึ้นในโมเลกุลที่ไม่มีขั้วดังกล่าว เป็นสาเหตุให้เกิดการดึงดูดซึ่งกันและกันขึ้น

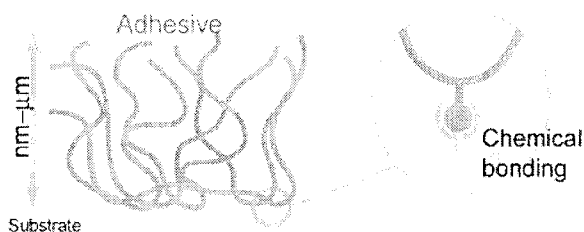
3) Molecule/Molecule interaction–London dispersion forces

แรงดึงดูดนี้เป็นแรงดึงดูดระหว่างคู่มอเลกุลที่ไม่มีขั้วเมื่อโมเลกุลทั้งคู่เคลื่อนที่เข้าใกล้กันเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มหมอกอิเล็กตรอน ทำให้เกิดสภาพขั้วชั่วคราวเกิดแรงดึงดูดระหว่างกันขึ้น

กรณีของไม้กับกาว เรียกว่าทฤษฎีการยึดติดจำเพาะ การที่กาวยึดติดกับไม้เนื่องจากเกิดแรงระหว่างโมเลกุล (Intermolecular force) และระหว่างอะตอม (Interatomic force) ของวัสดุทั้งสองประเภทโดยผิวของไม้กับกาวต้องแนบชิดกันสนิทเป็นผลให้เกิดปฏิสัมพันธ์ทางเคมีแบบหุติยภูมิ (Secondary chemical interaction) ตลอดบริเวณรอยต่อระหว่างผิว (Interphase)

1.2.6.1.5 ทฤษฎีการยึดติดเชิงเคมีด้วยพันธะโควาเลนต์ (The covalent chemical bonding theory)

การเกิดพันธะโควาเลนต์ระหว่างกาวกับวัสดุติดกาวให้ค่าการยึดติดที่แข็งแรง ดังรูปที่ 1.14



รูปที่ 1.15 ลักษณะการยึดติดเชิงเคมี (<http://www.specialchem4adhesives.com>, 2008)

1.2.7 การทดสอบสมบัติของกาว

1.2.7.1 การวิเคราะห์โครงสร้างโมเลกุลของสาร

วิเคราะห์โครงสร้างโมเลกุลของสารชั้นสูงด้วยเทคนิค Fourier Transform InfraRed Spectrometer (FT-IR) สามารถทำงานได้รวดเร็วขึ้น มีความสามารถในการแยกสูง และสภาพไวสูง สามารถวิเคราะห์สารตัวอย่างที่มีปริมาณน้อยๆ ได้ แหล่งกำเนิดคลื่นอินฟราเรดของเครื่อง FT-IR อินฟราเรดสเปคตรัมมีข้อมูลเฉพาะตัวของสารแต่ละชนิดแตกต่างจากสารชนิดอื่น โมเลกุลที่มีพันธะต่างชนิดกันจะมีความถี่ของการดูดกลืนคลื่นต่างกัน ทำให้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างของโมเลกุลของสารนั้นๆ ว่ามีหมู่ฟังก์ชันอะไรบ้าง ในตำแหน่งไหน เช่น สารกลุ่มแอลกอฮอล์มีพีคของพันธะ O-H อยู่ที่ $3,300-3,600\text{ cm}^{-1}$ หมู่เอมีน มีพีคพันธะ N-H อยู่ที่ $3,500\text{ cm}^{-1}$ สารเอสเทอร์ พีคของ หมู่ C-O ประมาณ $1,000-1,300\text{ cm}^{-1}$ เป็นต้น การใช้เครื่อง FT-IR วิเคราะห์ตัวอย่างใช้เวลาน้อยมากและไม่สิ้นเปลืองสารเคมี นิยมนำมาใช้ประโยชน์ในด้านการวิเคราะห์ เพื่อการตรวจสอบสารในเชิงคุณภาพ เพื่อยืนยันสูตรโครงสร้างของสารประกอบมาตรฐานกับสารตัวอย่างที่ละลายในตัวกลางชนิดเดียวกัน

1.2.7.2 การหาน้ำหนักโมเลกุลของสาร

Gel Permeation Chromatography (GPC) เป็นวิธีการแยกและตรวจหาสารประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง คอลัมน์ที่ใช้บรรจุด้วยอนุภาคที่มีขนาดของรูพรุนต่างๆ กัน การเลือกขนาดของรูของตัว Packing ขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของโมเลกุลของตัวถูกละลายที่ต้องการแยก สารตัวอย่างที่ต้องการแยกประกอบด้วยตัวถูกละลายมีขนาดต่างกันและมี Packing มีรูเพียงขนาดเดียวไม่สามารถจะแยกทุกตัวถูกละลาย เนื่องจากโมเลกุลบางตัวที่มีขนาดใหญ่กว่ารูของอนุภาคจะถูกชะออกไปและปรากฏออกมาเป็นพีคแรกและพีคเดียวในโครมาโทแกรม ตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ได้ทั้งของแข็งและของเหลว แต่ถ้าเป็นของแข็งต้องนำมาละลายในตัวทำละลายให้เป็นสารละลายก่อน

1.2.7.3 การหาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่มีในน้ำยาง

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่มีในน้ำยาง (Total Solids Content, TSC) หมายถึง ปริมาณโดยน้ำหนักร้อยละของของแข็งที่ไม่ระเหยในน้ำยาง เป็นของแข็งที่เหลืออยู่เมื่อน้ำยางไปอบที่อุณหภูมิ

ที่กำหนด น้ำยางจากธรรมชาติเมื่อออกจากต้นจะมีปริมาณของของแข็งที่ระเหยได้ในน้ำยางสดมีค่าแตกต่างกันมาก (25-45%) ของแข็งที่มีอยู่ในน้ำยางสดเกือบทั้งหมดเป็นเนื้อยาง จะมีน้ำตาล โปรตีน ไขมันและสารอื่นๆ ปนเล็กน้อย ปริมาณของของแข็งในน้ำยางสดเป็นเครื่องชี้ถึงปริมาณของเนื้อยางในน้ำยางได้ น้ำยางชั้นมาตรฐานไม่ต่ำกว่า 61.5% ใช้ในการควบคุมการผลิตน้ำยางชั้นหรือทางการค้า

1.2.7.4 การหาค่าความหนืด

Brookfield Viscometer วัดค่าความหนืดของน้ำยาง ประกอบด้วย Spindle หมุนในน้ำยาง มีรูปทรงกระบอก ขับด้วย Synchronous Motor ผ่านลวดสปริงวัดแรงบิดที่ทำด้วยเบอร์ิลเลียมผสมทองแดง ความหนืดที่ตึงของน้ำยางบนทรงกระบอกทำให้ลวดสปริงบิดตัวไป โดยมุมที่บิดตัวนั้นขึ้นกับความหนืดของน้ำยาง ค่าความหนืดของน้ำยางวัดได้โดยตรงจากหน้าปัดแห่งทรงกระบอก จานหมุนมีหลายขนาด Spindle สามารถปรับอัตราการหมุนได้หลายระดับ วัดความหนืดได้ช่วงกว้างของเหลวมีแรงต้านการหมุนสูงขึ้นเมื่อขนาดของ Spindle เพิ่มขึ้นหรือความเร็วในการหมุนเพิ่มขึ้น ความหนืดสูงสุดที่เครื่องมือวัดได้ขึ้นกับ Spindle ซึ่งขนาดเล็กที่สุดและเดินช้าสุด (บุญธรรม, 2534)

1.2.7.5 ความต้านทานแรงเฉือน

เครื่องทดสอบ Universal Testing Machine เป็นเครื่องมือสำหรับทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุ เช่น ทดสอบแรงดึง แรงกด แรงดัดโค้ง และแรงเฉือน เป็นต้น ทดสอบแรงประเภท Static Load Test ให้แรงทดสอบคงที่กระทำต่อชิ้นทดสอบ เมื่อนำชิ้นทดสอบทดสอบ และให้ Load Cell ออกแรงกระทำต่อชิ้นทดสอบ Strain Gauge ใน Load Cell เปลี่ยนแปลงรูปร่างและแปลงค่าเป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อประมวลผลเป็น Load และ Displacement ที่เกิดขึ้นกับชิ้นทดสอบ ความต้านทานแรงเฉือน (Shear strength) เป็นแรงต่อหน่วยพื้นที่ที่ทำให้วัตถุ 2 แผ่นซึ่งยึดติดกันด้วยกาวเลื่อนหลุดออกจากกัน ในทิศทางขนานกับพื้นที่ที่ยึดติดกัน ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกาว ยาง มอก.๕๒๑-๒๕๒๗ กำหนดให้กาวมีความต้านทานแรงเฉือนไม่น้อยกว่า 0.22 MPa

1.2.7.6 มุมสัมผัส

เครื่องวัดมุมสัมผัส (Surface Contact Angle Meter) เป็นเครื่องมือหาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของของเหลวที่สัมผัสอยู่บนผิวหน้าของแข็งหรือวัสดุชิ้นงาน โดยสามารถวิเคราะห์ค่ามุมสัมผัส (Static and Dynamic Contact Angle) ด้วยระบบอัตโนมัติ วัดมุมสัมผัสโดยวิธี Sessile Drop Method กาวที่มีค่ามุมสัมผัสน้อย ทำให้เกิดการเปียกที่ผิวหน้าไม่ได้ดีเนื่องจากของเหลวแผ่ไปบนพื้นผิวไม่ได้เป็นบริเวณกว้าง ส่งผลให้เกิดการยึดติดที่แข็งแรง (Tor.gprocurement.go.th/2006)

1.2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาคุณภาพของกาวจากน้ำยางธรรมชาติโดยการปรับปรุงคุณสมบัติในการยึดติดเพื่อนำไปใช้สำหรับติดไม้ พบการใช้น้ำยางธรรมชาติไปผลิตกาวดังนี้ วิภาและคณะ (2541) ผลิตกาวจากน้ำยางเพื่อใช้งานทั่วไปโดยศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตให้มีคุณภาพตามต้องการ ทดลองผสมน้ำยางกับสารเคมีต่างๆ ป่มให้น้ำยางผสมสารเคมีเกิดการคงรูปบางส่วน ใส่สารเพิ่มความเหนียว

โซเดียมพอลิอะคริเลทในปริมาณต่างๆ คือ 20-50 ส่วนต่อน้ำยาง 167 ส่วน นำกาวยางทากระดาษ และผ้าขาวกับผ้าขาว พบว่าสูตรกาวยางที่เหมาะสม คือใส่สารเพิ่มความเหนียวโซเดียมพอลิอะคริเลท 50 ส่วน ซึ่งกาวยางจากน้ำยางที่ได้นั้นให้สมบัติความเหนียวในการติดระหว่างกาวและผ้ากับผ้าดีที่สุด ส่วนพิมานจันท์ (2548) ได้การพัฒนาการ pressure sensitive adhesive จากน้ำยางธรรมชาติเพื่อทำเทปกาวจากน้ำยางธรรมชาติโดยลดน้ำหนักโมเลกุลและไม่ลด เดิมสารแทคคิไฟเออร์ 0-200 phr ทดสอบการยึดติดและการลอก พบว่าสมบัติดังกล่าวของกาวจะลดลงเมื่อเติมแทคคิไฟเออร์มากกว่า 100 phr สุรชัย (2543) ได้การเตรียมแทคคิไฟเออร์จาก Coumarone indene resin เพื่อใช้เตรียมกาวจากน้ำยางธรรมชาติ ต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ดีสเพอชันได้เพราะจะทำให้ น้ำยางเสียสภาพ การเพิ่มปริมาณ Coumarone indene resin ให้กาวมี Shear strength ตามมาตรฐาน ASTM D2339 และ Cleavage peel strength ตามมาตรฐาน ASTM D3809 สูงขึ้น แต่อายุการเก็บกาวสั้นลง การใช้ KOH ปรับ pH เริ่มต้นของกาวทำให้กาวมีอายุการเก็บที่นานขึ้นและสมบัติ Shear strength และ Cleavage peel strength เพิ่มขึ้น พฤติกรรมการเก็บกาวระบบ One component พบว่าเมื่อกาวมีอายุการเก็บนานขึ้น สมบัติด้าน Shear strength และ Cleavage peel strength ค่อยๆ ลดลง พบว่ากาวน้ำยางธรรมชาติมีสมบัติด้าน Shear strength และ Cleavage peel strength ใกล้เคียงกับกาวลาเท็กซ์ทางการค้า แต่มีสมบัติความทนทานต่อน้ำดีกว่า โดยถ้าแช่น้ำแล้วออกแรงดึงขึ้น ทดสอบกาวน้ำยางธรรมชาติทนต่อน้ำได้นานกว่ากาวลาเท็กซ์ทางการค้า 24 ชั่วโมง ส่วนพิมานจันท์ และณัฐกาญจน์ (2548) ศึกษาผลของแทคคิไฟเออร์ที่มีต่อการยึดติดและการลอกออกของกาวที่เตรียมจากน้ำยางธรรมชาติโดยผสมน้ำยางธรรมชาติกับแทคคิไฟเออร์ใน 5 อัตราส่วนในน้ำยางแล้ว เคลือบบนฟลอมพอลิเอสเตอร์เป็นเทปกาวเพื่อใช้ในการทดสอบการยึดติดและการลอกออก และสมบัติความเป็นวิสโคอิลาสติกของกาวด้วยเครื่องมือแบบระบบกรวยและแผ่นราบ พบว่าการเติมแทคคิไฟเออร์ในน้ำยางธรรมชาติลดการยึดเกาะกันเองในตัวยางธรรมชาติ สมบัติการยึดติดของกาวมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ปริมาณแทคคิไฟเออร์ 150 phr และลดลงใช้ปริมาณแทคคิไฟเออร์มากกว่า 150 phr เกิดจากการแยกเฟสของสารผสม ค่า storage modulus ของกาวที่มีการเติมแทคคิไฟเออร์มีค่าลดต่ำลง เมื่อเทียบกับน้ำยางธรรมชาติ มีการเติมแทคคิไฟเออร์ทำให้เกิดการเปื่อยกติดบนพื้นผิววัสดุได้ดี ส่วนการเตรียมกาวน้ำยางธรรมชาติโดยการศึกษาการเตรียมแทคคิไฟเออร์ (Tackifier) ในรูปอิมัลชัน เพื่อใช้ในการเตรียมกาวจากน้ำยางธรรมชาติ ได้พบว่าปริมาณการเติม Wood rosin ที่ใส่ลงไป ในน้ำยางแล้วไม่ทำให้เสียสภาพควรใช้ไม่เกิน 80 phr การปรับ pH ของกาวน้ำยางธรรมชาติในช่วงเริ่มต้น ควรปรับให้อยู่ในช่วง 12.5-12.6 เพื่อเพิ่มความเสถียรให้กับกาวมากยิ่งขึ้น กาวที่เตรียมได้สามารถเก็บไว้ได้นานมากกว่า 4 เดือน ปริมาณ Wood rosin ที่เหมาะสมควรใช้ไม่เกิน 30 phr ถ้าใช้ปริมาณสูงกว่านี้ทำให้สมบัติทางด้าน Shear strength ทดสอบโดยใช้มาตรฐาน ASTM D 2339 และ Cleavage peel strength ใช้มาตรฐาน ASTM D 3809 ลดลง มีความทนทานต่อน้ำสูง โดยทั้งการแช่น้ำแล้วออกแรงดึงและการแช่น้ำแล้วปล่อยให้ขึ้นทดสอบหลุดเองจะสามารถทนต่อน้ำได้มากกว่า 45 วัน

ระยะเวลาการเซตตัวจะอยู่ในช่วง 30-35 นาที การใช้ Chlorinated alkyl phosphate oil ร่วมกับ Coumarone indene resin ในกาวเทียบกับกาวทางการค้ามีสมบัติด้าน Shear strength และ Cleavage peel strength ดีกว่า แต่กาวที่ใช้ Wood rosin จะใช้เวลาเซตตัวเร็วที่สุด (เรวัต, 2543) ทิทัมพร (2547) ได้เตรียมกาวยางแห้งจากยางสกีมิ โดยใช้สารตัวเติมคือ CaCO_3 และ spindle oil ในปริมาณที่เหมาะสม พบว่ากาวที่ได้มีแนวโน้มเกิดความล้มเหลวภายในกาว (cohesive failure) และพบปริมาณ CaCO_3 มีผลต่อการเตรียมกาวยางแห้ง โดยเมื่อปริมาณ CaCO_3 เพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าความแข็งแรงในการยึดติด ค่าความหนืดและ Cold Flow ลดลง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นทำให้ Adhesion Strength ลดลงเพราะความร้อนที่เพิ่มขึ้นทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่และเกิดการดึงออกของโมเลกุลได้ง่ายขึ้น สมบัติหลังการบ่มเร่งพบค่า Adhesion Strength เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนบ่มเร่ง

ส่วนการศึกษาคุณสมบัติการปรับปรุงโครงสร้างน้ำยางธรรมชาติมีดังนี้ ศุภวรรณ และสุกิจ, (2549) การศึกษาคุณสมบัติของน้ำยางอีพอกไซด์ที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาโดยการดัดแปลงโมเลกุลของน้ำยางธรรมชาติอีพอกไซด์ โดยได้พัฒนาคุณสมบัติการยึดติดของกาวจากน้ำยางธรรมชาติอีพอกไซด์ โดยการใส่สารเพิ่มการยึดติด 2 ชนิดคือ เทอร์พีนฟีนอลิกเรซินและปีโตรเลียมเรซินตามอัตราส่วนในกาวสูตรปกติ ผลการทดสอบที่ได้เปรียบเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.521-2527 และ มอก.360-2530) พบว่ากาวที่ใส่เทอร์พีนฟีนอลิกเรซินเป็นสารเพิ่มการยึดติดปริมาณ 60 phr เป็นกาวสูตรที่ดีที่สุด เนื่องจากมีเนื้อกาว ความหนืด และความหนาแน่นผ่านมาตรฐาน ในส่วนของความต้านทานแรงลอกและความต้านทานแรงเฉือนค่าที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นกาวที่ใช้ติดไม้ พบว่าความต้านทานแรงเฉือนมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณสารเพิ่มการยึดติดที่ใส่ในกาว ฉัตรปกรณ์และคณะ (2547) ปรับปรุงคุณภาพของกาวจากน้ำยางธรรมชาติอีพอกไซด์เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ ยางพาราโดยการผสมน้ำยางธรรมชาติอีพอกไซด์ สารเคมีและสารเพิ่มความเหนียวคือแป้งข้าวเหนียว เจลลาตินไนซ์ นำผลการทดสอบที่ได้เปรียบเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.181-2530) พบว่ากาว 5 ใช้ 10% wt แป้งข้าวเหนียวเจลาตินไนซ์เป็นสารเพิ่มความเหนียวในปริมาณ 60 phr เป็นกาวสูตรที่ดีที่สุด เพราะมีเนื้อกาว ความหนืด และความหนาแน่นผ่านมาตรฐาน แต่ค่าความต้านทานแรงลอกและความต้านทานแรงเฉือนต่ำกว่ามาตรฐาน แต่มีค่าใกล้เคียงกับกาวที่โอเอและกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เป็นกาวที่ใช้สำหรับติดไม้ ความต้านทานแรงเฉือนมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณสารเพิ่มความเหนียวที่ใส่ในกาว ปรับปรุงโครงสร้างของกาวยางธรรมชาติอีพอกไซด์จากงานวิจัยของเจริญและคณะ (2548) ทำกาวยางธรรมชาติอีพอกไซด์สำหรับติดประสานงานไม้ในระบบสององค์ประกอบจากยางธรรมชาติอีพอกไซด์ 40% โมลอีพอกไซด์ที่ผ่านการลดน้ำหนักโมเลกุลในรูปน้ำยางโดยวิธี Chain-Scission Parallels with Epoxidation โดยทำการศึกษานิตและปริมาณสารช่วยปรับปรุงการยึดติด ปริมาณสารตัวเร่งรวมทั้งปริมาณไอโซไซยานเตอสิสในพรีพอลิเมอร์ไอโซไซยานเตอ พบว่าใช้คิวมาโรนอินเดนเรซิน 30 phr ร่วมกับ Dabco T-9 10 phr โดยใช้ 25% ไอโซไซยานเตอสิสพรีพอลิเมอร์ไอโซไซยานเตอเป็นสารทำให้เกิดการเชื่อมโยง สารละลายกาวยาง ENR-40 ที่เตรียมได้มีค่าความต้านทานต่อแรงเฉือน

ค่าความต้านทานต่อแรงปอกและการทนน้ำ ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกาวยาง (มอก. 521-2527) นอกจากนี้ยังพบว่าสารละลายกาวยางที่เตรียมได้มีความแข็งแรงในการยึดสูงกว่า สารละลายกาวยางในเชิงการค้า นอกจากนี้มีงานวิจัยเกี่ยวกับการผลิตกาวติดไม้จากน้ำยางธรรมชาติ ดัดแปลงโมเลกุล นำยางพารามาเป็นกาวโดยวิธีการลดขนาดโมเลกุลของยางพาราลงจนกระทั่งมีขนาด โมเลกุลพอเหมาะแก่กาวติดไม้ นำมาตัดให้โมเลกุลเล็กลงด้วยวิธีต่างๆ เช่นใช้วิธีทางเคมีจะสามารถลด น้ำหนักโมเลกุลลงได้ในระดับหนึ่งและเมื่อนำมาผ่านกระบวนการต่างๆ เพื่อผลิตเป็นกาวแล้วจะได้กาว ที่มีความแข็งแรงในการเชื่อมติดสูงมาก และสามารถนำมาใช้ติดประสานไม้ในวงการอุตสาหกรรมเช่น เฟอร์นิเจอร์ ก่อสร้างและพัฒนาเป็นบรรจุภัณฑ์ Christell และคณะ (2539) ได้เตรียมกาวน้ำยางพอ ลีคลอโรพรีนที่มีส่วนประกอบของ Xanthogen disulfide-modified-2-chloro-1,3-butadiene homopolymer โดยอิมัลชันพอลิเมโรเซชันใช้ฟรีเรดิเคิลเริ่มต้นปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 5-20°C ได้กาว ที่มีสมบัติการใช้งานที่อุณหภูมิสูง Sandip D. (2546) นำน้ำยางสังเคราะห์ที่มีสมบัติความเป็นขั้วตัว อื่นๆ มาใช้ในการเตรียมกาวเพื่อใช้ในการยึดติดไม้ โดยเตรียมกาวพอลิยูรีเทนโดยใช้พอลิออลที่สกัด จากมันฝรั่งและน้ำมันพืชพบว่าอัตราส่วนระหว่างไดโอะไซยานเนตและพอลิออลที่ทำให้สมบัติการยึด ติดของกาวดีที่สุด คือในสัดส่วน 1:3 และมีสมบัติของการยึดติดกับไม้ที่ดีขึ้นเมื่อใช้พอลิออลที่สกัดได้ จากน้ำมันพืช และมีสมบัติการยึดติดเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณของหมู่ไฮดรอกซิลเพราะมีการเกิดการ เชื่อมโยงมากขึ้น ในปี 2546 Wolfgang และคณะได้ใส่ Melamine-Formaldehyde ใน Cell Walls เพื่อปรับปรุงสมบัติด้านความทนทานต่อแรงกดและการแตกของไม้ Wentworth, et al. 2548 พบว่า กาวเหลวที่มีส่วนประกอบของเอสเทอร์ทั้งสายโซ่สั้นและยาวเป็นตัวช่วยยึดเหนี่ยว Wenninger, et al. (2546) ผลิตเทปกาวที่สามารถติดได้เอง โดยมีส่วนผสมของน้ำยางธรรมชาติ 35-70% และเรซินมี ส่วนประกอบของไฮโดรคาร์บอน 20-65% เรซินที่ปรับปรุงโครงสร้าง 0.5-20% โดยน้ำหนัก Ozawa Osamu and Saitoh Tomoji (2000) พบว่ายางที่ใส่สาร 2,4-dimercapto-6-substituted-1,3,5-triazine และสาร epoxy เป็นตัวเชื่อมโยงเพื่อปรับปรุงให้คุณภาพยางในแง่ของทางด้านกายภาพและ ทางเคมีดีขึ้น ในงานวิจัยที่การผสมยางธรรมชาติกับสังเคราะห์ที่ได้แก่ สุเชษฐ์ (2547) เตรียมกาวน้ำยาง จากกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับเมทิลเมทาคริเลท โดยการพอลิเมโรซิสแบบอิมัลชันทำ ปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 50°C เตรียมกาวจาก NR-g-PMMA ให้อยู่ในรูปที่มีน้ำเป็นตัวกลาง พบว่ากาวที่ใช้ เมทิลเมทาคริเลทสูงมีค่าความตึงผิวต่ำและมีค่าความแข็งแรงการติดประสานที่สูง ลดน้ำหนัก โมเลกุล NR-g-PMMA latex โดยเติมโปแทสเซียมเปอร์ซัลเฟสปริมาณ 1 phr และโพรพาแนลปริ มาน 15 phr ลดน้ำหนักโมเลกุลที่อุณหภูมิ 65°C แปรเวลาที่ใช้ลดน้ำหนักโมเลกุล 0-30 ชั่วโมง พบว่าน้ำหนักโมเลกุลลดลงตามเวลาที่ใช้ในปฏิกิริยาการลดน้ำหนักโมเลกุลและได้น้ำหนักต่ำสุด ของ NR-g-PMMA ที่เวลา 30 ชั่วโมง กาวที่เตรียมจาก NR-g-PMMA ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำมีความ แข็งแรงการติดประสานที่สูงกว่ากาวที่เตรียมจาก NR-g-PMMA ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง จากการ แปรปริมาณควมวโรนอินเดนเรซินเป็นสารเพิ่มการยึดติด 0-75 phr พบว่าปริมาณสารเพิ่มการยึด

สูงมีความแข็งแรงการติดสูงที่ 50 phr ความเข้ากันได้ NR-g-PMMA กับสารเพิ่มการยึดติดที่อุณหภูมิ คล้ายแก้ว NR-g-PMMA คิวมาโรอินเดนเรซินเข้ากับ NR-g-PMMA ได้ดีพบว่ามีความแข็งแรง การติดประสานที่สูงกว่ากาวที่มีเทอร์พีนเรซินเป็นสารเพิ่มการยึดติด คิดที่นำผลการทดลองใช้งานวิจัย ผสม NR/PMMA เพื่อใช้ทำกาวยึดติดไม้ Riyajan และ Chaiponban (2009) ได้ศึกษาสมบัติกายภาพ ทางฟิสิกส์ เชิงกลและทางความร้อนของพอลิเมอร์เบส NR/PVA ปัจจุบันมีผลต่อสมบัติของแผ่นฟิล์ม พบว่ายางเบส NR/PVA ผสมเข้ากันได้ดีเมื่อใช้ 60% Concentrate Latex กับ 10%PVA

การเตรียมยางเหลวจากยางธรรมชาติโดยมีงานวิจัยของจิตต์ลัดดา (2547) เตรียมยางเหลว จากยางธรรมชาติที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงโดยการย่อยโมเลกุล เช่น การย่อยด้วยวิธีการกล วิธีทางเคมี ความร้อนและการทำปฏิกิริยาน้ำยางธรรมชาติกับสารเคมีได้อย่างเหลวที่มีความสะอาด ใส ไม่มีสี และมีโครงสร้างแน่นอน ต้นทุนการผลิตต่ำนำมาใช้ประโยชน์ทำเป็นกาวที่มีคุณภาพสูงทนต่อความดันสูง

น้ำยางธรรมชาติได้มาจากต้นยางพาราซึ่งน่าจะสามารถเข้ากันได้และจากสมบัติของ น้ำยางที่มีความสามารถยึดติดกันได้ดีกับวัสดุหลายชนิด น้ำยางธรรมชาติมีสมบัติเด่นๆ หลายอย่างที่สามารถนำมาศึกษาวิจัยเพื่อใช้ทำเป็นกาวสำหรับเป็นตัวเชื่อมประสานทดแทนกาวสังเคราะห์ คือ มีความเหนียวติดดี สามารถทนน้ำ ทนไฟ ไม่เป็นพิษ ไม่ปลดปล่อยสารพิษ หาง่าย ดังนั้นในการผลิต ไมยางพาราต่างๆ ที่ต้องการใช้กาวในการยึดติดนั้น จึงควรใช้กาวที่ผลิตมาจากน้ำยางธรรมชาติดีกว่า กาวสังเคราะห์ ควรจะพัฒนาคุณภาพของกาวให้เหมาะสมต่อการใช้งานมากขึ้นเนื่องจากสมบัติของ เนื้อไมยางพาราที่ประกอบด้วยเซลลูโลส ทำให้มีสมบัติความเป็นขั้วสูง แต่ยางธรรมชาติไม่มีขั้ว ดังนั้น การใช้กาวงานไม้ที่มีสมบัติความเป็นขั้วของเซลลูโลสที่เป็นองค์ประกอบของเนื้อไม้ จึงควรศึกษาในแง่ วิธีการปรับปรุงสมบัติของยางธรรมชาติ เพื่อใช้เตรียมกาวที่เหมาะสมสำหรับใช้งานในการผลิตแผ่นไม้ ประกอบให้มีความสามารถในการยึดติดชิ้นไม้ โดยอาศัยพัฒนาจากงานวิจัยที่เกี่ยวกับการเตรียมกาว การเตรียมสารที่ใส่เพื่อปรับปรุงสมบัติของกาวจากน้ำยางธรรมชาติให้ดีขึ้น

บทที่ 2

ระเบียบวิธีและวิธีการทดลอง

2.1 วัตถุดิบ

การศึกษาสมบัติกาวจากน้ำยางธรรมชาติเพื่อใช้ในงานไม้โดยวัตถุดิบ (น้ำยางและสารเคมี) การทดลองผลิตกาว 10 ชนิด ได้แก่ กาวน้ำยาง 4 ชนิด คือน้ำยางชั้น 30%DRC และ 60%DRC น้ำยางสด 30%DRC และน้ำยางสกิม 30%DRC น้ำยางธรรมชาติที่ปรับปรุงโครงสร้าง เช่นยางธรรมชาติอีพอกไซด์ ยางเหลว น้ำยางธรรมชาติเบลนด์ด้วยเมทิลเมทาโครเลทและน้ำยางธรรมชาติเบลนด์ด้วยกาวสังเคราะห์ Urea formaldehyde resin

การเตรียมกาวน้ำยางที่ปรับปรุงสูตรกาวโดยการเติมสารเพิ่มความเหนียวและสารเพิ่มความหนืดในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้สารเพิ่มความเหนียว 3 ชนิด ได้แก่ Coumarone indene resin resorcinol กับ Sumikanol 507 A และ Urea formaldehyde resin และเติมสารเพิ่มความหนืด 3 ชนิด ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียว และแป้งข้าวโพด เป็นต้น

2.2 สมบัติของน้ำยาง

การศึกษาสมบัติน้ำยางธรรมชาติก่อนนำไปทำกาวน้ำยาง ประกอบด้วยการวัดสมบัติต่างๆ

2.2.1 ปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solids contents, %TSC) ตามวิธีมาตรฐาน มอก. 521-2527

กวนตัวอย่างให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ชั่งตัวอย่าง 5 ± 0.001 กรัม ใส่ในภาชนะแบนและปากกว้างนำไปอบในตู้อบที่ควบคุมอุณหภูมิ $105 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่ทำให้เย็นในโถแก้วดูความชื้น ชั่งน้ำหนัก คำนวณหาปริมาณของแข็งทั้งหมด ดังนี้

$$\% \text{ TSC} = (\text{น้ำหนักของตัวอย่างหลังอบ} / \text{น้ำหนักของตัวอย่างก่อนอบ}) \times 100$$

2.2.2 ปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry rubber contents, %DRC) ตามวิธีมาตรฐาน ISO 2004-1988

ชั่งน้ำยาง 10 กรัมเติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตรเติม 2% CH_3COOH 80 มิลลิลิตรให้ยางจับตัวล้นและรีดยางมีความหนาไม่เกิน 2 มิลลิเมตร นำไปอบที่อุณหภูมิ $70 \pm 2^{\circ}\text{C}$ จนแห้ง ชั่งน้ำหนัก

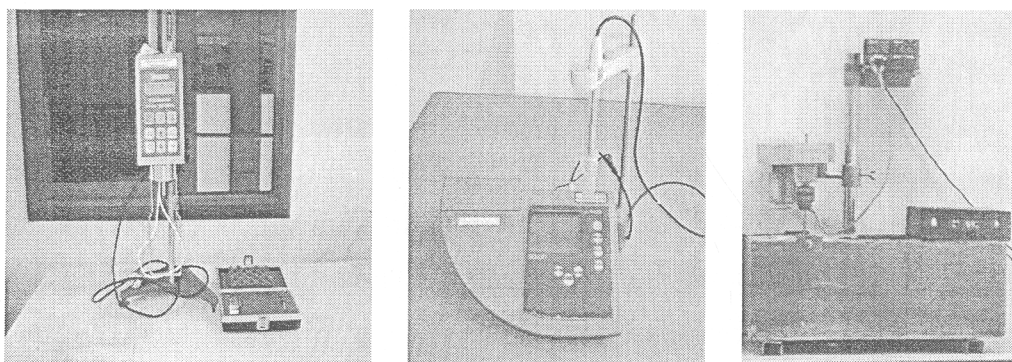
$$\text{การคำนวณค่า \% เนื้อยางแห้ง (\% DRC)} = (\text{น้ำหนักเนื้อยางแห้ง} / \text{น้ำหนักน้ำยางที่ใช้}) \times 100$$

2.2.3 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตามวิธีมาตรฐาน มอก. 521-2527 ดังนี้

กวนตัวอย่างให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ทดสอบเครื่องด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ pH 7 และ pH 4 วัด pH ของตัวอย่างโดยเครื่องวัด pH ยี่ห้อ SCHOOT รุ่น CG842 ทำการทดลอง 3 ครั้งหาค่าเฉลี่ย

2.2.4 ความหนืด (Viscosity) ตามวิธีมาตรฐาน มอก. 521-2527 ดังนี้

กวนตัวอย่าง 500 mL ในอ่างน้ำร้อนจนกระทั่งตัวอย่างมีอุณหภูมิ $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$ แล้วทดสอบโดยเครื่อง Brookfield viscometer ดังรูปที่ 2.1 a) โดยทำการเลือกแกนและความเร็วที่เหมาะสม รายงานค่าความหนืดเฉลี่ยจากการทดสอบ 3 ครั้ง



รูปที่ 2.1: a) เครื่อง Brookfield viscometer, b) เครื่องวัด pH, c) เครื่องกวน การผสมสารเคมี

2.3 การปรับปรุงโครงสร้างของน้ำยางธรรมชาติเพื่อทำกาว

2.3.1 การเตรียมน้ำยางธรรมชาติปรับปรุงโครงสร้าง

2.3.1.1 การเตรียมน้ำยางธรรมชาติอีพอกไซด์

ยางธรรมชาติอีพอกไซด์ (Epoxidised Natural Rubber : ENR) เป็นยางธรรมชาติปรับปรุงโครงสร้างให้มีสภาพความเป็นขี้มากขึ้น โดยใช้สารเคมีประเภทกรดเปอร์ออกซิโดยเตรียมเป็นน้ำยาง 25%ENR จากทำการเตรียมจากน้ำยางชั้น 60% ชนิดแอมโมเนียต่ำ (LA-type) 167 กรัม ใส่ปีกเกอร์ มีกระดาดฟรอยด์ปิด Magnetic stirrer ในเครื่องกวนดังรูปที่ 2.1 c) กวนความเร็ว 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที เติมน้ำบริสุทธิ์ที่ผ่านกระบวนการรีเวิร์สออสโมซิส (Reverse osmosis) 87.6 กรัม กวน 30 นาที แล้วเติม 10% ดิสเพอร์ชันกรดเทอริก 16 A/29 28.3 mL กวนต่อเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นค่อยๆ เติมสารละลายกรดฟอร์มิกความเข้มข้น 90% 10.8 mL ให้หมดภายในเวลา 30 นาที กวนตลอดเวลาและเพิ่มอุณหภูมิ 40°C ค่อยๆ เติมสารละลาย 50% สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 68 mL กวนตลอดเวลาที่อุณหภูมิ $58 \pm 3^{\circ}\text{C}$ เติมจนหมดใช้เวลา 4 ชั่วโมง แล้วลดอุณหภูมิเหลือ 30°C เติม 5% ดิสเพอร์ชันอีทิลโกลด์ 3.2 mL กวนต่อ 20 นาที รักษาสภาพโดยการเติม 10% สารละลายแอมโมเนีย 20 mL วัดค่าความเป็นกรด-ด่างให้อยู่ระหว่าง 6.5-7 รวมเป็นเวลา 8 ชั่วโมง

2.3.1.2 การเตรียมนยางเหลว

น้ำยางธรรมชาติปรับปรุงโครงสร้างเป็นยางเหลว LNR โดยการทำการลดน้ำหนักโมเลกุลยางเตรียมจากการทำปฏิกิริยา Depolymerization น้ำยางด้วยสาร Phenylhydrazine กับแก๊ซออกซิเจนที่อุณหภูมิ $60 \pm 5^{\circ}\text{C}$ เริ่มการเตรียมนยางเหลวจาก 10% Teric acid จำนวน 500 mL ผสมกับน้ำยางชั้นชนิด HA จำนวน 1,000 mL โดยใช้เครื่องกวน ทำการกวนผสมกันโดยใช้ความเร็ว 120 รอบต่อนาที เป็นเวลา 50 นาที หลังจากนั้นเติม 10% Phenylhydrazine จำนวน 500 mL ลงไปพร้อมกวนตลอดเวลา โดยใช้ความเร็วประมาณ 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 45 นาที และเติมน้ำลงไป 250 mL เพื่อเจือจางกวนต่อเป็นเวลา 20 นาที ปรับความเร็วรอบของการกวนเป็น 180 รอบต่อนาที ให้ความร้อน $55-65^{\circ}\text{C}$ ตลอดเวลาเป็นเวลา 24 ชั่วโมง อบด้วยเครื่อง Hot air oven (Memmert รุ่น

UE700 ควบคุมอุณหภูมิช่วง 0-200°C) ที่อุณหภูมิ 75-85°C เป็นเวลา 15 ชั่วโมง แล้วนำมาควนโดยใช้ความเร็ว 180 รอบต่อนาที เวลา 30 นาที ได้ยางเหลว LNR เป็นของเหลวสีน้ำตาลอ่อนออกเหลือง

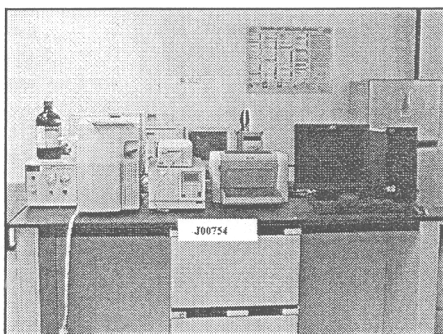
2.3.1.3 การเตรียมน้ำยางธรรมชาติเบลนด์ด้วยเมทิลเมทาไครเลท

การเพิ่มความเข้มข้นให้กับน้ำยางธรรมชาติโดยการเบลนด์ด้วย PMMA และลดน้ำหนักโมเลกุลน้ำยางจากการเบลนด์ NR/PMMA เริ่มจากการเตรียม 60% Concentrate Latex ผสมกับ 50% PMMA โดยแปรสัดส่วน NR : PMMA เป็น 70 : 30 ทำการควนผสมให้เข้ากันที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นทำการลดน้ำหนักโมเลกุลจากยางเบลนด์ NR/PMMA โดยเติมสารลดน้ำหนักโมเลกุลคือ โปแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต ปริมาณ 1 phr และ โพรพานอลปริมาณ 15 phr เติมลงไป ใน NR/PMMA ที่อุณหภูมิ 65°C ภายใต้บรรยากาศปกติ แล้วทำการแปรเวลาที่ใช้ลดน้ำหนักโมเลกุลเป็น 30 ชั่วโมง

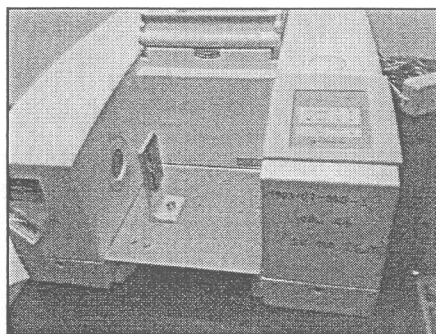
2.3.2 สมบัติของน้ำยางธรรมชาติปรับปรุงโครงสร้าง

โดยทำการทดสอบน้ำยางธรรมชาติที่ปรับปรุงโครงสร้าง เช่น น้ำยาง ENR น้ำยางธรรมชาติ ผสมกับน้ำยางสังเคราะห์ (NR/PMMA) ที่ลดน้ำหนักโมเลกุล และยางเหลว LNR น้ำยางธรรมชาติผสมกับกาวสังเคราะห์ (Urea formaldehyde resin) เป็นต้น

วิเคราะห์โครงสร้างของยางธรรมชาติที่ปรับปรุงโครงสร้าง ด้วยเทคนิคดังนี้ เทคนิค Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) แสดงดังรูปที่ 2.2 เทคนิค Fourier-Transform Nuclear Magnetic Resonance (FT-NMR) Spectroscopy โดยใช้ ^1H -observed experiment ของเครื่อง Fourier-Transform Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy 500 MHz, Unity Inova, Varian, Germany; methods WI-RES-NMR and REF-RES-NMR-022 ค่าน้ำหนักโมเลกุลด้วยเครื่องทดสอบ Gel Permeation Chromatography (GPC) แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.2 เครื่อง FT-IR



รูปที่ 2.3 เครื่อง GPC

การเตรียมตัวอย่างวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอินฟราเรด

ในการเตรียมตัวอย่างวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอินฟราเรด โดยเตรียมละลายตัวอย่างให้อยู่ในรูปสารละลายของคาร์บอนเตตระคลอไรด์ (CCl_4) นำไปเคลือบบนแผ่นผลึกโซเดียมคลอไรด์

(NaCl) หรือโปแตสเซียมโบรไมด์ (KBr) ละเอียดทำละลายออก แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ส่วนการตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันด้วยเครื่อง FT-IR และ FT-NMR ของน้ำยาง ENR เพื่อหาเปอร์เซ็นต์อีพอกไซด์ ใช้คำนวณค่า Absorbance ratio (Ar) แล้วนำมาเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานโมลเปอร์เซ็นต์อีพอกไซด์ของยางธรรมชาติอีพอกไซด์

การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรสโคปี

เทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรสโคปี (Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy Technique, NMR) ที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นแบบโปรตอนนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรสโคปี ($^1\text{H-NMR}$) การทดสอบอย่างตัวอย่างวิเคราะห์ด้วยเครื่องนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์แสดงหมู่ฟังก์ชันต่างๆ ส่วนยางอีพอกไซด์หาเปอร์เซ็นต์อีพอกไซด์ได้จาก Intergrated area (A) ได้สัญญาณ 5.14 ppm (cis-double bond) และ 2.70 (cis-epoxy) คำนวณได้ดังนี้ (ไพโรจน์, 2540)

$$\% \text{ mole epoxy} = \frac{A_{2.7}}{A_{2.7} + A_{5.14}} \times 100$$

โดยที่ % mole epoxy = เปอร์เซ็นต์อีพอกไซด์

$A_{2.7}$ = Intergrated area (A) ได้สัญญาณที่ 2.7 ppm

$A_{5.14}$ = Intergrated area (A) ได้สัญญาณที่ 5.14 ppm

เทคนิค $^1\text{H-NMR}$ (Proton nuclear magnetic resonance) และ $^{13}\text{C-NMR}$ (Carbon-13 nuclear magnetic resonance) หาปริมาณหมู่อีพอกไซด์โดยการเปรียบเทียบพื้นที่ของเรโซแนนซ์พีค (Resonance peak) นอกจากนั้นวิธีการนี้ยังมีข้อได้เปรียบ คือใช้ตรวจสอบหาหมู่ฟังก์ชันอื่นๆ ที่ไม่ใช่หมู่อีพอกไซด์ในตัวอย่างได้อีกด้วย สเปกตรัมที่ได้จากเทคนิค $^1\text{H-NMR}$ (ไพโรจน์และคณะ, 2540)

2.4 กาวน้ำยางธรรมชาติ

การศึกษาอิทธิพลชนิดของน้ำยางธรรมชาติที่ส่งผลกระทบต่อสมบัติของกาวน้ำยาง โดยแปรชนิดของน้ำยางธรรมชาติ ดังนี้ น้ำยางชั้น 60%DRC และน้ำยางชั้น น้ำยางสกิน และน้ำยางสด 30%DRC ตัวอย่างขั้นตอนการเตรียมกาวน้ำยางธรรมชาติโดยใช้สัดส่วนปริมาณสารเคมีดังตาราง 2.1

ขั้นตอนการเตรียมกาวน้ำยางธรรมชาติ

- 1) กวนน้ำยางด้วยความเร็ว 200 รอบต่อนาทีด้วยเครื่องกวนผสมสายี่ห้อ KENJI รุ่น RTL-HTMS-01 โดยให้อุณหภูมิน้ำยาง 50-60°C เติม 20% โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ กวน 5 นาที
- 2) แบ่งสารละลาย 10% โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 3 ส่วน เติมส่วนแรกในน้ำยาง กวนให้เข้ากัน
- 3) เติม 10% โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ส่วนที่ 2 ลงในสารเพิ่มความเหนียวหรือสารเพิ่มความหนืด กวนให้เข้ากัน เพื่อเป็นการปรับ pH ของสารเพิ่มความเหนียวและสารเพิ่มความหนืด

- 4) เติมสารเพิ่มความเหนียวหรือสารเพิ่มความหนืดร่วมกับเติม 10% โพลแทสเซียมไฮดรอกไซด์ แล้วลงไปโดยค่อยๆ เติม กวนโดยเพิ่มความเร็วจนสารเคมีผสมเข้ากับน้ำยาง
- 5) เติมสารเคมีอื่นๆ ลงไป กวนด้วยความเร็ว 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที
- 6) เติมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 10% ที่เหลือในส่วนที่ 3 ลงไปกวนให้เข้ากัน เพื่อเป็นการปรับ pH ของกาว
- 7) ลดความเร็วลงช้าๆ บ่มกาวไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปทดสอบสมบัติต่างๆ

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบและปริมาณสารเคมีในสูตรกาวน้ำยาง

สารเคมี	ปริมาณสาร (phr)
60% Concentrate Latex*	100.0
50% Sulphur	2.0
50% ZDC	1.0
20% Potassium Oleate	3.0
10% Bentonite	6.0
50% ZnO	2.0
50% Wingstay L	1.0
10% Potassium hydroxide	3.0
25% Tackifier**	15, 30,60
5% Thickener***	50, 60, 70

หมายเหตุ

* น้ำยาง: 4 ชนิด ได้แก่ 30%DRC (น้ำยางสดน้ำยางสกิมน้ำยางข้น) น้ำยางข้น 60%DRC

** Tackifier: 3 ชนิด ได้แก่ Coumarone resin, Resorcinol, กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์

*** Thickener: 3 ชนิด ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวโพด

2.4.1 อิทธิพลของสารเพิ่มความเหนียวและสารเพิ่มความหนืดที่ต่อสมบัติกาวยาง

การศึกษาอิทธิพลของปริมาณสารเพิ่มความเหนียว และสารเพิ่มความหนืดที่ส่งผลกระทบต่อสมบัติของกาวน้ำยางธรรมชาติ และน้ำยางธรรมชาติที่ปรับปรุงโครงสร้าง โดยทำการแปรชนิดสารนำมาปรับปรุงโครงสร้างของน้ำยางธรรมชาติ เช่น น้ำยาง ENR ยางเหลว LNR และน้ำยางธรรมชาติผสมกับน้ำยางสังเคราะห์ (NR/PMMA) ที่ทำการลดน้ำหนักโมเลกุล น้ำยางธรรมชาติผสมกับกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นต้น แล้วนำมาทำกาวโดยมีขั้นตอนการเตรียมกาวน้ำยางธรรมชาติตามข้างต้น โดยทำการศึกษาแปรชนิดและปริมาณของสารเพิ่มความเหนียวและสารเพิ่มความหนืด ดังนี้

2.4.3.1 สารเพิ่มความเหนียว 3 ชนิด คือ กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (UF), คิวมาโรนเรซิน (Coumarone resin) และ รีซอซินอล (Resorcinol) กับ ซุมิกานอล 507 เอ (Sumikanol 507 A) ที่ความเข้มข้น 25% โดยแปรปริมาณ เป็น 15, 30 และ 45 phr ตามลำดับ

2.4.3.2 สารเพิ่มความหนืด 3 ชนิด คือ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียว และแป้งข้าวโพดที่ความเข้มข้น 5% โดยแปรปริมาณ เป็น 50, 60 และ 70 phr ตามลำดับ

2.5 การทดสอบสมบัติของกาวน้ำยาง

สมบัติของกาวน้ำยางและการเปรียบเทียบสมบัติของกาวน้ำยางกับกาวสังเคราะห์สามารถทำการทดสอบโดยการนำสมบัติของกาวน้ำยางที่ได้มาเปรียบเทียบกับสมบัติของกาวสังเคราะห์ ซึ่งการทดสอบสมบัติของกาวจากน้ำยางธรรมชาติสูตรต่างๆ โดยอ้างอิงวิธีการจากมาตรฐาน JIS K6833-1994 และมอก. 521-2527 และมอก.360-2530 โดยสมบัติที่ศึกษาได้แก่ สภาพทั่วไป ปริมาณของเนื้อกาวแห้ง ความเป็นกรด-ด่าง ความหนืด การเซตตัว อายุการจัดเก็บ ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์อิสระในกาว ลักษณะการยึดติด ความแข็งแรงเหนียว และความทนทานต่อน้ำ เป็นต้น

สมบัติของกาวน้ำยางและกาวสังเคราะห์

ทดสอบสมบัติของกาวจากน้ำยางธรรมชาติสูตรต่างๆ โดยอ้างอิงวิธีการจากมาตรฐาน JIS K6833-1994 (General Testing Methods for Adhesive) และวิธีการตามมาตรฐาน มอก. 521-2527 และ มอก.360-2530 ซึ่งการทดสอบสมบัติต่างๆ ของกาวจากน้ำยางธรรมชาติดังนี้

2.5.1 สภาพทั่วไป (Appearance)

เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของกาวที่ผลิตได้โดยนำกาวจากน้ำยางธรรมชาติแต่ละสูตรที่ผลิตได้บรรจุลงในขวดพลาสติกใสที่สามารถสังเกต สี กลิ่น การตกตะกอน และการแยกชั้น โดยจะสังเกตหลังผลิตและบ่มไว้ 24 ชั่วโมง แล้วบันทึกผลหลังจากนั้นจะสังเกตทุกๆ 3 วัน และทุกๆ 7 วัน บันทึกผลต่อเนื่องเป็นเวลาหนึ่งเดือน

2.5.2 ค่าความหนืด

ค่าความหนืดวัดโดยใช้เครื่องวัดความหนืดของน้ำยางและกาว ยี่ห้อ Brookfield รุ่น RVDV-II+ ทดสอบตามวิธีการในข้อ 2.2.4 ทำการวัดค่าความหนืด 3 ครั้งนำมาหาค่าเฉลี่ย และวัดค่าความหนืดของกาวจากน้ำยางธรรมชาติแต่ละสูตรทุก 3 วันและทุก 7 วัน บันทึกผลเป็นเวลาหนึ่งเดือน

2.5.3 ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

การความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของกาวจากน้ำยางธรรมชาติแต่ละสูตรที่ผ่านการบ่ม 24 ชั่วโมง ทำการวัดตามวิธีการในข้อ 2.2.3 ทุกๆ 3 วัน และ 7 วัน บันทึกผลเป็นเวลาหนึ่งเดือน

2.5.4 ปริมาณเนื้อสารหรือปริมาณเนื้อกาวแห้ง

การหาปริมาณเนื้อสารหรือปริมาณเนื้อกาวแห้งทำการทดสอบตามวิธีการดังนี้ ชั่งตัวอย่างกาวธรรมชาติที่ผสมดีแล้วประมาณ 1 g ใส่ในภาชนะที่แบนหรือจานอลูมิเนียมให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน

นำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105 ± 1 องศาเซลเซียสใช้เวลา 180 ± 5 นาที หลังจากนั้นนำไปทำให้เย็นใน โถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก คำนวณหาปริมาณเนื้อสารหรือปริมาณเนื้อกาวแห้งด้วยสูตร

$$N = \frac{W_d}{W_s} \times 100$$

เมื่อ	N	=	nonvolatility (%)
	W_d	=	น้ำหนักของตัวอย่างหลังอบ (g)
	W_s	=	น้ำหนักของตัวอย่างก่อนอบ (g)

2.5.5 สมบัติการเซตตัว

สมบัติการเซตตัวตามมาตรฐาน มอก. 521-2527 โดยชั่งกาวปริมาณ 0.4839 กรัม ทาลงบนชิ้นไม้ทดสอบพื้นที่ 1,935.48 ตารางมิลลิเมตร โดยใช้ลูกกลิ้งในการทาที่อุณหภูมิห้องรองหน้าของกาวแห้งหมดแล้วนำชิ้นไม้มาประกบกัน เริ่มจับเวลาตั้งแต่เริ่มทา กาวจนกาวแห้งตัวเต็มที่โดยสังเกตได้จากการเหนียวติดมือของกาวถ้ากาวแห้งตัวเต็มที่กาวจะไม่ติดมือ (Zhongli และคณะ, 2005) ช่วงเวลาทาหิ้งไว้ (Open tack time) เป็นเวลาเริ่มทา กาวทิ้งไว้บนผิววัสดุจนถึงประกบผิววัสดุเข้าด้วยกันและช่วงเวลาแห้งตัว (Drying time) เป็นเวลาตั้งแต่ประกบผิววัสดุติดกันและรีดปล่อยหิ้งไว้จนกาวแห้งตัว เมื่อแตะกาวจะไม่ติดมือ

2.5.6 อายุการจัดเก็บกาวยางธรรมชาติ

การหาอายุการจัดเก็บกาวยางธรรมชาติ (Storage life) ทดสอบโดยนำกาวยางธรรมชาติที่ผสมเสร็จในแต่ละสูตร 50 g ใส่ในบีกเกอร์ ขนาด 100 g แล้วใช้แท่งแก้วคน เริ่มทำการจับเวลาและสังเกตการเปลี่ยนแปลงโดยดูที่ความหนืด ความเหนียว กระบวนการกลายเป็นเจล ลักษณะหยดกาว แยกชั้น การเปลี่ยนสี เวลาที่ใช้การเกิดการเปลี่ยนแปลง เวลาการเสียสภาพและสมบัติที่เปลี่ยนแปลง

2.5.7 ระยะเวลาในการเซตตัวของกาว

ระยะเวลาในการเซตตัวของกาว (Gel time) ทดสอบโดยการนำกาวจากน้ำยางมาจำนวน 100 mL เติมตัวเร่งปฏิกิริยา (แอมโมเนียมคลอไรด์) ลงไปจำนวน 4 mL นำส่วนผสมที่ได้ใส่หลอดทดลองประมาณ 2 mL แล้วนำไปต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส ขณะต้มให้คนไปด้วยตลอดเวลาจนกาวเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นเจล จับเวลาตั้งแต่เริ่มจุ่มกาวในน้ำเดือดจนกระทั่งกาวกลายเป็นเจล อ่านค่าแล้วบันทึกผลทดสอบตัวอย่างละ 3 ครั้ง นำมาหาค่าเฉลี่ย

2.5.8 การตรวจสอบปริมาณฟอรั่มัลดีไฮด์อิสระในกาว

การตรวจสอบปริมาณฟอรั่มัลดีไฮด์อิสระในกาวยางธรรมชาติทำตามขั้นตอนการสอบหาปริมาณฟอรั่มัลดีไฮด์อิสระในกาวของบริษัทแห่งหนึ่ง ตามขั้นตอนต่อไปนี้

- 1) ชั่งกาว 5 กรัม ใส่ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 mL แล้วตามด้วย DMSO (Dimethylsulphoxide) 50 mL โดยเติมอย่างรวดเร็วภายใน 5 วินาที คนให้เข้ากัน
- 2) เติม 30 mL 0.1 M HCl ใน Na_2SO_3 (80 mL 1 M Na_2SO_3 + 20 mL 0.5 M HCl)
- 3) ให้ความเย็นประมาณ 3 นาที แล้วเติม 0.1% Tymoiphthalein อินดิเคเตอร์
- 4) ไตเตรตด้วย 0.1 N NaOH (ควรใช้เวลาน้อยกว่า 1 นาที) สีเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีฟ้า
- 5) บันทึกปริมาตรของ 0.1 N NaOH ที่ใช้
- 6) เตรียม blank เพื่อเปรียบเทียบ โดยเริ่มตั้งแต่ข้อ 1-5 แต่ไม่ต้องใส่กาวลงไป
- 7) ทำซ้ำ 2 ครั้ง คำนวณด้วยสมการดังต่อไปนี้

$$\text{ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์อิสระ (\%)} = (V_2 - V_1) / W \times 3002 \times M$$

โดย V_1 = ปริมาตรของ 0.1 N NaOH ที่ใช้ในการไตเตรตเรซิน

V_2 = ปริมาตรของ 0.1 N NaOH ที่ใช้ในการไตเตรต blank

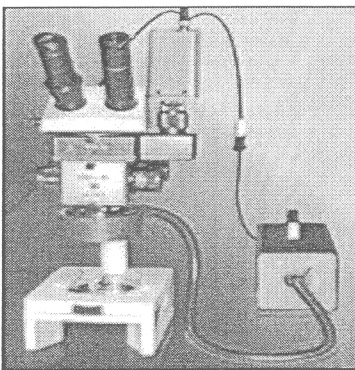
M = ค่าความเข้มข้นจริงของ NaOH

W = น้ำหนักของกาวที่ใช้ (g)

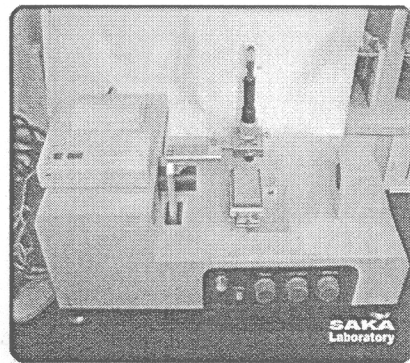
2.5.9 การศึกษาลักษณะการยึดติดของกาวยางธรรมชาติ

มุมสัมผัส (Contact angle)

การศึกษาลักษณะการยึดติดของกาวยางธรรมชาติโดยการวัดมุมสัมผัสด้วยเครื่องวัดมุมสัมผัส (Contact angle meter) สำหรับวัดมุมสัมผัสของกาว ดังรูปที่ 2.4a และทำการวัดมุมสัมผัสของกาวยางธรรมชาติที่อยู่ในสถานะของเหลวกับไม้ โดยการนำกาวยางธรรมชาติหยดบนไม้ยางพารา แล้วส่องดูด้วยเครื่องวัดมุมสัมผัสทั้งไว้ตัวอย่างละ 5 วินาที จึงอ่านค่า ซึ่งการวัดมุมสัมผัสเพื่อหาความสามารถการเปียกที่ผิวหน้าไม้และความสามารถในการแทรกซึมของกาวได้



a. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ



b. เครื่องวัดมุมสัมผัส

รูปที่ 2.4 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาลักษณะการยึดติดของกาวยางธรรมชาติ

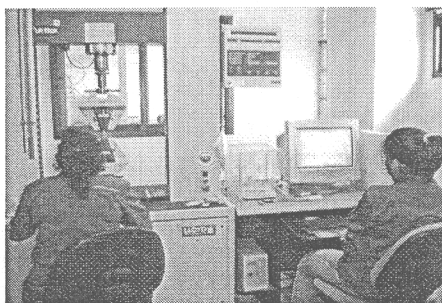
การแทรกซึม (Penetration) ของกาวยางธรรมชาติเข้าไปในเนื้อไม้สังเกตด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ (Stereoscopic microscope; ดังรูป 2.4b สำหรับส่องดูลักษณะการยึดติดและแนวกรวยโดยนำชิ้นทดสอบที่ผ่านการทดสอบความแข็งแรงเหนียวมาส่องดูแนวกรวย ลักษณะการยึดติดที่ผิวหน้าไม้ของกาวรวมทั้งลักษณะการแทรกซึมเข้าไปในเนื้อไม้และพันธะการยึดติด

2.5.10 ความแข็งแรงเหนียวของไม้หลังติดกาวยางธรรมชาติ

การทดสอบความแข็งแรงเหนียวของไม้หลังติดกาวยางธรรมชาติที่ผลิตขึ้นมานั้นตามมาตรฐาน ISO 6237 : 2003 โดยการตัดไม้ยาวพาราที่มีขนาด 85x25x20 มิลลิเมตร นำไปอบให้แห้งจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ และวัดปริมาณความชื้น (ไม่เกิน 12%) เมื่อได้ชิ้นตัวอย่างตามต้องการแล้วทำการทากาวยางธรรมชาติด้วยน้ำหนักทากาว 0.02 กรัมต่อตารางเซนติเมตร ใช้ช่วงเวลารอบประกบ 2 นาที และช่วงเวลารออัด 10 นาที นำชิ้นทดสอบไปอัดด้วยเครื่องอัดร้อนที่อุณหภูมิ 125 °C ใช้แรงอัด 15-20 MPa เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำชิ้นทดสอบไปควบคุมความชื้นเป็นเวลาหนึ่งสัปดาห์ หลังจากนั้นนำมาทดสอบความแข็งแรงเหนียวด้วยเครื่องทดสอบ (รูปที่ 2.5)

หลังจากทดสอบความแข็งแรงเหนียวจะนำชิ้นทดสอบมาศึกษาเปอร์เซ็นต์รอยแตก (% Wood failure) จากการทดสอบความแข็งแรงของพันธะการยึดติดระหว่างไม้กับกาว

$$\% \text{ Wood failure} = 100 \times (\text{พื้นที่ Wood failure} / \text{พื้นที่การยึดติดทั้งหมด})$$



เครื่องทดสอบ Universal Testing Machine
รูปที่ 2.5 ขั้นตอนการทดสอบความแข็งแรงเหนียว

2.5.11 สมบัติความทนทานต่อน้ำ

สมบัติความทนทานต่อน้ำตามมาตรฐานมอก. 360-2523 โดยการชั่งกาวที่เตรียมได้ปริมาณ 0.4839 กรัม ทาลงบนชิ้นไม้ทดสอบพื้นที่ 1,935.48 ตารางมิลลิเมตร (Zhongli และคณะ, 2005) ทั้งสองชิ้นโดยใช้ลูกกลิ้งทา ควบคุมปริมาณ ความชื้นและอุณหภูมิในการทา กาวบนแผ่นไม้ยาง รอยฉนวนหน้าของกาวแห้งหมาดนำชิ้นไม้ทั้งสองมาประกบกัน ทิ้งไว้จนกาวแห้งตัว ประมาณ 1 ชั่วโมง ทับด้วยแรงน้ำหนัก 5 กิโลกรัม เป็นเวลา 2 ชั่วโมง วางทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง นำไปแช่น้ำให้ท่วมชิ้นไม้ทดสอบที่อุณหภูมิห้อง โดยปล่อยทิ้งไว้ให้กาวหลุดเองและบันทึกเวลาที่กาวสามารถทนน้ำได้โดยไม่หลุด

2.6 การเปรียบเทียบสมบัติของกาวจากน้ำยางที่เตรียมได้กับกาวสังเคราะห์

การทดลองนี้ใช้สูตรกาวที่เติมสารเพิ่มความเหนียวชนิดและปริมาณต่างๆ เปรียบเทียบกับไม่ได้เติมสารเพิ่มความเหนียว โดยนำผลที่ได้จากการทดสอบสมบัติของกาวน้ำยางที่ปรับปรุงโครงสร้างเปรียบเทียบกับกาวสังเคราะห์คือ กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ที่ทดสอบสมบัติต่างๆ ดังต่อไปนี้ ปริมาณของแข็งทั้งหมด ความเป็นกรด-ด่าง ความหนืด การเซตตัว ความต้านทานแรงเฉือน เป็นต้น

2.7 การเปรียบเทียบราคากับกาวสังเคราะห์

สูตรกาวที่ผลิตได้นำไปคำนวณต้นทุนของราคาสารที่นำมาทำกาวเพื่อเปรียบเทียบราคากับกาวสังเคราะห์ จะเป็นศึกษาเปรียบเทียบความเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์ เพื่อเปรียบเทียบราคากับกาวสังเคราะห์ที่นิยมใช้ในงานไม้ทั่วไป (กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์)

บทที่ 3

ผลการวิจัย: การผลิตกาวจากน้ำยางธรรมชาติ

3.1 บทนำ

น้ำยางธรรมชาติ (Natural latex) เป็นวัตถุดิบพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการผลิตกาวเพื่อใช้ใน งานไม้ยางพารา มีความเหนียวติดที่ดี สามารถทนน้ำ และลดการเสี่ยงต่อการติดไฟ ไม่เป็นพิษ ไม่ ปลดปล่อย สารพิษที่เป็นอันตราย หาง่าย ราคาไม่แพง สามารถทดแทนวัตถุดิบนำเข้ามาจากต่างประเทศ ลดการขาดดุลทางการค้ากับต่างประเทศและเป็นการนำน้ำยางธรรมชาติมาเพิ่มมูลค่าเพิ่มโดยทำเป็น ผลิตภัณฑ์กาวธรรมชาติที่สามารถประยุกต์ใช้ในงานไม้ที่มีคุณภาพตามมาตรฐานกาวยางและสามารถ เพิ่มคุณภาพของกาวให้ดีขึ้นได้ นอกเหนือจากน้ำยางธรรมชาติแล้วยังมีน้ำยางสังเคราะห์ กาวสังเคราะห์ ไม้ยางพาราและสารเคมีต่างๆ ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาสมบัติที่สำคัญของน้ำยางธรรมชาติชนิดต่างๆ โดยทำการแปรชนิดของน้ำยางธรรมชาติ เช่น น้ำยางข้น (Concentrate Latex) 30% DRC, 60% DRC, น้ำยางสด (Fresh latex) 30% DRC และน้ำยางskim (Skim latex) 30% DRC ดังตาราง 3.1

ตารางที่ 3.1 สมบัติวัตถุดิบที่ใช้สำหรับการผลิตกาวจากน้ำยางธรรมชาติ

ชนิดของน้ำยาง (% DRC)	TSC (%)	DRC (%)	pH	Viscosity (Cp)
Concentrate Latex (60)	61.8±0.2	60.2±0.2	10.7±0.5	57.5±0.3
Concentrate Latex (30)	31.5±0.4	30.2±0.3	10.3±0.3	36.0±0.2
Fresh latex (30)	33.8±0.6	30.3±0.5	9.4±0.7	31.5±0.5
Skim latex (30)	30.1±0.5	29.5±0.6	9.1±0.4	29.5±0.8

ผลการทดลองจากตารางที่ 3.1 พบได้ว่าน้ำยางข้นชนิด 60% DRC มีสมบัติของวัตถุดิบต่างๆ เช่น ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TSC; %) ปริมาณเนื้อยางแห้ง (DRC; %) ความหนืด (Viscosity; Cp) มากกว่าน้ำยางข้นชนิด 30% DRC, น้ำยางสด 30% DRC และน้ำยางskim 30% DRC ตามลำดับ ซึ่งจะใช้น้ำยางข้นชนิด 60% DRC เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตกาวจากน้ำยางธรรมชาติต่อไป

3.2 การเตรียมกาวน้ำยางธรรมชาติ

ศึกษาอิทธิพลของชนิดของน้ำยางธรรมชาติที่มีผลต่อการเตรียมกาว สมบัติของกาว และความ เข้ากันได้ของกาวจากน้ำยางธรรมชาติที่มีการเติมสารช่วยปรับปรุงสมบัติการยึดติด 2 ประเภท ได้แก่ สารเพิ่มความเหนียวและสารเพิ่มความหนืด โดยทำการแปรทั้งชนิดและปริมาณ ซึ่งในแต่ละ ประเภทจะประกอบด้วยสารเพิ่มความเหนียว (Tackifier) 3 ชนิด ได้แก่ Coumarone resin,

Resorcinol Sumikanol 507A และ Urea formaldehyde resin และสารเพิ่มความหนืด (Thickener) 3 ชนิด ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียว และแป้งข้าวโพด เป็นต้น

ขั้นตอนการเตรียมกาวจากน้ำยางธรรมชาติ

1. ชั่งน้ำยางและสารเคมีเพื่อเตรียมกาวตามสูตรตัวอย่าง ดังตารางที่ 3.2 โดยเป็นตัวอย่างสูตรกาวจากน้ำยางธรรมชาติที่ทำการแปรชนิดของน้ำยาง เช่น น้ำยางชั้น 60% DRC, น้ำยางชั้น 30% DRC, น้ำยางสด 30% DRC, น้ำยางสกิม 30% DRC และสารเคมีต่างๆ ตามสูตรการเตรียมน้ำยางธรรมชาติ โดยมีการศึกษาขั้นตอนการเตรียมกาวและได้กาวน้ำยางชนิดต่างๆ ผลดังรูปที่ 3.1

ตารางที่ 3.2 ส่วนประกอบและปริมาณสารเคมีในสูตรกาวน้ำยางธรรมชาติ

สารเคมี	สัดส่วน	
	น้ำหนักแห้ง	น้ำหนักเปียก
60% Concentrate Latex*	100.0	167.0
50% Sulphur	2.0	4.0
50% ZDC	1.0	2.0
20% Potassium Oleate	3.0	15.0
10% Bentonite	6.0	60.0
50% ZnO	2.0	4.0
50% Wingstay L	1.0	2.0
10% Potassium hydroxide	3.0	30.0
50% Tackifier**	แปรชนิด ปริมาณ	แปรชนิด ปริมาณ
5% Thickener***		

หมายเหตุ * แปรชนิดของน้ำยาง

** Tackifier: 3 ชนิด ได้แก่ Coumarone resin, Resorcinol Sumikanol 507A, และ Urea formaldehyde resin โดยแปรปริมาณ เป็น 15, 30 และ 45 phr ตามลำดับ

*** Thickener: 3 ชนิด ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวโพด โดยแปรปริมาณ เป็น 50, 60 และ 70 phr ตามลำดับ

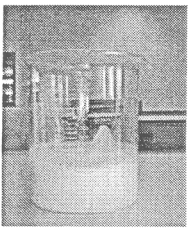
2. ทำการกวนน้ำยางด้วยความเร็ว 200 รอบต่อนาที โดยควบคุมอุณหภูมิน้ำยาง 50-60°C เติมสารละลายโพแทสเซียมโอเลตความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ (%) 15 mL กวนให้เข้ากัน 5 นาที

3. แบ่งสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 10% เป็น 3 ส่วน เติมส่วนแรกลงในน้ำยางและกวนให้ผสมเข้ากันเป็นเนื้อเดียว

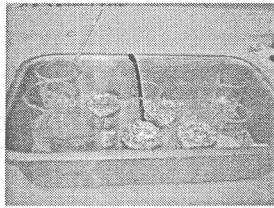
4. เติม 10% โพลแทสเซียมไฮดรอกไซด์ส่วนที่ 2 ในสารเพิ่มความเหนียวหรือสารเพิ่มความหนืด กวนให้เข้ากัน เพื่อเป็นการปรับ pH ของสาร
5. เติมสารเพิ่มความเหนียวหรือสารเพิ่มความหนืดที่เติม 10% โพลแทสเซียมไฮดรอกไซด์ แล้วลงไปโดยค่อยๆ เติมและกวนโดยเพิ่มความเร็วขึ้นจนสารเคมีผสมเข้ากับน้ำยาง
6. เติมสารเคมีอื่นๆ ลงไป กวนด้วยความเร็ว 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที
7. เติมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่เหลือในส่วนที่ 3 กวนให้เข้ากันเพื่อปรับค่า pH กว
8. ลดความเร็วลงช้าๆ ถ่ายลงในขวดภาชนะแก้วที่มีฝาปิดเก็บไว้
9. บ่มกาวไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปทดสอบสมบัติของกาวน้ำยางธรรมชาติตามมาตรฐาน

การเตรียมกาวน้ำยางธรรมชาติ

(1) ชั่งวัสดุต่างๆ ตามสูตรตารางที่ 3.2

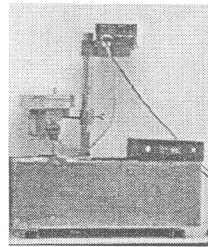


น้ำยาง



สารเคมี

(2) เติม 20% K-oleate
กวน 5 นาที และเติม 10% KOH

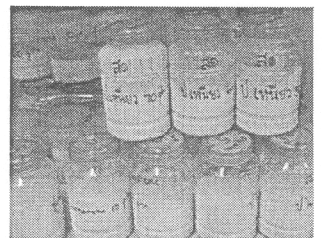
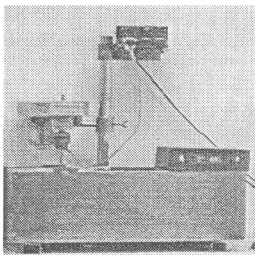
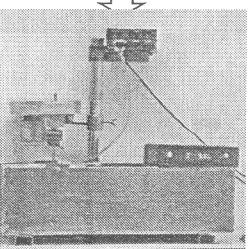
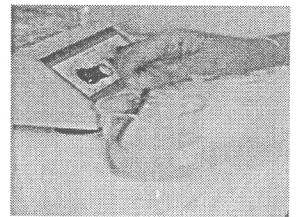
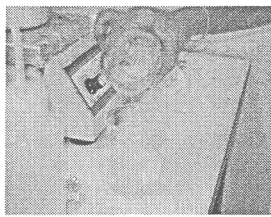
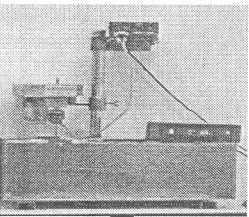


(3) 10% KOH ผสม

Tackifier หรือ Thickener

(4) เติม 10% KOH +

Tackifier หรือ Thickener



(5) เติมสารเคมีอื่นๆ
กวน 30 นาที

(6) เติม KOH ส่วนที่ 3
ลดความเร็วลง

(7) บ่มกาวน้ำยาง 24 ชั่วโมง

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการเตรียมกาวน้ำยางชนิดต่างๆ ในขวดภาชนะแก้วที่มีฝาปิด

3.3 สมบัติกาว

การเตรียมกาวจากน้ำยางธรรมชาติเพื่อศึกษาอิทธิพลและชนิดของน้ำยางธรรมชาติที่ส่งผลต่อสมบัติของกาวน้ำยาง โดยศึกษาชนิดและปริมาณของสารเพิ่มความเหนียวเพื่อช่วยปรับปรุงการยึดติดในการเตรียมกาวจากน้ำยางธรรมชาติที่เติมสารเพิ่มความเหนียว 3 ชนิด ได้แก่ Coumarone resin, Resorcinol Sumikanol 507A และ Urea formaldehyde resin โดยแปรปริมาณ 15, 30 และ 45 phr ตามลำดับ และศึกษาชนิดและปริมาณของสารเพิ่มความหนืด เพื่อช่วยในการเปียก 3 ชนิด ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวโพด โดยแปรปริมาณ 50, 60 และ 70 phr ตามลำดับ

การศึกษาลักษณะทางกายภาพและสมบัติด้านต่างๆ ได้แก่ ปริมาณเนื้อกาว ความหนืด ความเป็นกรด-ด่าง ระยะเวลาการเซตตัว ความต้านทานแรงเฉือน ลักษณะการยึดติด หลังจากการศึกษานิตและปริมาณสารเพิ่มความเหนียวเพื่อช่วยปรับปรุงการยึดติดของกาวน้ำยางธรรมชาติที่เติมสารเพิ่มความเหนียวและเติมสารเพิ่มความหนืดต่อสัดส่วนของกาวธรรมชาติต่อลักษณะความเข้ากันได้ จะพบว่ากาวน้ำยางธรรมชาติแต่ละชนิดมีลักษณะและสมบัติแตกต่างกัน ดังนี้

3.3.1 ลักษณะทางกายภาพของกาวน้ำยาง

กาวน้ำยางที่เตรียมได้มีลักษณะทางกายภาพที่สังเกตได้จากสี กลิ่น ลักษณะการแบ่งชั้นและลักษณะของการตกตะกอน *ดูรายละเอียดเพิ่มเติมดังภาคผนวกที่ 5*

3.3.1.1 สี กาวจากน้ำยางธรรมชาติแต่ละชนิดจะมีสีขาวขุ่นปนเหลืองคล้ำขุ่นมสด ยกเว้นกาวน้ำยางที่เติม Coumarone inden resin จะมีสีขาวขุ่นปนเหลือง กาวน้ำยางที่เติม Resocinol ผสมกับ sumikanol 507 A มีสีเทาและมีสีขาวของน้ำยางแยกชั้นอยู่ด้วย แต่เมื่อเขย่าจะเป็นเนื้อเดียวกันและเป็นสีดำ นอกจากนี้ยังพบอีกว่าสีของกาวไม่มีผลต่อการนำไปใช้งานไม้ ดังนั้นกาวน้ำยางธรรมชาติทุกชนิด นำไปใช้ในงานไม้ต่างๆ เช่น งานเฟอร์นิเจอร์ที่เน้นความสวยงามและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

3.3.1.2 การตกตะกอนและการแยกชั้น ลักษณะทางกายภาพของกาวน้ำยางที่สังเกตได้จากลักษณะของความสามารถเข้ากันได้ดีโดยไม่เกิดการแยกชั้น หรือไม่เกิดลักษณะของการตกตะกอนแยกชั้นในทุกชนิดของกาว รวมทั้งกาวที่เติมสารเพิ่มความเหนียวและสารเพิ่มความหนืด

3.3.1.3 กลิ่น กาวน้ำยางที่ไม่เติมสารเพิ่มความเหนียวและสารเพิ่มความหนืด กาวน้ำยางนั้นมีกลิ่นน้ำยาง กาวน้ำยางธรรมชาติที่เติมแป้งทุกชนิดไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้กาว เนื่องจากเป็นกลิ่นของน้ำยาง แป้ง และสารเคมีอ่อน ส่วนกาวน้ำยางธรรมชาติที่เติม Coumarone indent resin และกาวน้ำยางธรรมชาติที่เติม Resocinol กับ sumikanol 507 A ต้องมีการศึกษาต่อไปว่าสารเคมีที่ปล่อยกลิ่นออกมามีผลต่อผู้ใช้กาวในบพลัดไป ส่วนการแยกชั้นและการตกตะกอนของกาว พบว่ากาวจากน้ำยางธรรมชาติทุกชนิดไม่มีการแยกชั้นหรือเกิดการตกตะกอนบางครั้งเกิดบ้างแต่เมื่อเขย่าผสมเข้ากันได้ดี

3.3.2 สมบัติพื้นฐานของกาวน้ำยาง

การทดสอบสมบัติของกาวน้ำยางธรรมชาติที่ทำการศึกษา ได้แก่ ปริมาณเนื้อกาว (% Nonvolatility) หรือปริมาณเนื้อสาร (Total Solid content, TSC) ความหนืด (Viscosity) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ระยะเวลาการเซตตัว (Gel Time) ความต้านทานแรงเฉือน (Shear strength) และอายุการจัดเก็บ (Storage life) ซึ่งผลที่ได้การผลิตกาวน้ำยางที่เติมและไม่เติมสารเพิ่มความเหนียวและสารเพิ่มความหนืดเป็นดังตารางที่ 3.3 และตารางที่ 3.4

3.3.2.1 ความเป็นกรด-เบส

ผลจากการผลิตกาวน้ำยางที่เติมและไม่เติมสารเพิ่มความเหนียวและสารเพิ่มความหนืด พบว่าความเป็นกรด-เบส เมื่อระยะเวลาการบ่มกาวเพิ่มขึ้นและระยะเวลาในการเก็บนานขึ้นทำให้ค่าของกาวลดลง มีค่า pH 10 ± 2 ดังตารางที่ 3.3 (รายละเอียดเพิ่มในภาคผนวกที่ 5)

ตารางที่ 3.3 ปริมาณเนื้อสารและความเป็นกรด-ด่างของกาวน้ำยางแปรชนิดของสารเพิ่มความหนืด

สูตรกาว	% TSC/ ปริมาณ (phr)			pH/ ปริมาณสาร (phr)		
	50	60	70	50	60	70
แปรชนิดของ Thickener : น้ำยางชั้น 60%DRC						
เติมแป้งมันสำปะหลัง	63±1	65±1.5	71±2	12±0.3	12±1.2	12±0.9
เติมแป้งข้าวโพด	62±2	64±2.3	67±1.4	11±0.4	12±0.9	12±1
เติมแป้งข้าวเหนียว	60±2.3	63±1	70±2.5	12±0.4	12±2.5	12±1.3
น้ำยางชั้น 30%DRC						
เติมแป้งมันสำปะหลัง	44±2	50±1	49±3	11±0.2	11±0.5	11±1.9
เติมแป้งข้าวโพด	35±1	45±1.3	47±2	10±1.5	11±0.3	12±2.5
เติมแป้งข้าวเหนียว	33±3	35±2.1	35±1.1	11±2.2	12±0.6	12±1.3
น้ำยางสกิม 30%DRC						
เติมแป้งมันสำปะหลัง	33±1.5	36±0.9	38±1.4	12±1.6	12±2.7	12±3.1
เติมแป้งข้าวโพด	41±0.5	40±2	41±0.4	11±1.1	11±2.2	11±2.6
เติมแป้งข้าวเหนียว	41±1	43±0.3	46±0.8	12±1.0	12±2.0	11±0.6
น้ำยางสด 30%DRC						
เติมแป้งมันสำปะหลัง	30±3.1	34±2.2	42±3	11±1.6	12±2.2	12±3.1
เติมแป้งข้าวโพด	28±2	34±1.5	35±2.8	12±0.8	11±3	12±3.0
เติมแป้งข้าวเหนียว	30±2	32±0.5	44±1.5	11±3.1	12±0.3	11±2

อยู่ในมาตรฐานกาวและบริษัทฮีเทอนัล เรซิน จำกัด, 2545 กล่าวไว้ในงานประชุมการป่าไม้ว่า ค่า pH มีผลต่ออายุการเก็บของกาว ถ้าค่า pH ต่ำส่งผลให้กาวจะมีอายุการเก็บสั้น เช่น pH ต่ำกว่า 7 ซึ่งปกติในการผลิตจะปรับ pH ให้อยู่ระหว่าง 7-9 เหมาะสมกับการเก็บและค่า pH มีผลต่อการสร้างพันธะการยึดติดระหว่างกาวกับไม้เนื่องจากไม้มีขี้ ซึ่งกาวน้ำยางธรรมชาติมีค่า pH อยู่ในช่วงที่มีความเป็นด่างสูงจึงต้องมีการปรับ pH โดยการเติมสารตัวเร่งเพื่อเพิ่มอายุการจัดเก็บของกาว ค่าความเป็นกรด-เบส ของกาวน้ำยางธรรมชาติทุกสูตรเป็นด่างไม่มีส่งผลกระทบต่ออย่างมีนัยสำคัญ เนื่องมาจากสารเพิ่มความเหนียวและสารเพิ่มความหนืดมี pH เป็นด่าง แต่ต่ำกว่า pH น้ำยางชั้นเดิมแต่ไม่ส่งผลเสียต่อคุณภาพน้ำยาง

ตารางที่ 3.4 ค่าปริมาณเนื้อและความเป็นกรด-ด่างของกาวน้ำยางแปรชนิดของสารเพิ่มความเหนียว

สูตรกาว	%TSC / ปริมาณ (phr)			pH / ปริมาณ (phr)		
	15	30	45	15	30	45
แปรชนิดของ Tackifier: น้ำยางชั้น 60%DRC						
เดิม Coumarone resin	73±1.6	75±0.5	77±1.2	12±1.5	12±0.1	12±0.3
เดิม Resorcinol & Sumikanol 507 A	75±1.1	76±1.4	79±0.8	9±1.9	10±0.2	10±1.1
เดิม Urea formaldehyde	63±1.5	64±2.5	65±2.0	9±2.3	9±1.6	10±0.5
น้ำยางชั้น 30%DRC						
เดิม Coumarone resin	41±1.5	42±3	44±1.6	12±1.6	12±1.3	12±1.0
เดิม Resorcinol & Sumikanol 507 A	42±1.6	43±0.7	45±0.1	10±1.5	10±1.7	10±0.9
เดิม Urea formaldehyde	32±1	34±1.4	36±1.2	9±2.3	9±3.1	10±1.5
น้ำยางสกิม 30%DRC						
เดิม Coumarone resin	39±1.5	41±2.5	42±1.0	11±0.6	11±0.5	11±0
เดิม Resorcinol & Sumikanol 507 A	30±1.4	35±1.8	37±1.6	10±4.0	10±1.2	10±1.3
เดิม Urea formaldehyde	31±2	32±1.1	36±2	9±1.3	9±3.0	9±2.0
น้ำยางสด 30%DRC						
เดิม Coumarone resin	33±1.5	31±0.3	33±1.7	11±2	12±1.5	11±1.1
เดิม Resorcinol & Sumikanol 507 A	30±4.0	33±2.7	35±1.2	11±1.5	11±2.1	11±1.4
เดิม Urea formaldehyde	30±1.4	32±2.1	33±1.5	9±1.3	9±1.6	10±1.2
Urea formaldehyde อ้างอิง	60±1.2			9±1		

3.3.2.2 ปริมาณเนื้อกา

การหาปริมาณเนื้อกาของกาธรรมชาติจากน้ำยางชั้น 60%DRC กาน้ำยางชั้น 30%DRC กาน้ำยางสกิม 30%DRC และกาน้ำยางสด 30%DRC ที่เติมสารเพิ่มความหนืด (แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวโพด) และกาที่เติมสารเพิ่มความเหนียว (Coumarone resin, Resorcinol & Sumikanol 507 A และUrea formaldehyde resin) แปรผันตรงกับปริมาณเนื้อกาอย่าง ปริมาณสาร โดยปริมาณเนื้อกาจะขึ้นอยู่กับปริมาณสาร ปริมาณเนื้อยาง สารเพิ่มความเหนียวและเพิ่มความหนืดมีส่วนประกอบที่เป็นเนื้อสารปริมาณสูงเมื่อเติมลงไปปริมาณที่มากขึ้นก็จะส่งผลให้กาน้ำยางธรรมชาติ

กาน้ำยางมีปริมาณของเนื้อกาเพิ่มขึ้นโดยเพิ่มตามสัดส่วนของสารเพิ่มความหนืดและสารเพิ่มความเหนียว ตารางที่ 3.4 พบว่ากาน้ำยางจากน้ำยางชั้น 60%DRC มีปริมาณเนื้อกาใกล้เคียงกับกาสังเคราะห์ UF (Urea formaldehyde) จึงเลือกใช้น้ำยางชั้น 60%DRC เป็นน้ำยางที่เหมาะสมในการใช้ทำกาอย่างสามารถเติมสารเพิ่มความเหนียวและเพิ่มความหนืดทุกชนิดและทุกปริมาณ

3.3.2.3 ค่าความหนืด

ค่าความหนืดของกาน้ำยางชั้น 60%DRC มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเติมสารเพิ่มความเหนียวปริมาณ (0-70 phr) มีค่าความหนืด $56 \pm 0.8 - 312 \pm 10$ cps (ปริมาณสูงสุดเมื่อเติมแป้งมันสำปะหลัง) ช่วยเพิ่มความเหนียวที่ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกาสังเคราะห์ Urea formaldehyde 280 ± 3 cps ดูรายละเอียดเพิ่มเติม *ดังภาคผนวกที่ 6* กาน้ำยางชั้น 60 %DRC กาน้ำยางชั้น 30%DRC กาน้ำยางสกิม 30 %DRC และกาน้ำยางสด 30%DRC ที่เติมสารเพิ่มความหนืดและสารเพิ่มความเหนียว แปรผันตรงกับปริมาณเนื้อยาง ปริมาณสารเพิ่มความหนืดและปริมาณสารเพิ่มความเหนียวจากตารางที่ 3.4 โดยการเติมสารเพิ่มความหนืดที่มีความเข้มข้น 5% ในปริมาณ 50, 60 และ 70 phr ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียว และแป้งข้าวโพด ส่งผลให้ค่าความหนืดของกาน้ำยางเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจาก แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียว และแป้งข้าวโพดเป็นสารเพิ่มความหนืด (Thickener) เมื่อใส่ลงในกาน้ำยางธรรมชาติ สารในกลุ่มนี้สามารถดูดซึมน้ำที่มีอยู่ในส่วนผสมของกาทำให้ปริมาณของแข็งในกามีปริมาณสูงขึ้น อนุภาคของสารใกล้กันมากขึ้น เกิดการรวมตัวส่งผลให้ค่าความหนืดเพิ่มขึ้น (วันทนีย์ และจิระวัลย์, 2548) จากตารางที่ 3.5 พบว่า กาน้ำยาง 60 %DRC ที่เติมแป้งมันสำปะหลัง 70 phr มีค่าความหนืดสูงที่สุดเมื่อเทียบกับกาน้ำยางธรรมชาติสูตรอื่นและสูงกว่ากา Urea formaldehyde มีค่าความหนืด 312 cps นอกจากนี้เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพกาแป้งที่ใช้กับไม้อัดของประเทศแคนาดา (CSA O112.2-M1977) พบว่าค่าความหนืดของกาน้ำยาง 60 %DRC ที่เติมแป้งมันสำปะหลัง 70 phr อยู่ในช่วงที่สามารถนำมาใช้ผลิตไม้อัดได้ ดังนั้นกาน้ำยาง 60 %DRC ที่เติมแป้งมันสำปะหลัง 70 phr จึงเป็นกาที่เหมาะสมจะนำไปใช้ใน งานไม้มากที่สุด การเติมสารเพิ่มความเหนียวความเข้มข้น 5% ปริมาณ 15 30 และ 45 phr ได้แก่ Coumarone resin Resorcinol & Sumikanol 507 A และUrea formaldehyde resin ทำให้ค่า

ความหนืดของกาวเพิ่มขึ้นเช่นกัน เนื่องมาจาก Coumarone resin, Resorcinol & Sumikanol 507 A และ Urea formaldehyde resin เข้าทำปฏิกิริยากับน้ำยาง และเกิดพันธะระหว่างสารเพิ่มความเหนียวกับน้ำยางธรรมชาติ ทำให้มีสารยึดหยุ่นได้ภายใต้แรงดึงและค่าความหนืดเพิ่มสูงขึ้น

3.3.2.4 ระยะเวลาในการเซตตัว

ชนิดของสารเพิ่มความหนืดและสารเพิ่มความเหนียวมีผลต่อเวลาในการเซตตัวของกาวน้ำยาง โดยเวลาในการเซตตัวของกาวน้ำยางอยู่ระหว่าง 28 ถึง 66.5 วินาที ซึ่งกาวกาวน้ำยางสกิม 30 %DRC เติม Coumarone resin น้ำมีระยะเวลาในการเซตตัวนานที่สุดแต่เมื่อเติม Resorcinol & Sumikanol 507 A จะมีเวลาในการเซตตัวน้อยที่สุดเนื่องมาจากน้ำยางสกิมมีส่วนประกอบพวกโลหะอินทรีย์จำนวนมากกว่าน้ำยางอื่นๆ จึงส่งผลให้เกิดการจับตัวเร็วขึ้นและพบว่าสาเหตุที่ระยะเวลาการเซตตัวไม่เท่ากัน เนื่องมาจากสมบัติของสารเพิ่มความหนืดและสารเพิ่มความเหนียวที่ทำให้ค่าความหนืดที่แตกต่างกัน ซึ่งความหนืดมีผลต่อระยะเวลาในการเซตตัวของกาวน้ำยางธรรมชาติ โดยความหนืดกาวสูงระยะเวลาในการเซตตัวน้อยเนื่องจากความหนืดคือความสามารถในการต้านทานการไหลของของไหลเมื่อมีแรงมากระทำ (ของไหล หมายถึง สารที่สามารถไหลได้ เช่น ก๊าซ ของเหลว และกาว) ของไหลที่มีความหนืดสูง จะมีค่าความต้านทานต่อการไหลสูง ของไหลที่มีความหนืดต่ำ จะมีค่าความต้านทานต่อการไหลต่ำ ของไหลธรรมดา (ของไหลที่ไม่มีส่วนผสม) สามารถที่จะแสดงค่าความหนืดสัมบูรณ์ได้ แต่ในขณะที่ของไหลที่มีส่วนผสมของสารหลายตัวจะมีลักษณะการไหลที่ซับซ้อน และไม่สามารถแสดงค่าความหนืดค่าเดียวได้ ค่าความหนืดจึงเป็นการบอกถึงลักษณะเฉพาะของสาร โดยลักษณะการไหลเป็นการตอบสนองคุณสมบัติต่างๆ ของของไหล เช่น น้ำหนักโมเลกุล การกระจายตัวของโครงสร้างโมเลกุล (สายสั้น และยาว) ดังนั้นกาวเป็นของไหลที่มีส่วนผสมของสารหลายตัวจึงมีลักษณะการไหลที่ซับซ้อนและไม่สามารถแสดงค่าความหนืดค่าเดียวได้ พบว่าความหนืดสูง จะมีการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุลน้อย (น้ำหนักโมเลกุลมีการรวมตัว) เมื่อเพิ่มสารตัวเร่งพบว่าการทดสอบระยะเวลาในการเซตตัวจะเร็วขึ้นนั้น จะเห็นได้จากตารางที่ 3.5 กาวน้ำยาง 60 %DRC ที่เติมแป้งมันสำปะหลัง 70 phr จะมีค่าความหนืด 312 cps และระยะเวลาในการเซตตัว 31.5 วินาที เมื่อเทียบกับกาวน้ำยาง 60 %DRC ที่เติมแป้งมันสำปะหลัง 60 phr มีค่าความหนืด 276.0 cps และระยะเวลาในการเซตตัว 57.5 วินาที ซึ่งนอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับกาว Urea formaldehyde พบว่ากาวน้ำยาง 60 %DRC ที่เติมแป้งมันสำปะหลัง 70 phr มีระยะเวลาในการเซตตัวที่เร็วกว่าชนิดอื่นๆ จึงเลือกใช้กาวน้ำยาง 60 %DRC ใช้งานถัดไป

ตารางที่ 3.5 ความหนืด ระยะเวลาการเซตตัวของกาว และสมบัติด้านต้านทานแรงเฉือนของกาวน้ำยางธรรมชาติที่แปรชนิดของสารเพิ่มความหนืด

สูตรกาว	Viscosity (cps)/ปริมาณ (phr)			Gel Time(s) /ปริมาณ (phr)			Shear strength (phr)/ปริมาณ (phr)		
	50	60	70	50	60	70	50	60	70
แปรชนิดของ Thickener: น้ำยางชั้น 60%DRC									
เติมแป้งมันสำปะหลัง	183±2	276±3	312±1	57±2	45±5	31±2.5	1.2±0.7	1.5±1.1	2.1±1
เติมแป้งข้าวโพด	81±1	95±6	106±2	61±2.5	60±1	54±7	0.8±0.5	0.9±0.4	1±0.8
เติมแป้งข้าวเหนียว	74±4	105±5	160±3	52±0	48±5	43±3	0.5±0.4	0.7±0.1	0.8±0.7
น้ำยางชั้น 30%DRC									
เติมแป้งมันสำปะหลัง	89±5	143±4	190±2	60±4	54±1	45±5	0.7±0.4	1.0±1	1.5±0.6
เติมแป้งข้าวโพด	36±1	45±3	57±5	62±3	61±5	60±1.5	0.4±0.2	0.5±0.6	0.8±0.3
เติมแป้งข้าวเหนียว	57±4	60±2	64±6	55±5	57±2	60±7	0.3±0.1	0.7±0.5	0.8±0.4
น้ำยางสกีม 30%DRC									
เติมแป้งมันสำปะหลัง	85±7	90±4	106±4	55±2	47±5	55±2	0.94±0.4	1.1±0.7	1.4±0.6
เติมแป้งข้าวโพด	40±2	45±6	48±5	52±5	49±8	58±2	0.5±0.15	0.68±0.3	1.0±0.7
เติมแป้งข้าวเหนียว	55±4	59±1.4	63±3	59±7	60±2	55±5	0.58±0.29	0.6±0.25	0.9±0.5
น้ำยางสด 30%DRC									
เติมแป้งมันสำปะหลัง	60±3	68±2.8	76±4	60±1	57±5	61±2.5	0.78±0.5	0.81±0.33	0.9±0.15
เติมแป้งข้าวโพด	29±5	30±3	32±7	45±4	46±1	52±6	0.8±0.27	0.75±0.2	0.59±0.19
เติมแป้งข้าวเหนียว	36±1	35±4	41±2	57±2	61±4	61±1.5	0.8±0.6	0.9±0.6	0.75±0.4

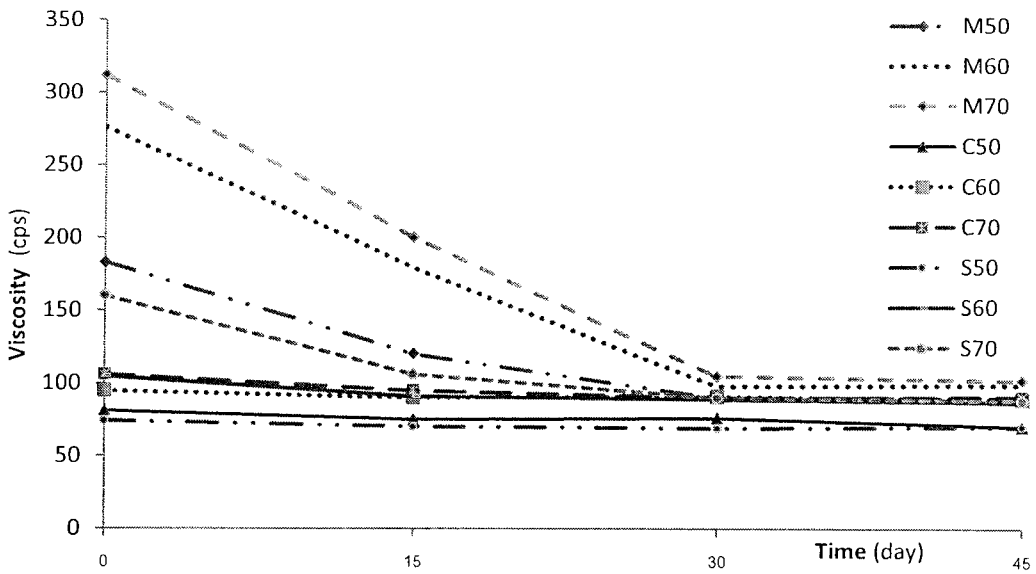
ตารางที่ 3.6 ผลการทดสอบความหนืด ระยะเวลาการเซตตัวของกาว และสมบัติด้านต้านทานแรงเฉือนของกาวน้ำยางธรรมชาติที่แปรชนิดของสารเพิ่มความเหนียว

สูตรกาว แปรชนิดของ Tackifier	Viscosity (cps)/ปริมาณ (phr)			Gel Time(s) /ปริมาณ (phr)			Shear strength (phr)/ปริมาณ (phr)		
	15	30	45	15	30	45	15	30	45
น้ำยางชั้น 60%DRC									
เติม Coumarone resin	88±4	82±1	91±4	43±1.5	45±2.1	50±4.6	0.9±0.29	0.69±0.2	0.7±0.41
เติม Resorcinol & Sumikanol 507 A	65±8	67±2	68±5	42±2	32±4.4	32±3.5	0.7±0.56	0.9±0.4	1±0.33
เติม UF	104±3	155±5	162±2	58±1.5	51±2	44±5.2	1.3±0.9	1.62±0.5	1.9±0.7
น้ำยางชั้น 30%DRC									
เติม Coumarone resin	49±2	57±5	61±7	41±0.19	43±2.2	42±5	0.45±0.2	0.75±0.4	0.84±0.2
เติม Resorcinol & Sumikanol 507 A	45±6	51±4	58±3	60±2.5	47±1.7	38±5	0.66±0.3	0.74±0.2	0.9±0.17
เติม UF	66±3	79±5	84±2	60±3	57±1.5	43±5	0.43±0.33	0.64±0.5	0.72±0.24
น้ำยางสกิม 30%DRC									
เติม Coumarone resin	55±4	57±5	65±3	62±1.6	61±2.5	50±4	0.5±0.8	0.8±0.45	0.9±0.23
เติม Resorcinol & Sumikanol 507 A	45±6	60±3	62±4	44±6	56±0.6	38±3	0.6±0.17	0.7±0.56	1.1±0.5
เติม UF	80±2	84±4	88±1	55±2	48±4	40±5	0.4±0.31	0.71±0.24	0.87±0.2
น้ำยางสด 30%DRC									
เติม Coumarone resin	32±7	33±8	38±6	61±4	60±2.1	58±5	0.5±0.18	0.6±0.29	0.7±0.21
เติม Resorcinol & Sumikanol 507 A	45±3.5	48±4	52±3	60±1.8	60±5	62±2.6	0.7±0.15	0.7±0.42	0.8±0.7
เติม UF	54±3.2	60±2.5	69±2	53±1	46±3	41±1.5	0.5±0.09	0.64±0.54	0.79±0.2
Urea formaldehyde อ้างอิง	280±0			60±4			3±0		

เมื่อสารเพิ่มความหนืดและสารเพิ่มความเหนียวสามารถลดระยะเวลาการเซตตัวของกาวน้ำยางธรรมชาติจากผลการทดลองหาระยะเวลาในการเซตตัวของกาวน้ำยางธรรมชาติที่มีระยะเวลาในการเซตตัวนานที่สุดคือ 79 ± 0.05 วินาที และเมื่อชนิดของสารเพิ่มความหนืดและสารเพิ่มความเหนียวมีผลต่อระยะเวลาในการเซตตัวของกาวน้ำยางธรรมชาติโดยระยะเวลาในการเซตตัวของกาวน้ำยางธรรมชาติลดลงอยู่ระหว่าง 28 ถึง 66 วินาที เติม Coumarone resin และกาวน้ำยางสกิม 30%DRC เติม Resorcinol & Sumikanol 507 A มีเวลาในการเซตตัวน้อยที่สุด 26 ± 0.30 วินาที เนื่องมาจากน้ำยางสกิมมีส่วนประกอบพวกโลหะอินทรีย์จำนวนมากกว่าน้ำยางธรรมชาติจึงส่งผลให้เกิดการจัดตัวเร็วขึ้น และพบว่าสาเหตุที่ระยะเวลาการเซตตัวไม่เท่ากันเนื่องมาจากสมบัติของยางและสารเพิ่มความหนืดและสารเพิ่มความเหนียวที่ทำให้ความหนืดที่แตกต่างกัน ซึ่งความหนืดมีผลต่อระยะเวลาในการเซตตัวของกาวน้ำยางธรรมชาติ โดยความหนืดสูงระยะเวลาในการเซตตัวน้อย เนื่องจากความหนืด คือความสามารถในการต้านทานการไหลของของไหล เมื่อมีแรงมากระทำ ของไหลที่มีความหนืดสูง จะมีค่าความต้านทานต่อการไหลสูง ของไหลที่มีความหนืดต่ำ จะมีค่าความต้านทานต่อการไหลต่ำ ของไหลธรรมดา (ของไหลที่ไม่มีส่วนผสม) สามารถที่แสดงค่าความหนืดสมบูรณ์ได้ แต่ในขณะที่ของไหลที่มีส่วนผสมของสารหลายตัวจะมีลักษณะการไหลที่ซับซ้อน และไม่สามารถแสดงค่าความหนืดค่าเดียวได้ ค่าความหนืดจึงเป็นการบอกถึงลักษณะเฉพาะของสาร โดยลักษณะการไหลเป็นการตอบสนองคุณสมบัติต่างๆ ของของไหล เช่น น้ำหนักโมเลกุล การกระจายตัวของโครงสร้างโมเลกุล (สายสั้น และวุ้น, 2549) ดังนั้นกาวซึ่งเป็นของไหลที่มีส่วนผสมของสารหลายตัวจึงมีลักษณะการไหลที่ซับซ้อน และไม่สามารถแสดงค่าความหนืดค่าเดียวได้ พบว่า ความหนืดสูงการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุลน้อย (น้ำหนักโมเลกุลมีการรวมตัว) เมื่อเพิ่มสารตัวเร่งตอนทดสอบระยะเวลาในการเซตตัวจึงเร็วขึ้น จะเห็นได้จากตารางที่ 3.2 กาวน้ำยาง 60%DRC ที่เติมแป้งมันสำปะหลัง 70 phr มีค่าความหนืด 312 cps และระยะเวลาในการเซตตัว 31.5 วินาที เมื่อเทียบกับกาวน้ำยาง 60%DRC ที่เติมแป้งมันสำปะหลัง 60 phr มีค่าความหนืด 276 cps และระยะเวลาในการเซตตัว 57.5 วินาที นอกจากนี้เมื่อเทียบกับกาว Urea formaldehyde พบว่ากาวน้ำยาง 60%DRC ที่เติมแป้งมันสำปะหลัง 70 phr มีระยะเวลาในการเซตตัวที่เร็วกว่าชนิดอื่น

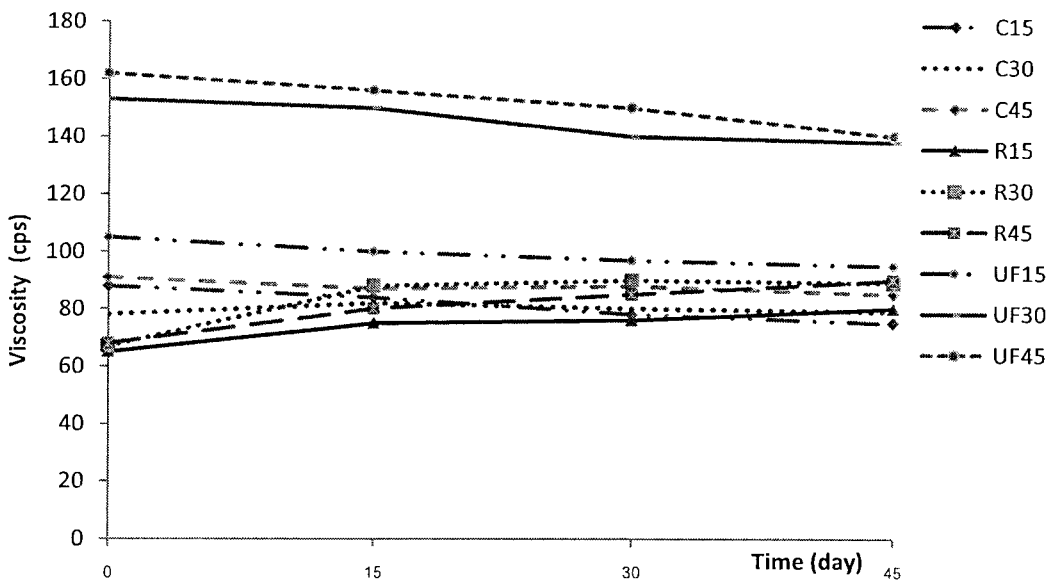
3.3.2.5 อายุการจัดเก็บ

จากการศึกษาอายุการจัดเก็บของกาวน้ำยางธรรมชาติ โดยการนำกาวน้ำยางชั้น 60%DRC ที่เติมสารเพิ่มความหนืดและสารเพิ่มความเหนียว ซึ่งกาวน้ำยางชั้น 60%DRC จากการทดสอบสมบัติกาวพบว่าสมบัติต่างๆ ดีที่สุด จึงนำมาทดสอบสมบัติทุกๆ 15 วัน เป็นเวลา 45 วัน พบว่า ระยะเวลาการเก็บกาวไม่ส่งผลต่อปริมาณเนื้อกาว และค่า pH ตามลำดับ แต่อายุการจัดเก็บของกาวน้ำยางธรรมชาติมีผลต่อค่าความหนืดโดย ค่าความหนืดของกาวน้ำยางชั้น 60%DRC ที่เติมสารเพิ่มความหนืดแปรผกผันกับอายุการจัดเก็บ เนื่องมาจากแป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียว และแป้งข้าวโพดเป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ แต่สามารถคงสภาพอยู่ได้ระยะเวลาหนึ่งในรูปของสารแขวนลอย เมื่ออายุการจัดเก็บนานขึ้นจะเกิด



รูปที่ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุการจัดเก็บกับค่าความหนืดกาวจากน้ำยางชั้น 60 %DRC
เมื่อที่แปรชนิดของสารเพิ่มความหนืด

สารเพิ่มความหนืดเช่น แป้งมันสำปะหลัง (M) แป้งข้าวโพด (C) และแป้งข้าวเหนียว (S) ใน ปริมาณ 50-70 phr



รูปที่ 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุการจัดเก็บกับค่าความหนืดกาวจากน้ำยางชั้น 60 %DRC
เติมสารเพิ่มความเหนียว

เติมสารเพิ่มความเหนียว เช่น Coumarone resin (C), Resorcinol & Sumikanol 507 A (S) และ Urea formaldehyde (UF) ปริมาณ 15, 30 และ 45 phr

การตกตะกอนสารและแป้งที่เติมลงไปในการเกิดการเชื่อมสภาพทำให้ความหนืดของกาวลดลง กาวน้ำยางธรรมชาติที่เติมสารเพิ่มความเหนียว Coumarone resin ให้ค่าความหนืดแปรผันตรงกับอายุ การจัดเก็บกาวเนื่องมาจาก Coumarone resin มีสารโทลูอีนที่ใช้เป็นตัวทำละลายในการเตรียมอิมัลชัน ซึ่งเมื่อระยะเวลาผ่านไป โทลูอีนสามารถทำละลายอนุภาคของน้ำยางได้ เพราะโทลูอีนเป็นสารที่ไม่มีขั้ว เหมือนกับน้ำยาง จึงเข้าไปในเนื้อยางได้ดีขึ้น และรักษาสภาพน้ำยางได้นานขึ้น (วันทนี และจิระวัลย์, 2548) และกาวน้ำยางธรรมชาติที่เติม Resorcinol & Sumikanol 507 A แปรผันตรงกับอายุการจัดเก็บกาวเนื่อง จาก Resorcinol & Sumikanol 507 A มีสมบัติในการเพิ่มความเหนียว และต้องใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาระยะเวลานาน ไม่เปลี่ยนแปลงภายในระยะเวลาหนึ่งเดือน ได้ผลดังรูปที่ 3.2 และ รูปที่ 3.3

3.4 สมบัติการยึดติดไม้

ลักษณะการยึดติดของกาวน้ำยางธรรมชาติ จากความสามารถในการยึดติดไม้ของกาวน้ำยาง สูตรต่างๆ จากการทดสอบสมบัติสำหรับการใช้งานกับไม้ยางพารา โดยอิงตามมาตรฐาน JIS K 6833-1994 (General testing method for adhesive) และเปรียบเทียบสมบัติมุมสัมผัส (Contact angle) ความแข็งแรงต่อแรงเฉือน (Shear strength) แสดงลักษณะการยึดติดกันระหว่างกาวกับไม้ยางพาราในสภาวะการใช้งานของกาวสังเคราะห์กับกาวจากน้ำยางธรรมชาติดังนี้

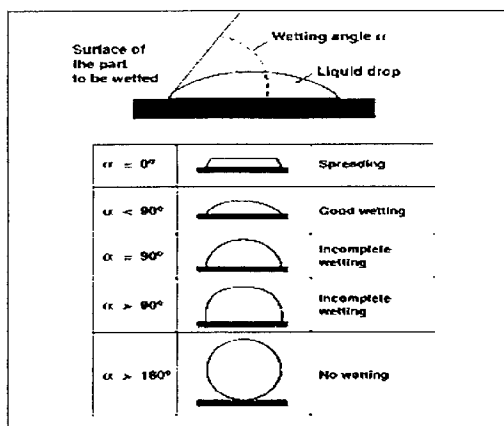
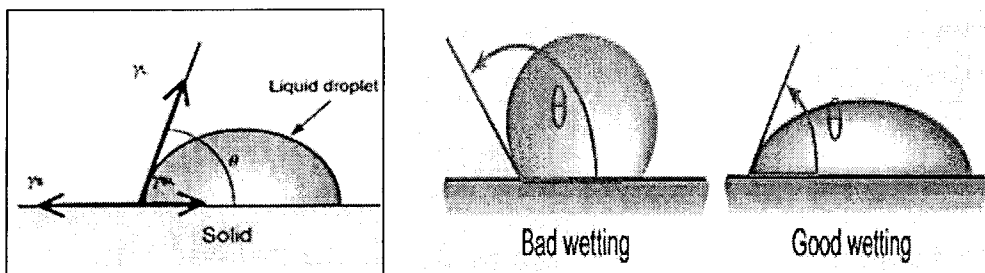
3.4.1 มุมสัมผัส

การทดสอบมุมสัมผัส (Contact angle) ของกาวน้ำยางธรรมชาติที่อยู่ในสถานะของเหลวกับไม้ ได้ค่ามุมสัมผัสดังตารางที่ 3.3 การทดสอบหามุมสัมผัสระยะเวลาที่ใช้ทดสอบต่อหนึ่งตัวอย่างคือ 5 S ทำให้ทราบว่ากาวน้ำยางชั้น 60 %DRC เติมแป้งมันสำปะหลัง 50 phr ให้ค่ามุมสัมผัสมากที่สุด คือ 70.6 รองลงมาคือ กาวน้ำยางชั้น 60 %DRC เติมแป้งข้าวเหนียว 60 phr กาวน้ำยางชั้น 60 %DRC เติมแป้งมันสำปะหลัง 60 phr และ กาวน้ำยางชั้น 60 %DRC เติมแป้งข้าวเหนียว 50 phr ซึ่งให้ค่ามุมสัมผัส 70.2, 68.6 และ 67.7 ตามลำดับ การเกิดพันธะการยึดติดที่ผิวหน้าของกาวและการแข็งตัวของกาว ขึ้นอยู่กับตัวแปรสำคัญคือ มุมสัมผัสที่ผิวหน้าไม้ ค่าความหนืด และความต้านทานทางเคมีของไม้ต่อกาว โดยความสัมพันธ์ระหว่างมุมสัมผัสที่ผิวหน้ากับการเปียกที่ผิวหน้าของกาวเป็นดังรูปที่ 3.4 คือมุมสัมผัสที่มีค่าเท่ากับมุมสัมผัสน้อยกว่า 90° กาวมีการเปียกที่ผิวหน้าดีสามารถแทรกซึมเข้าไปในเนื้อไม้ ถ้าเกิดพันธะมุมสัมผัสเท่ากับ 90° และมากกว่า 90° กาวมีการเปียกไม่สมบูรณ์ทำให้กาวแทรกซึมเข้าไปในเนื้อไม้ไม่ดี ที่มุมสัมผัสมากกว่า 180° กาวไม่เปียกที่ผิวหน้าไม้ ไม่มีการแทรกซึมของกาวเข้าไปในไม้ (DSM, 2008) ดังนั้นกาวน้ำยางชั้น 60 %DRC ที่เติมสารเพิ่มความหนืดและสารเพิ่มความเหนียวมีการเปียกที่ผิวหน้าดี กาวแทรกซึมเข้าไปในเนื้อไม้และเกิดพันธะรอยต่อระหว่างผิวของกาวกับไม้ แสดงดังรูปที่ 3.6

ตารางที่ 3.7 มุมสัมผัสของกาวน้ำยางธรรมชาติที่เติมสารเพิ่มความหนืดและสารเพิ่มความเหนียว

กาวน้ำยางจากน้ำยางชั้น 60 %DRC									
Thickener(phr)	15	30	45	60	75	Tackifier (phr)	15	30	45
แป้งมันสำปะหลัง	71±0.5	69±0.9	70±0.6	68±0.6	64±1.4	Coumarone resin	57±0.2	62±0.7	66±0.6
แป้งข้าวโพด	61±1.3	60±0.8	59±1.2	60±0.9	59±3.1	Resorcinol & 507A	61±0.5	55±1.2	63±1.3
แป้งข้าวเหนียว	69±0.4	68±0.4	67±1.7	66±1.3	62±1.5	U.Formaldehyde	63±1.2	57±2.4	56±0.5

ผลการเปลี่ยนแปลงเมื่อเพิ่มปริมาณแทกคิไฟเออร์ที่มีผลต่อมุมสัมผัส การวัดมุมสัมผัสของกาวน้ำยางธรรมชาติปรากฏว่าเพิ่มปริมาณสารเพิ่มความเหนียว Tackifier แทกคิไฟเออร์ทำให้มุมสัมผัสมีค่าสูงขึ้น ซึ่งหมายถึงของเหลวมีความสามารถในการเปียกบนผิวของของแข็งต่ำ แสดงว่าของเหลวไม่ชอบสัมผัสกับพื้นผิวที่เป็นของแข็งจึงเป็นผลทำให้มุมสัมผัสของกาวมีค่ามากขึ้น ในการทดลองเติมสารเพิ่มความหนืด Thickener ในทางตรงข้ามของเหลวชอบสัมผัสกับพื้นผิวที่เป็นของแข็งเกิดการแผ่กระจายบน ผิวของของแข็ง จึงเป็นผลทำให้มุมสัมผัสของกาวมีค่าน้อยลง เติมสารเพิ่มความเหนียว Tackifier



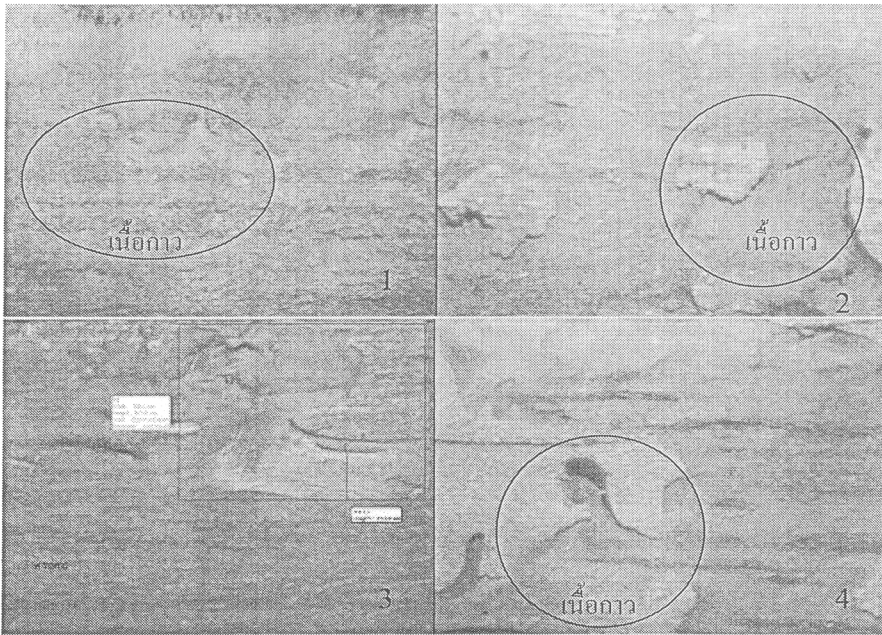
รูปที่ 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมสัมผัสที่ผิวหน้ากับการเปียกที่ผิวหน้าของกาว

(<http://www.dsm.com>, 2008)

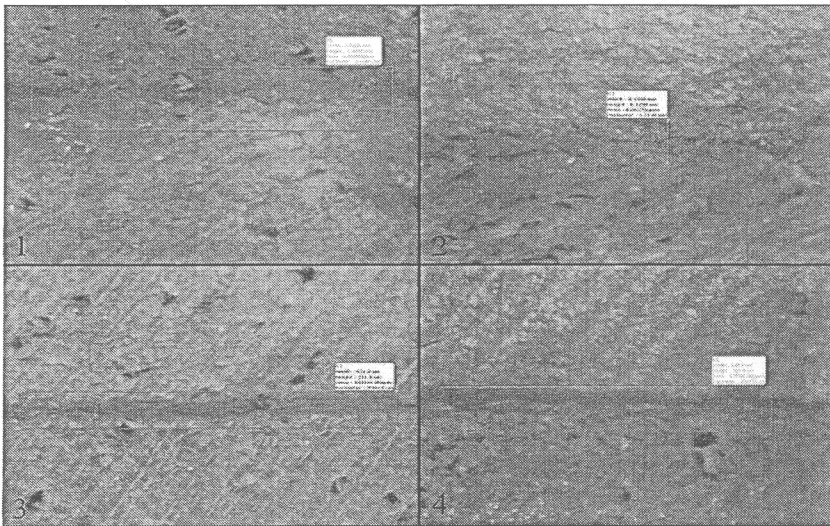
ผลการทดลองมีลักษณะตรงกันข้ามกับทฤษฎีที่ว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแทกซิไฟเออร์จะปรับปรุงคุณสมบัติการเปียกให้กับกาวแต่จากการทดลองพบว่ายิ่งปริมาณแทกซิไฟเออร์เพิ่มขึ้นยิ่งทำให้มัมส์มีค่าสูงขึ้น แสดงว่ากาวที่เคลือบลงไปมีความไม่ชื้นสูงขึ้นซึ่งสาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากว่าแทกซิไฟเออร์ที่เติมลงไปมีสมบัติที่ไม่มีขั้วเมื่อเพิ่มปริมาณลงไปจึงทำให้การเปียกลดลง ทฤษฎีเมื่อลดน้ำหนักโมเลกุลจะทำให้ความสามารถในการเปียกดีขึ้น ดูได้จากมัมส์มีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับน้ำยางที่ไม่ลดน้ำ

3.4.2 ลักษณะการแทรกซึม

ลักษณะการแทรกซึม (Penetration) ของกาวน้ำยางธรรมชาติเข้าไปในเนื้อไม้ด้วยกล้องจุลทรรศน์ จากการสังเกตลักษณะการแทรกซึมของกาวน้ำยางธรรมชาติที่ผ่านการอัดร้อน และบริเวณที่ถูกดึงออกจากกันหลังผ่านการทดสอบความต้านทานแรงเฉือนพบว่า กาวน้ำยางธรรมชาติมีการแทรกซึมเข้าไปในเนื้อไม้ โดยสังเกตได้จากบริเวณรอยต่อระหว่างผิว (Interphase) หรือแนวกาวที่เกิดจากการแทรกซึมเข้าไปในเนื้อไม้ พบว่ากาวน้ำยางชั้น 60 %DRC ที่เติมแป้งมันสำปะหลัง 70 เกิดบริเวณรอยต่อระหว่างผิวดังรูปที่ 3.7 และยังพบว่าบริเวณที่ถูกดึงออกจากกันหลังผ่านการทดสอบความต้านทานแรงเฉือนจะมีปริมาณเนื้อกาวที่อยู่บนผิวหน้า โดยลักษณะเนื้อกาวส่วนใหญ่จะเกิดการหลุดลอกไม่ได้เกิดจากการฉีกขาดของไม้ซึ่งเกิดจากแรงดึงดังรูปที่ 3.6 (3) นอกจากนี้พบว่า กาวน้ำยางชั้น 60 %DRC ที่เติมแป้งมันสำปะหลัง 70 และ 60 phr มีการเกิด failure บริเวณแนวยึดติดกาว ลักษณะการเกิดเป็นเส้นใยไม้หลุดออกมาไม่ได้เกิดจากการแตกหักของไม้เหมือนกาว Urea formaldehyde ดังรูปที่ 3.7 (1, 2) เนื่องจากกาวมีการแทรกซึมเข้าไปในเนื้อไม้ เกิดพันธะการยึดติดระหว่างไม้กับกาว แต่กาวน้ำยางธรรมชาติมีสมบัติเป็นต่างทำให้เกิดพันธะที่ไม่แข็งแรงเท่ากับพันธะที่เกิดระหว่างกาว Urea formaldehyde กับไม้ นอกจากนี้ยังพบอีกว่า ความหนืดมีความสัมพันธ์กับการแทรกซึม โดยความหนืดสูงการแทรกซึมเข้าไปในเนื้อไม้ก็จะดี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับมัมส์ของกาวด้วย เนื่องจากค่าความหนืดสามารถบอกรถึงลักษณะเฉพาะของสาร โดยลักษณะการไหลเป็นการตอบสนองคุณสมบัติต่างๆ ของของไหล เช่น น้ำหนักโมเลกุล การกระจายตัวของโครงสร้างโมเลกุล (สายสั้น และวรัตน์, 2549) ซึ่งความหนืดสูงการกระจายตัวของโครงสร้างโมเลกุลดี จึงมีการแทรกซึมเข้าไปในเนื้อไม้ และมัมส์ของกาวต้องน้อยกว่า 90° กาวเปียกที่ผิวหน้าดี และเกิดพันธะการยึดติด ทำให้กาวน้ำยางชั้น 60 %DRC ที่เติมแป้งมันสำปะหลัง 70 phr เป็นกาวที่มีค่าความต้านทานแรงเฉือน ค่าความหนืด การแทรกซึมเข้าไปในเนื้อไม้ที่ดีที่สุด และมีค่ามัมส์อยู่ในช่วงที่น้อยกว่า 90° ซึ่งมีการเปียกที่ผิวหน้าและเกิดพันธะการยึดติดที่ดีที่สุด กาวน้ำยางชั้น 60 %DRC ที่เติมแป้งมันสำปะหลัง 70 phr จึงเป็นกาวที่เหมาะสมจะนำไปใช้ในงานไม้มากที่สุด

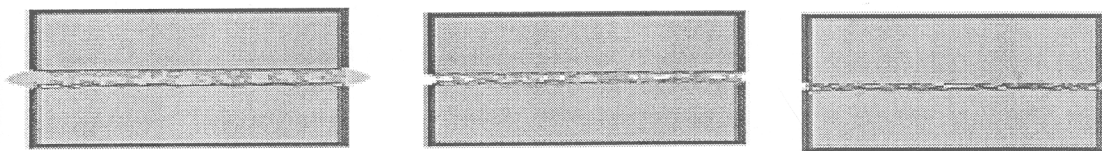


รูปที่ 3.5 บริเวณผิวหน้าของกาวน้ำยางชั้น 60 %DRC เต็มแป้งมันสำปะหลัง 70 และ 60 phr



รูปที่ 3.6 รอยต่อระหว่างผิวกาวน้ำยางชั้น 60 %DRC เต็มแป้งมันสำปะหลัง 70 phr และ 50 phr

การแทรกซึมของกาวสู่ชั้นผิววัตถุยึดติด (ไม้ยางพารา) โดยการแทรกซึมของกาวแสดงถึงความสามารถในการยึดติดของชั้นกาวและวัตถุที่ต้องการให้เกิดการยึดติด



รูปที่ 3.7 แบบจำลองการแทรกซึมของกาวยูรีเทนผิวไม้ยางพารา

3.4.3 ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยึดติดกรณีการอัดร้อน

เมื่อนำค่าความต้านทานแรงเฉือนที่ใช้การอัดร้อนโดยใช้ความร้อนที่ 125°C ใช้แรงอัด 15 – 20 MPa เป็นเวลา 10 นาทีที่ได้จากการหาอุณหภูมิในการวัลคาไนเซชันของกาวของเครื่องมือหาอัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาวัลคาไนเซชัน (ODR) มาเปรียบเทียบกับค่าความต้านทานแรงเฉือนที่ปล่อยให้กาวเซตตัวที่อุณหภูมิห้อง จากผลการทดลองตารางที่ 3.5 พบว่ากาวจากน้ำยางธรรมชาติที่ใช้การอัด-ร้อนในการยึดติดมีค่าแรงเฉือนสูงกว่ากาวที่เซตตัวที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจากน้ำยางธรรมชาติซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักต้องใช้อุณหภูมิในการวัลคาไนเซชัน โดยกระบวนการการวัลคาไนเซชัน คือ การที่ยางทำปฏิกิริยากับกำมะถันในปริมาณที่พอเหมาะที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดหลอมเหลวของกำมะถัน โดยกำมะถันที่นำมาทำปฏิกิริยาดังนี้จะสร้างพันธะโคเวเลนต์เชื่อมระหว่างโซ่พอลิเมอร์ให้เป็นโมเลกุลเดียวกัน (พรพรรณ, 2528) ดังนั้นเมื่อเราให้ความร้อน และแรงอัดทำให้กาววัลคาไนเซชันเกิดการเชื่อมต่อของพันธะที่เข้าไปในเนื้อไม้ที่ดียิ่งขึ้นส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงเฉือนสูงขึ้น และพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมของกาวแต่ละสูตรคือ 125°C ใช้แรงอัด 15 – 20 MPa และเวลา 10 นาที เนื่องจากกาวมีส่วนผสมที่เป็นน้ำและน้ำยางธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่

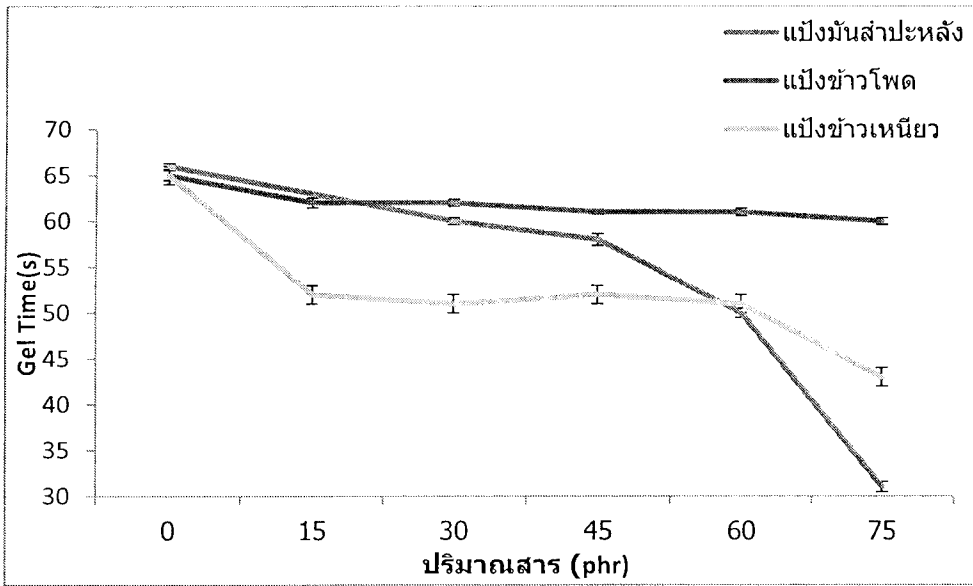
ตารางที่ 3.8 การอัดร้อนที่มีผลต่อการยึดติดของกาวน้ำยางธรรมชาติ

สูตรกาว (น้ำยางชั้น 60% DRC)	Shear strength (phr)/ปริมาณ (phr)					
	50	60	70	15	30	45
เติมแป้งมันสำปะหลัง						
เซตตัวที่อุณหภูมิห้อง	1.38	0.89	1.0	-	-	-
ใช้การอัด - ร้อน	1.41	1.49	2.28	-	-	-
เมื่อเติม UF						
เซตตัวที่อุณหภูมิห้อง	-	-	-	0.47	0.64	0.78
ใช้การอัด - ร้อน	-	-	-	0.69	0.82	1.07

3.4.4 ความทนทานของพันธะการยึดติด

ตารางที่ 3.9 ผลการทดสอบระยะเวลาการเซตตัวของกาวน้ำยางธรรมชาติ

สูตรกาว	Gel Time(s) / ปริมาณ (phr)					
	0	15	30	45	60	75
Urea formaldehyde 60.40						
1. แปรชนิดของสารเพิ่มความเหนียว (Thickener)						
1.1 น้ำยางชั้น 60%DRC เมื่อเติมสารเพิ่มความเหนียว						
แป้งมันสำปะหลัง	66±0.33	63±0.19	60±0.37	58±0.64	50±0.50	31±0.56
แป้งข้าวโพด	65±0.55	62±0.55	62±0.41	61±0.35	61±0.30	60±0.47
แป้งข้าวเหนียว	65±0.21	52±0.75	51±0.22	52±0.38	51±0.55	43±0.51
1.2 น้ำยางชั้น 30%DRC						
เติมแป้งมันสำปะหลัง	61±0.20	63±0.39	62±0.70	60±0.8	54±0.20	45±0.57
เติมแป้งข้าวโพด	61±0.18	67±0.80	65±0.55	62±0.24	61±0.31	61±0.25
เติมแป้งข้าวเหนียว	62±0.25	64±0.75	60±0.43	59±0.20	55±0.29	56±0.32
1.3 น้ำยางสกิม 30%DRC						
เติมแป้งมันสำปะหลัง	65±0.32	60±0.34	59±0.50	55±0.40	50±0.06	37±0.59
เติมแป้งข้าวโพด	63±0.28	57±0.15	55±0.71	53±0.10	51±0.35	45±0.08
เติมแป้งข้าวเหนียว	65±0.35	55±0.41	55±0.10	53±0.27	52±0.42	50±0.35
1.4 น้ำยางสด 30%DRC						
เติมแป้งมันสำปะหลัง	63±0.12	58±0.05	59±0.23	60±0.1	57±0.75	56±0.26
เติมแป้งข้าวโพด	63±0.42	52±0.20	50±0.09	46±0.51	45±0.8	46±0.10
เติมแป้งข้าวเหนียว	63±0.25	60±0.56	58±0.29	57±0.08	61±0.92	61±0.15

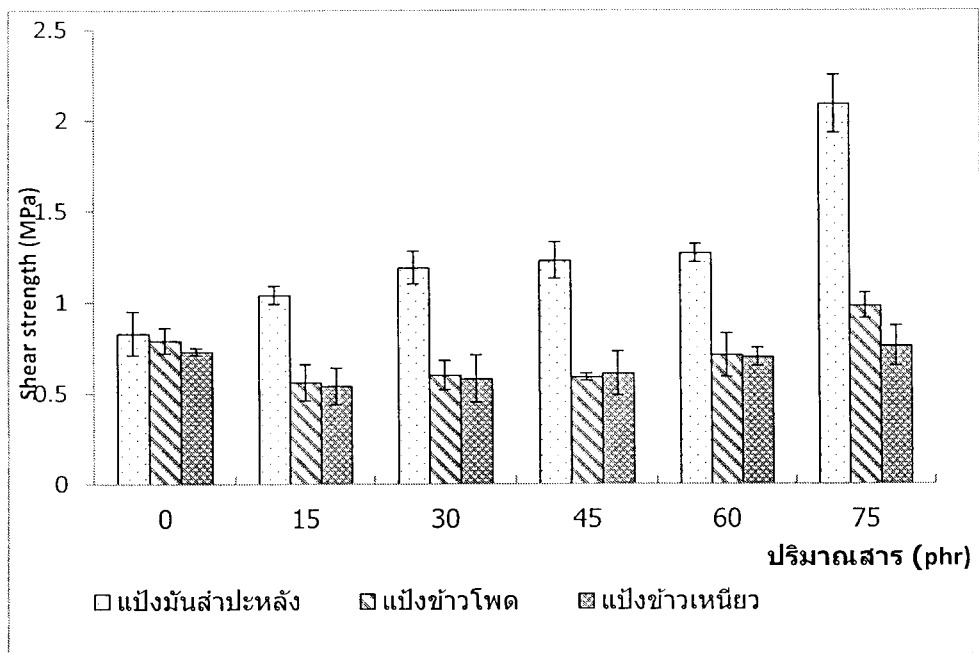


รูปที่ 3.8 เวลาการคงรูปของกาวน้ำยางเมื่อแปรชนิดและปริมาณสารเพิ่มความเหนียว

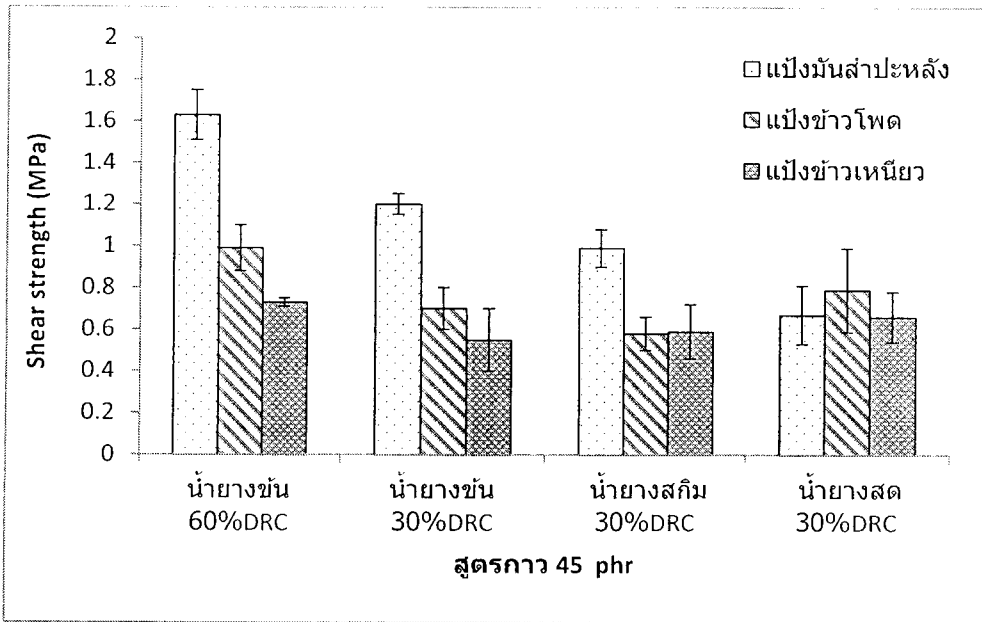
ตารางที่ 3.10 ผลการทดสอบสมบัติด้านต้านทานแรงเฉือนของกาวน้ำยางธรรมชาติ

สูตรกาว	Shear strength (MPa)/ปริมาณ (phr)					
	0	15	30	45	60	75
Urea formaldehyde	3.00					
1. แปรชนิดของสารเพิ่มความเหนียว (Thickener)						
1.1 น้ำยางชั้น 60%DRC เมื่อเติมสารเพิ่มความเหนียว						
แป้งมันสำปะหลัง	0.83±0.10	1.04±0.10	1.19±0.10	1.23±0.10	1.27±0.10	2.09±0.10
แป้งข้าวโพด	0.79±0.10	0.56±0.10	0.60±0.10	0.59±0.10	0.71±0.10	0.98±0.10
แป้งข้าวเหนียว	0.73±0.10	0.54±0.10	0.58±0.10	0.61±0.10	0.70±0.10	0.76±0.10
แป้งสาลี	0.70±0.10	0.56±0.10	0.59±0.10	0.58±0.10	0.61±0.10	0.77±0.10
1.2 น้ำยางชั้น 30%DRC						
เติมแป้งมันสำปะหลัง	0.83±0.10	1.10±0.10	1.17±0.10	1.22±0.10	1.38±0.10	1.51±0.10
เติมแป้งข้าวโพด	0.41±0.10	0.60±0.10	0.68±0.10	0.70±0.10	0.75±0.10	0.92±0.10
เติมแป้งข้าวเหนียว	0.38±0.53	0.47±0.10	0.54±0.10	0.55±0.10	0.79±0.10	0.85±0.10
แป้งสาลี	0.38±0.1053	0.35±0.10	0.36±0.10	0.39±0.10	0.75±0.10	0.82±0.10
1.3 น้ำยางสกิม 30%DRC						
เติมแป้งมันสำปะหลัง	0.99±0.10	0.92±0.10	1.05±0.10	0.99±0.10	1.32±0.10	1.75±0.10
เติมแป้งข้าวโพด	0.50±0.10	0.53±0.10	0.51±0.10	0.58±0.10	0.73±0.10	1.01±0.10
เติมแป้งข้าวเหนียว	0.50±0.10	0.51±0.10	0.58±0.10	0.59±0.10	0.67±0.10	0.97±0.10
แป้งสาลี	0.50±0.10	0.69±0.10	0.61±0.10	0.71±0.10	0.72±0.10	0.89±0.10
1.4 น้ำยางสด 30%DRC						
เติมแป้งมันสำปะหลัง	0.57±0.10	0.59±0.10	0.68±0.10	0.67±0.10	0.69±0.10	0.98±0.10
เติมแป้งข้าวโพด	0.57±0.10	0.72±0.10	0.73±0.10	0.89±0.10	0.74±0.10	0.85±0.10
เติมแป้งข้าวเหนียว	0.57±0.10	0.67±0.10	0.78±0.10	0.86±0.10	0.90±0.10	0.97±0.10

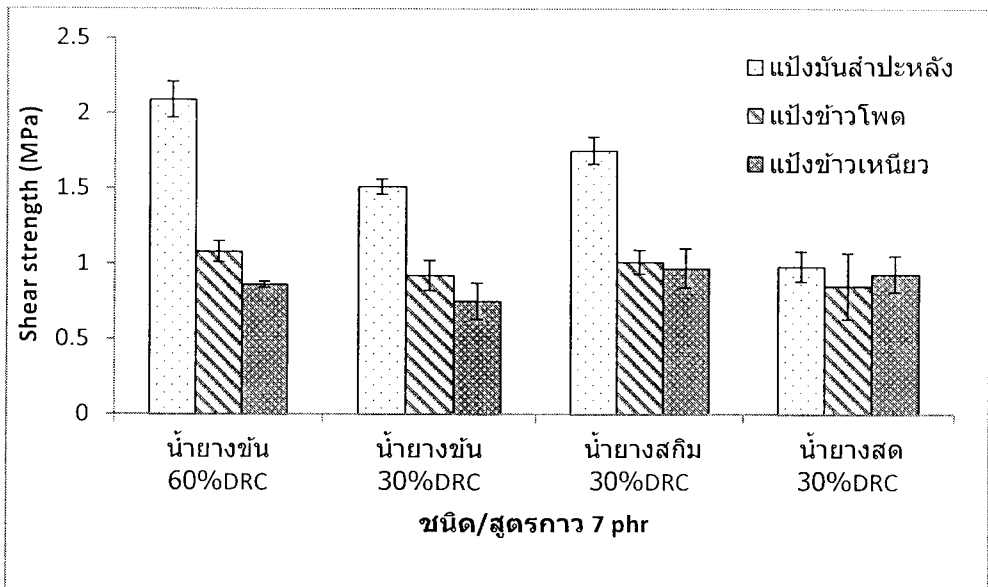
จากผลการทดลองตารางที่ 3.2 ค่าสมบัติของกาวน้ำยางธรรมชาติทุกสูตรดังกล่าวจะมีค่าไม่แตกต่างกัน แต่จะค่าความต้านทานแรงเฉือนทำให้ทราบว่ากาวน้ำยางธรรมชาติมีความต้านทานแรงเฉือนอยู่ในช่วง 0.38-2.0 MPa เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานกาวกาวเรซินสังเคราะห์ที่ใช้ในงานไม้ซึ่งมีค่าความต้านทานแรงเฉือน คือ 1.3 หรือ 1.7 หรือ 3.0 MPa (มาตรฐานกาว) พบว่ากาวที่เตรียมจากน้ำยางชั้น 60%DRC กาวน้ำยางชั้น 30%DRC และกาวน้ำยางสกิม 30%DRC ที่เติมแป้งมันสำปะหลังมีความต้านทานแรงเฉือนที่สูงกว่ามาตรฐานกาวเรซินสังเคราะห์ คือกาวที่เตรียมจากน้ำยางชั้น 60%DRC 2.09 ± 0.50 ส่วนกาวน้ำยางชั้น 30%DRC และกาวน้ำยางสกิม 30%DRC 1.46 ± 1.02 และ 1.59 ± 0.75 MPa ตามลำดับ ต่ำกว่ามาตรฐานกำหนด



รูปที่ 3.9 ความต้านทานต่อแรงเฉือนของกาวน้ำยางจากน้ำยางชั้น 60% DRC เมื่อแปรชนิดและปริมาณสารเพิ่มความเหนียว



รูปที่ 3.10 ความต้านทานต่อแรงเฉือนของน้ํายางชนิดต่างๆ ที่แปรชนิดของสารเพิ่มความเหนียว



รูปที่ 3.11 ความต้านทานต่อแรงเฉือนของน้ํายางชนิดต่างๆ ที่แปรชนิดของสารเพิ่มความเหนียว

ความต้านทานแรงเฉือนของกาวน้ํายางชั้น 60 %DRC ที่เติมแปะงมันสำปะหลัง 70 phr มีค่าเท่ากับมาตรฐานคุณภาพกาวแปะงที่ใช้กับไม้อัดของประเทศแคนาดา (CSA O112.2-M1977) จะเห็นได้ว่า กาวน้ํายางที่เติมแปะงมันสำปะหลังมีค่าความต้านทานแรงเฉือน (2.09 ± 0.5) สูงกว่ากาวน้ํายางที่เติมสารเพิ่มความเหนียวตัวอื่น

เนื่องจากทฤษฎีการดูดซับหรือการยึดติดจำเพาะ ซึ่งแบ่งเป็นวัสดุจำพวกเจลที่พองตัวได้ กล่าวคือแบ่งเป็นอนุภาคของแข็ง เมื่อโดนน้ำเม็ดแป้งสามารถดูดซับน้ำทำให้เม็ดแป้งเกิดการบวมพอง สารอะไมโลสจึงออกจากในเม็ดแป้ง เกิดเป็นเจลขึ้น จึงทำให้กาวกับไม่เกิดการยึดติดกัน (กล้าณรงค์ และเกื้อกุล, 2546) และค่าความหนืดที่สูงกว่าค่าความหนืดของกาวจากน้ำยางธรรมชาติตัวอื่น ซึ่งเป็นไปตามที่สายัณห์ และวิรัตน์ (2549) กล่าวว่า ถ้าของไหลมีความหนืดสูงขึ้นต้องใช้แรงเฉือนที่สูงขึ้น เพื่อให้ได้ อัตราเฉือนเท่าเดิม โดยอธิบายไว้ว่าการวัดความหนืดทำได้โดยการวัดแรงต้านทานการไหล ภายในของของไหล เมื่อมีแรงกระทำ (F) ในแนวขนานกับพื้นผิว เรียก แรงต้านที่เกิดขึ้นนี้ว่า แรงเฉือน (Shear force) ค่าแรงต่อหน่วยพื้นที่ (F/A) ที่ทำให้เกิดการไหล เรียกว่า แรงเฉือนต่อหน่วยพื้นที่ (Shear stress, F') เมื่อมีแรงกระทำในแนวขนานกับพื้นผิวของของไหล

บทที่ 4

ผลการวิจัย: การปรับปรุงโครงสร้างของน้ำยางธรรมชาติเพื่อทำกา

4.1 บทนำ

การศึกษาปรับปรุงคุณภาพของกาที่ทำมาจากน้ำยางธรรมชาติ *Hevea brasiliensis* สำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราในบทที่ผ่านมาโดยใช้น้ำยางธรรมชาติเป็นหลักในการผลิตที่มีการปรับปรุงคุณภาพกาที่ทำกาแปรสูตรที่เหมาะสมในการผลิตกาให้มีคุณภาพตามมาตรฐานกา โดยศึกษาชนิดและปริมาณของสารที่ช่วยปรับปรุงการยึดติดและสารเพิ่มความหนืดได้แก่สารเพิ่มความเหนียว 3 ชนิด (Coumarone resin, Resorcinol Sumikanol 507A และ Urea formaldehyde resin) รวมทั้งใช้สารเพิ่มความหนืด 3 ชนิด (แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวโพด) พบว่าสมบัติด้านต่างๆ ได้แก่ปริมาณเนื้อกา ความหนืด ความเป็นกรด-ด่าง ระยะเวลาการเซตตัวของกา ความต้านทานแรงเฉือน ลักษณะการยึดติด หลังจากการศึกษาชนิดและปริมาณสารเพิ่มความเหนียวเพื่อช่วยปรับปรุงการยึดติดของกาจากน้ำยางธรรมชาติที่เติมสารเพิ่มความเหนียวและสารเพิ่มความหนืดต่อสัดส่วนของกาต่อลักษณะความเข้ากันได้ พบได้ว่ากาจากน้ำยางแต่ละชนิดมีลักษณะและสมบัติแตกต่างกัน แป้งมันสำปะหลัง 70 phr ดีสุดจึงเลือกใช้ที่สัดส่วนนี้ในงานอื่นๆ จากนั้นได้ทำการทดสอบสมบัติของกาจากน้ำยางที่ปรับปรุงคุณภาพดังกล่าวพบว่าความต้านทานแรงเฉือน ความทนทานต่อน้ำ ระยะเวลาในการเซตตัว ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณเนื้อกา และความหนืดของกา เป็นต้น ผลการทดสอบสมบัติกาพบว่าผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมกาของประเทศไทย (มอก.521-2527 และ มอก.360-2530) แต่ค่าที่ได้จะต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกาเรซินสังเคราะห์สำหรับไม้ (มอก.360-2523) ซึ่งสมบัติทางฟิสิกส์ของกาสังเคราะห์ที่มีปริมาณเนื้อกาต่ำกว่ากาน้ำยาง แต่มีความหนืดและความต้านทานแรงเฉือนที่มีค่าสูงกว่ากาน้ำยางธรรมชาติ จึงอาจจะเป็นข้อดีของกาน้ำยางธรรมชาติซึ่งเป็น Water base ที่มีความต้านทานแรงเฉือนต่ำ พร้อมกับการใช้น้ำยางธรรมชาติไม่มีสภาพความเป็นขี้เป็นกาที่ยึดติดกับไม้ยางมีสภาพความเป็นขี้ของเซลลูโลส ซึ่งเป็นองค์ประกอบของเนื้อไม้ จึงทำการปรับปรุงโครงสร้างน้ำยางธรรมชาติให้มีสภาพความเป็นขี้มากเพื่อให้การใช้กับงานไม้ที่มีสมบัติความเป็นขี้มากขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาถึงวิธีการปรับปรุงสมบัติของยางธรรมชาติเพื่อเตรียมกาที่เหมาะสมสำหรับใช้งานในการผลิตแผ่นไม้ให้มีความสามารถในการยึดติดขึ้นไม้ ซึ่งประโยชน์ที่จะได้นั้นนอกจากลดปริมาณการนำเข้าหรือการทดแทนการใช้กาสังเคราะห์ แล้วยังเป็นการเพิ่มมูลค่าและเพิ่มปริมาณการใช้ยางธรรมชาติ ลดปริมาณการใช้กาจากสารสังเคราะห์ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ เพื่อพัฒนาปรับปรุงคุณภาพกาให้เหมาะสมในการใช้งาน ซึ่งการเตรียมกาจะเริ่มต้นจากการปรับปรุงวัตถุดิบเป็นประการแรก โดยทำการปรับปรุงคุณภาพน้ำยางให้มีสมบัติเหมาะสมสำหรับทำกา มีการศึกษาวิธีคือวิธีแรกยางธรรมชาติอีพอกไซด์ (Epoxidized natural rubber latex: 25% ENR) วิธีที่สองยางเหลว (Liquid natural rubber latex : LNR) และวิธีสุดท้ายคือน้ำยางผสม (Natural rubber latex blend; น้ำยาง

ธรรมชาติเบลนด์กับเมทิลเมทาไครเลท) ประการที่สองทำการศึกษานิดและปริมาณของสารเพิ่มความเหนียวเพื่อช่วยปรับปรุงการยึดติด (Coumarone resin, Resorcinol Sumikanol507A และ Urea formaldehyde resin) และเลือกใช้แข็งมันสำปะหลังเป็นสารเพิ่มความหนืดโดยอาศัยผลจากบทที่ 3 เติมแข็งมันสำปะหลังจะเพิ่มความหนืดมีประสิทธิภาพปรับปรุงคุณภาพสูตรกาวที่ดีที่สุด

4.2 การเตรียมน้ำยางธรรมชาติปรับปรุงโครงสร้าง

การปรับปรุงโครงสร้างของน้ำยางธรรมชาติให้มีสมบัติความเป็นขั้วมากขึ้น การลดน้ำหนักโมเลกุลของน้ำยางธรรมชาติเช่น น้ำยาง 25% ENR LNR การผสมน้ำยางธรรมชาติกับน้ำยางสังเคราะห์ (NR/PMMA) และน้ำยางธรรมชาติผสมกับกาวสังเคราะห์ (NR/Urea formaldehyde resin) เป็นต้น

4.2.1 การเตรียมน้ำยางธรรมชาติอีพอกไซด์

น้ำยางธรรมชาติที่ปรับปรุงโครงสร้างให้มีความเป็นขั้วมากขึ้นโดยการเตรียมเป็นยางอีพอกไซด์ที่มีโมลอีพอกไซด์ 25% (ENR-25) เป็นการผลิตยางธรรมชาติอีพอกไซด์ในสภาวะน้ำยาง (ใช้น้ำยางชั้น 60% DRC; LA-type ชนิดใส่แอมโมเนียต่ำ) ที่นำมาใช้ต้องนำมาทำให้มีความเสถียรต่อกรดด้วยการเติมสารช่วยเพิ่มความเสถียรชนิดที่ไม่มีประจุ (Non-ionic surfactant) 10% Teric 16A/29 (Alkylphenol ethoxylate) กวนต่อเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทำการเติมสารละลายกรดฟอร์มิกความเข้มข้น 90% และสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 50% ทำปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันที่อุณหภูมิ $60 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง ซึ่งทำให้เกิดเปอร์ฟอร์มิกในระหว่างปฏิกิริยาอีพอกซิเดชัน (*In-situ* performic epoxidation) โดยควบคุมสภาวะในการเตรียมอย่างระมัดระวัง เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปฏิกิริยาการเปิดวงแหวนอีพอกไซด์ ควบคุมเพื่อได้น้ำยางธรรมชาติอีพอกไซด์ลดน้ำหนักโมเลกุลที่มีโมลอีพอกไซด์ 25% (Hashim *et al.*, 2002) รักษาสภาพโดยการเติม 20 mL สารละลายแอมโมเนียความเข้มข้น 10% และวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง 6.5-7 หลังจากนั้นจึงนำมาทดสอบหาสมบัติและวิเคราะห์โครงสร้างของยางธรรมชาติอีพอกไซด์ที่เตรียมขึ้นมาได้

4.2.2 การเตรียมยางเหลว

การทำยางให้มีความเหลวเป็นการลดน้ำหนักโมเลกุลให้กับน้ำยางธรรมชาติส่งผลให้สามารถแทรกซึมและยึดติดกับไม้ได้ดีขึ้น ยางเหลวที่ทำจากน้ำยางธรรมชาติเพื่อปรับปรุงโครงสร้างโดยเตรียมจากปฏิกิริยา Depolymerization น้ำยางชั้น 60% DRC ด้วยสาร Phenylhydrazine ที่ความเข้มข้น 10% ร่วมกับกำมะถันออกซิเจน ภายใต้สภาวะการทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ $60 \pm 3^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (Tangpakdee *et al.*, 2001) นำไปอบโดยเครื่อง hot air oven ที่อุณหภูมิ $75-85^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 15 ชั่วโมง นำมาทวนโดยใช้ความเร็ว 180 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที ได้น้ำยางมีลักษณะเป็นของเหลวที่มีความหนืดสูง ลักษณะเป็นเนื้อเตี๋ยวและมีสีน้ำตาลอ่อนออกเหลือง ความหนืดที่ได้เมื่อเสร็จปฏิกิริยาจะต่ำกว่าตอนปฏิกิริยาเริ่มแรก จากนั้นนำไปวิเคราะห์โครงสร้างของยางเหลว

4.2.3 การเตรียมน้ำยางธรรมชาติผสมกับเมทิลเมทาไครเลท

การเตรียมน้ำยางธรรมชาติที่ปรับปรุงโครงสร้าง โดยการผสมระหว่างน้ำยางธรรมชาติผสมกับเมทิลเมทาไครเลท (NR/PMMA) เพื่อเพิ่มความเป็นขั้วให้กับน้ำยางธรรมชาติ จะส่งผลให้สามารถยึดติดกับไม้ได้ดีขึ้น โดยการทำการสังเคราะห์แบบอิมัลชันพอลิเมอร์โรเซชันใน conical flask reactor ที่ทำการผสม MMA กับสาร hydroxide และ oleic acid แล้วค่อยๆ ใส่น้ำยางธรรมชาติอย่างช้าๆ พร้อมกับกวนอย่างสม่ำเสมอให้เข้ากัน เป็นเวลา 15 นาที แล้วเอาออกมาเพื่อให้หยุดปฏิกิริยาแล้วตั้งไว้อย่างน้อย 18 ชั่วโมง โดยแปรสัดส่วน NR : PMMA เป็น 70:30, 60:40 และ 50:50 ตามลำดับ ทำการกวนผสมน้ำยางเบลนด์ให้เข้ากันที่อุณหภูมิห้อง และเลือกผลที่เหมาะสมเป็นผลที่ได้อัตราส่วน 70:30 ใช้งานทำการลดน้ำหนักโมเลกุลเพื่อให้กาวที่ทำน้ำมีความสามารถแทรกซึมลงไปในรูพรุนของเนื้อไม้ได้มากขึ้น ส่งผลให้แรงยึดติดระหว่างกาวกับไม้มีมากขึ้น นอกจากนี้กาวที่มีส่วนของน้ำยางธรรมชาติซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ มีสมบัติด้านความเหนียวติดสูงขึ้น ซึ่งทำการลดน้ำหนักโมเลกุลได้โดยการเติมโปแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตปริมาณ 1 phr และโพรพาแนลปริมาณ 15 phr ลงไปในน้ำยาง เขย่าภายใต้อุณหภูมิ 60°C เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

4.3 สมบัติและการวิเคราะห์โครงสร้างของน้ำยางธรรมชาติปรับปรุงโครงสร้าง

4.3.1 สมบัติของน้ำยางธรรมชาติปรับปรุงโครงสร้าง

สมบัติของน้ำยางธรรมชาติปรับปรุงโครงสร้างที่ศึกษาคือ ENR LNR และยางผสม NR/PMMA พบได้ว่าค่าน้ำหนักโมเลกุลด้วยเครื่องทดสอบ Gel Permeation Chromatography (GPC) ความเป็นกรดต่างของน้ำยาง (pH) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่อยู่ในน้ำยาง (TSC) และความหนืดของน้ำยาง ตลอดระยะเวลาการเก็บน้ำยาง 8 สัปดาห์ ได้มีค่าสมบัติของน้ำยางแตกต่างกันดังแสดงไว้ในตาราง 4.1

ตารางที่ 4.1 สมบัติของน้ำยางธรรมชาติปรับปรุงโครงสร้างชนิดต่างๆ

สมบัติของน้ำยาง	น้ำยางธรรมชาติปรับปรุงโครงสร้าง			กาว
	ENR	LNR	NR/PMMA blend	UF
TSC; %	34±1.3	37±1.2	32±2	33±1.1
pH	8±1	7.5±0.5	8.5±0.5	8.2±1
Viscosity; cps	150±2	190±2.5	161±4.5	280±3.5
น้ำหนักโมเลกุล; Mw (kg/mol)	1.8×10 ⁴	9×10 ³	8.5×10 ³	7.6×10 ³

หมายเหตุ: น้ำหนักโมเลกุล NR 1,048,000 และ PMMA 667,230 g/mol

ยางธรรมชาติอีพอกไซด์มีสภาพความเป็นขั้วเพิ่มขึ้นตามปริมาณหมู่อีพอกไซด์ที่มีในโครงสร้าง โมเลกุลมีค่าอุณหภูมิคล้ายแก้ว (Glass transition temperature, Tg) ของ ENR-25 ประมาณ -47°C

4.3.2 การหาน้ำหนักโมเลกุลด้วยเครื่อง GPC

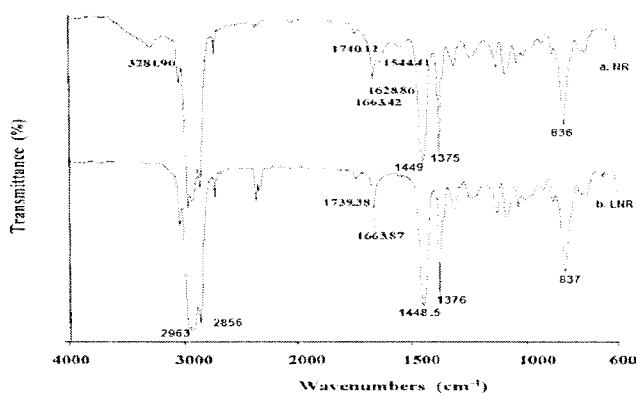
การวิเคราะห์ค่าน้ำหนักโมเลกุลด้วยเครื่อง Gel Permeation Chromatography (GPC) หลังจากทำการลดน้ำหนักโมเลกุลของน้ำยางปรับปรุงแล้วนำไปหาค่าน้ำหนักโมเลกุลด้วยเครื่องทดสอบ GPC (ดังตาราง 5.1) ใช้ตัวอย่างผสม NR/PMMA สัดส่วน 70 : 30 ทำการลดน้ำหนักโมเลกุลเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ส่งผลให้ลดน้ำหนักโมเลกุลของน้ำยางมีขนาดโมเลกุลลดลงเมื่อใช้เวลาในการลดน้ำหนักดังกล่าว อาจจะเป็นเนื่องจากการลดน้ำหนักโมเลกุลนั้นจะมีสารตัดสายโซ่โมเลกุลด้วยสารโปแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตโดยผ่านกลไกปฏิกิริยาแบบอนุมูลอิสระที่ใช้โพรพาแนลเพื่อช่วยในการจับกับ Active radicals ไม่ให้สายโซ่ที่หลุดตัดออกแล้วกลับไปรวมตัวกันและกลับกลายเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ได้อีกครั้ง

4.3.3 การวิเคราะห์โครงสร้างของน้ำยางธรรมชาติปรับปรุงโครงสร้าง

การหาสมบัติและการวิเคราะห์โครงสร้างของน้ำยางธรรมชาติปรับปรุงโครงสร้างของน้ำยางธรรมชาติปรับปรุงโครงสร้างในงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาวิเคราะห์โครงสร้างและหมู่ฟังก์ชันเป็นการยืนยันโครงสร้างของยางโดยอาศัยเทคนิค Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) ส่วนการวิเคราะห์หาโครงสร้างของยางโดยอาศัยเทคนิค Fourier-Transform Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy (FT-NMR) น้ำหนักโมเลกุลโดยเทคนิค Gel Permeation Chromatography (GPC)

4.3.3.1 Fourier transform infrared spectroscopy

สเปกตรัมอินฟราเรดของหมู่ฟังก์ชันประกอบด้วยแถบการดูดกลืนแสงที่ตำแหน่งการดูดกลืนเฉพาะตัวที่แตกต่างกันได้ ดังแสดงตัวอย่างสเปกตรัมของหมู่ฟังก์ชันในรูปที่ 4.1 การนำเทคนิค FT-IR มาเพื่อวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันยางธรรมชาติปรับปรุงโครงสร้างในชนิดต่างๆ โดยโมเลกุลของสารอินทรีย์ที่ดูดกลืนพลังงานในช่วงรังสีอินฟราเรดทำให้เกิดการสั่นของพันธะในโมเลกุลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโมเมนต์ขั้วคู่ ส่งผลทำให้เกิดการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของหมู่ฟังก์ชันต่างๆ มีตำแหน่งการดูดกลืนเฉพาะตัวที่ต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.1 หมู่ฟังก์ชันจากการดูดกลืนรังสีอินฟราเรด FT-IR ของยาง NR (a) และ LNR (b)

ตาราง 4.2 หมู่ฟังก์ชันจากการดูดกลืนรังสีอินฟราเรด FT-IR ของยางชนิดต่างๆ

หมู่ฟังก์ชัน	NR	ENR	LNR	NR/PMMA
C=C-H	837	835.79	836	980-690
CH ₃	1380-1375	1380-1375	1380-1375	1380-1375
C=C	1680-1630	1680-1630	1680-1630	1680-1630
-CH ₂ -, -CH ₃	3001-2870	2991-2920	3000-2800	3002-2920
cis-epoxy	-	1245-870	-	-
C-OH	-	-	-	1200-1000
R-O-R	-	-	-	1275-1070

- **น้ำยางธรรมชาติอีพอกไซด์** พบว่ายางธรรมชาติอีพอกไซด์มีหมู่ฟังก์ชันอีพอกไซด์ ซึ่งปกติเมื่อโมเลกุลของสารอินทรีย์ดูดกลืนพลังงานในช่วงรังสีอินฟราเรด จะทำให้เกิดการสั่นของพันธะในโมเลกุลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโมเมนต์ขั้วคู่ ซึ่งทำให้เกิดการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของหมู่ฟังก์ชันต่างๆ จะมีตำแหน่งการดูดกลืนเฉพาะตัวที่ต่างกัน โดยทั่วไปสามารถบอกตำแหน่งของการดูดกลืนรังสีเป็นเลขคลื่นโดยสัมพันธ์กับความเข้มข้นของหมู่ฟังก์ชันของสารตัวอย่างเห็นจากการปรากฏของแถบการดูดกลืนแสงที่ 756.47, 835.79, 924.94, 870 และ 1245 cm^{-1} ตามลำดับ Suchat et al. (2014) แสดงผลยืนยันยางธรรมชาติเกิดการอีพอกไซด์ขึ้นในสายโซ่โมเลกุลยางธรรมชาติ (รูปที่ 4.3) แถบการดูดกลืนแสงของออกซิแรนปรากฏที่เลขคลื่น 800-950 cm^{-1} ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของสายโซ่หลักของไดอีนพอลิเมอร์สายโซ่หลักของ *Cis*-1,4-Polyisoprene ที่ถูกเปลี่ยนให้เป็นโครงสร้างของ *cis*-epoxy ปรากฏแถบการดูดกลืนรังสีที่เลขคลื่น 870 cm^{-1} (Asymmetric stretching of epoxide ring) และ 1245 cm^{-1} (Symmetric stretching of epoxide ring) และยังคงเหลือหมู่ *Cis*-double bond ปรากฏแสดงว่ามีบางส่วนของสายโซ่โมเลกุลเป็นยางธรรมชาติที่สามารถวัลคาไนซ์ได้ด้วยระบบกำมะถันได้ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของไพโรจน์, ปี...) เจริญปี...) (Davey and Loadman, 1984)

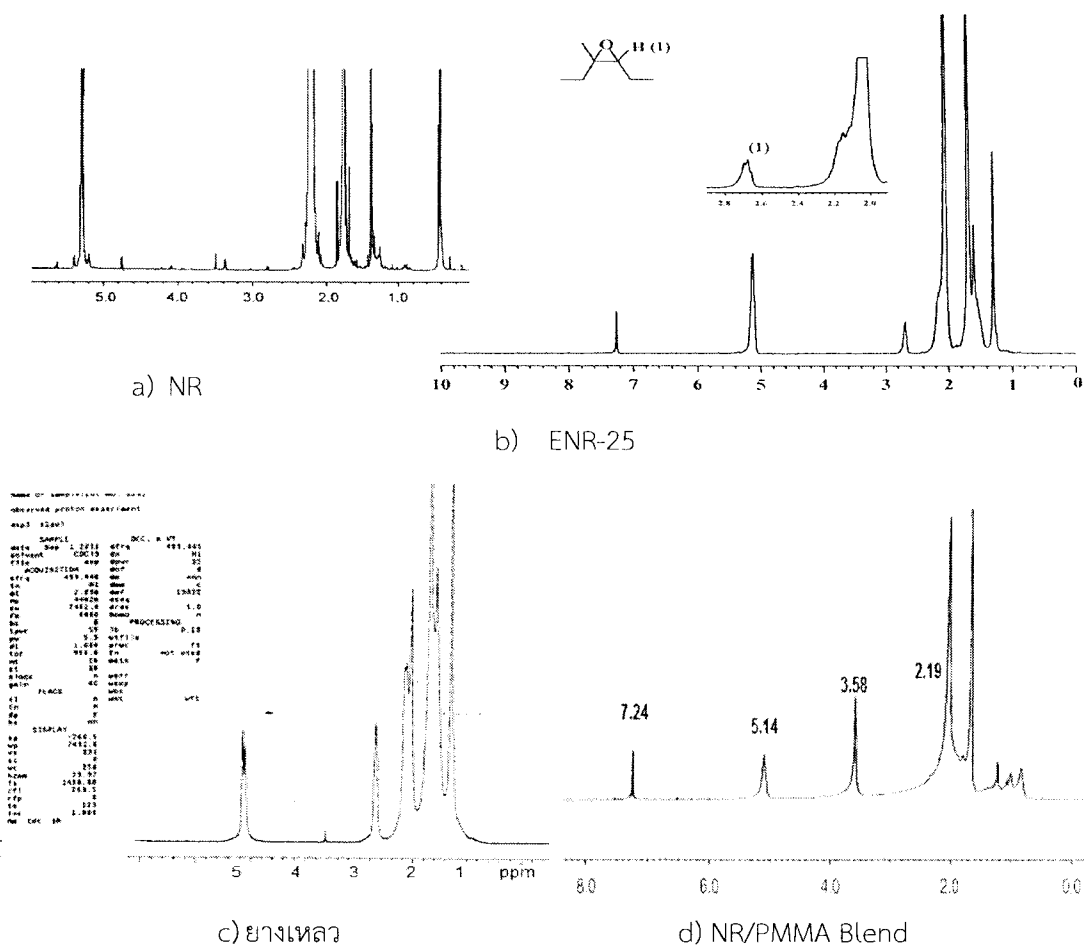
- **ยางเหลว LNR** พบโครงสร้างมีสเปกตรัมอินฟราเรดของหมู่ฟังก์ชันประกอบด้วยแถบการดูดกลืนแสงที่ C=C, CH₃, C=C-H, -CH₂ -, -CH₃ ซึ่งยืนยันโครงสร้างได้ยางเหลว ว่าหมู่ฟังก์ชันมีโครงสร้างเหมือนยางธรรมชาติ (รูปที่ 4.1)

- **ยางผสม NR/PMMA** จากการวิเคราะห์โครงสร้างของ NR/PMMA ด้วยเทคนิค FT-IR จะพบว่ามีการดูดกลืนแสงเกิดสเปกตรัมอินฟราเรด ทำให้เกิดพีคที่แสดงว่าน้ำยางประกอบด้วยหมู่ฟังก์ชันต่างๆ (ดังตารางที่ 4.2) ของ NR/PMMA ในสัดส่วน 70:30 นำไปตรวจสอบหาหมู่ฟังก์ชันเพื่อดูโครงสร้างและหมู่ฟังก์ชันของน้ำยางผสมทั้งสองชนิด พบว่า NR ผสมกับ PMMA ในทุกสัดส่วน ซึ่งได้ปรากฏแถบการดูดกลืนแสงที่เหมือนกัน คือที่ตำแหน่ง 2961, 1651, 1376, 1148, 836 และ 1275-1070 cm^{-1} ตามลำดับ แสดงยืนยันว่า NR/PMMA ประกอบไปด้วยหมู่ฟังก์ชันเดียวกันกับ NR และ PMMA คือมี

C=C ปรากฏอยู่ในสายโซ่โมเลกุลและปรากฏแถบการดูดกลืนแสงของหมู่อื่นคือหมู่ $-CH_2$, $-CH_3$, C-OH, R-O-R และ C=C-H ซึ่งเป็นสเปกตรัมอินฟราเรดที่พบตรงกับหมู่ฟังก์ชันของ NR และ PMMA

4.3.3.2 Fourier-Transform Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy

การวิเคราะห์หาโครงสร้างของยางโดย Fourier-Transform Nuclear Magnetic Resonance (FT-NMR) Spectroscopy โดยใช้ 1H -observed experiment (1H -NMR) ของเครื่อง Fourier-Transform Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy 500 MHz, Unity Inova, Varian, Germany; methods WI-RES-NMR and REF-RES-NMR-022 ได้ผลการทดลองดังตัวอย่างในรูป 4.2



รูปที่ 4.2 การวิเคราะห์โครงสร้างของน้ำยางธรรมชาติปรับปรุงโครงสร้าง โดย 1H -NMR

จากการวิเคราะห์โครงสร้างของน้ำยางธรรมชาติปรับปรุงโครงสร้าง ด้วยเทคนิค 1H -NMR จากสัญญาณโปรตอนของโอลิฟินิกโปรตอน (the olefinic proton) ของโครงสร้าง *cis*-1,4-polyisoprenic ที่สัญญาณ 5.15 ppm, 2.20 ppm ดังรูป 4.2 (a) NR, (c) LNR สำหรับของยางอโฟกไซต์ พบสัญญาณที่ 5.14 ppm โปรตอนที่อยู่ติดกับหมู่อโฟกไซต์ปรากฏที่สัญญาณ 2.70 ppm ดังรูป 4.2 ENR (b)

สามารถวัดปริมาณฮิพอกไซด์ที่หายสะการเกิดฮิพอกไซด์ขึ้นจากการอินทิเกรตที่เรโซแนนซ์ของโปรตอนที่อยู่ติดกับฮิพอกไซด์ พบว่ายางธรรมชาติฮิพอกไซด์ที่มีปริมาณหมู่ฮิพอกไซด์ 25 โมลเปอร์เซ็นต์ (ENR-25) (สอดคล้องกับ Burfield *et al.*, 1984) ส่วนยาง NR/PMMA Blend พบสัญญาณโปรตอน 3.58 อาจจะเป็น Hydroxylated Methylene proton เพิ่มเติมจากโครงสร้างของน้ำยางธรรมชาติ

4.4 กาวจากน้ำยางธรรมชาติที่มีการปรับปรุงโครงสร้าง

4.4.1 การเตรียมกาวจากน้ำยางธรรมชาติที่มีการปรับปรุงโครงสร้าง

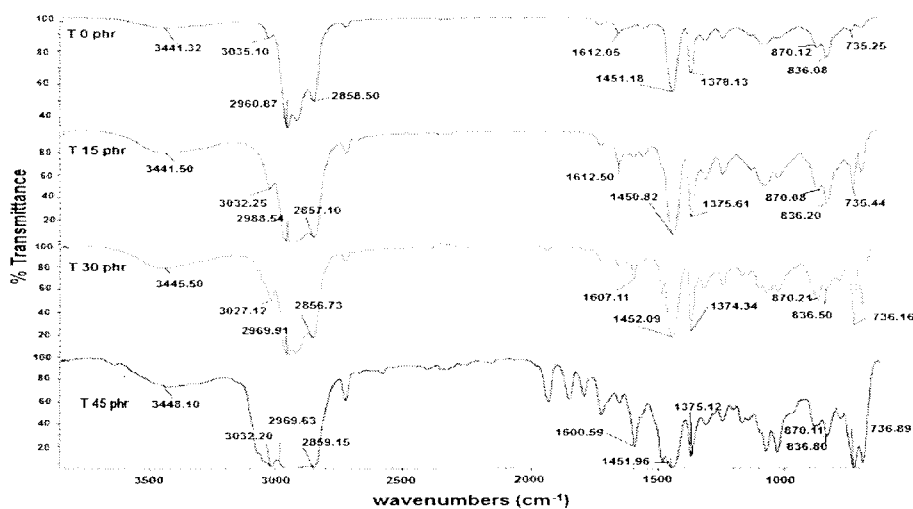
การเตรียมกาวจากน้ำยางธรรมชาติที่มีการปรับปรุงโครงสร้าง (ENR, LNR และ NR/PMMA Blend) เพื่อใช้ในงานไม้ โดยเตรียมกาวตามสูตรตัวอย่างดังตารางที่ 4.2 กวนให้เข้ากันให้ส่วนผสมต่างๆ สามารถเข้ากันได้เป็นเวลา 30 นาที และบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง (30°C) เวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งในแต่ละชนิดของกาวน้ำยางธรรมชาติจะมีการปรับปรุงคุณภาพสูตรกาว โดยเติมสารเพิ่มความเหนียวเพื่อศึกษาอิทธิพลของปริมาณสารเพิ่มความเหนียวที่มีผลต่อสมบัติของกาวน้ำยาง สารเพิ่มความเหนียว 3 ชนิด ได้แก่ Coumarone resin, Resorcinol Sumikanol 507A และ Urea formaldehyde resin ใช้สารเพิ่มความเหนียวแข็งน้ำมันสำปะหลัง และพบการใช้ Coumarone resin เป็นสารเพิ่มความเหนียวและใช้แข็งน้ำมันสำปะหลังเป็นสารเพิ่มความเหนียว เนื่องจากผลการทดลองจากบทที่ 3 มีประสิทธิภาพปรับปรุงคุณภาพสูตรกาวที่ดีที่สุด ศึกษาลักษณะทางกายภาพและสมบัติด้านต่างๆ ของกาวที่ได้จากการทดลอง ได้แก่ ปริมาณเนื้อกาว ความเป็นกรด-ด่าง ความหนืด ระยะเวลาการเซตตัวกาว สมบัติด้านความทนทานต่อน้ำและสมบัติด้านต้านทานแรงเฉือนของกาวน้ำยาง จะเห็นได้ว่ากาวน้ำยางแต่ละชนิดมีลักษณะและคุณสมบัติแตกต่างกัน ดังนี้

4.4.2 โครงสร้างของน้ำยางธรรมชาติปรับปรุงโครงสร้าง

การศึกษาสมบัติและวิเคราะห์โครงสร้างของน้ำยางธรรมชาติปรับปรุงโครงสร้างในงานวิจัยนี้ ด้วยการใช้เทคนิค Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR, Model Spectrum One, Perkin-Elmer, USA) มาหาหมู่ฟังก์ชัน แล้วยังสามารถหาความเข้ากันได้ของส่วนผสมต่างๆ ของกาวยางปรับปรุงโครงสร้าง โดยนำยางธรรมชาติที่เตรียมได้มาละลายด้วยตัวทำละลาย chloroform นำสารละลายตัวอย่างมาเคลือบบน Potassium chloride disk เพื่อทำเป็นแผ่นฟิล์มบางเคลือบบนหน้าต่าง KBr วัด FTIR ได้สเปกตรัมอินฟราเรดในช่วงความยาวคลื่น $400\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$ จะได้พีคของการดูดกลืนแสงอินฟราเรดของตัวอย่างกาวยางต่างๆ ดังต่อไปนี้

ผลจากการวิเคราะห์โครงสร้างของน้ำยางธรรมชาติปรับปรุงโครงสร้างเปรียบเทียบกับโครงสร้างของน้ำยางธรรมชาติ ดังรูปที่ 5.4 จะพบสเปกตรัมอินฟราเรด FTIR ของน้ำยางธรรมชาติมียอดแหลมเกิดพีคที่ตำแหน่งเลขคลื่นที่ 1638 cm^{-1} แสดงพันธะของ C=C อย่างชัดเจน แต่ถ้าเป็นน้ำยางธรรมชาติปรับปรุงโครงสร้างชนิดต่างๆ จะพบปรากฏพีคการดูดกลืนแสงอินฟราเรดที่เลขคลื่น 1139 cm^{-1} ซึ่งแสดงถึงการสั่นแบบยืดของพันธะ C=O stretching และเลขคลื่น 1730 cm^{-1} แสดงถึงการสั่นแบบยืด

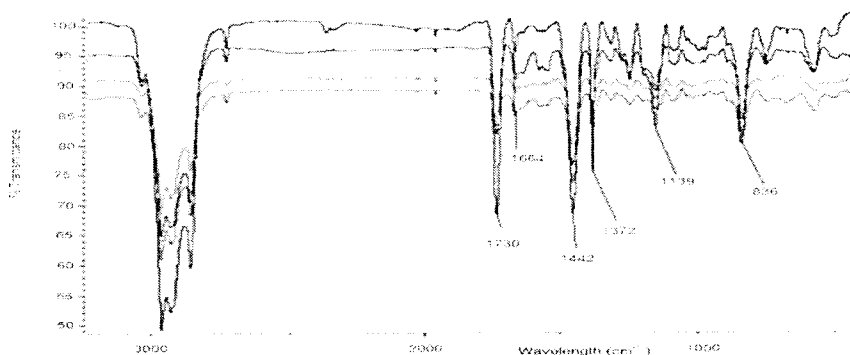
ของ C=O stretching ซึ่งพันธะทั้งสองชนิดจะปรากฏอยู่ในโครงสร้างโมเลกุลของยางธรรมชาติปรับปรุงโครงสร้างด้วยเมทิลเมทาคริเลท เป็นการยืนยันว่ามี PMMA ใน NR ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับหลายงานวิจัย (เจริญ, 2547; เจริญ, 2002; Chuayiljijt et al., 2004) ส่วนตัวอย่างสเปกตรัม FT-IR ของยาง ENR ที่เติมสารช่วยให้เหนียวติด (coumarone indene resin) พบตำแหน่งของการดูดกลืนเลขนคลื่น โดยสัมพันธ์กับความเข้มข้นของหมู่ฟังก์ชันของสารตัวอย่างเห็นจากการปรากฏของแถบการดูดกลืนแสงที่ 756.47, 835.79, 924.94, 870 และ 1245 cm^{-1} ตามลำดับ Suchat et al. (2014) แสดงผลยืนยันยางธรรมชาติเกิดการอีพอกซิเดชันในสายโซ่โมเลกุลยางธรรมชาติ (รูปที่ 4.3) แถบการดูดกลืนแสงของออกซิแรนปรากฏที่เลขคลื่น 800-950 cm^{-1} ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของสายโซ่หลักของไดอีนพอลิเมอร์ สายโซ่หลัก Cis-1,4-Polyisoprene ที่ถูกเปลี่ยนให้เป็นโครงสร้างของ Cis-epoxy แถบการดูดกลืนรังสีที่เลขคลื่น 870 cm^{-1} (Asymmetric stretching of epoxide ring) และ 1245 cm^{-1} (Symmetric stretching of epoxide ring) และยังคงเหลือหมู่ Cis-double bond ปรากฏแสดงว่ามีบางส่วนของสายโซ่โมเลกุลเป็นยางธรรมชาติ



รูปที่ 4.3 สเปกตรัม FT-IR ของยาง ENR ที่เติม Coumarone indene resin ปริมาณ 0-45 phr

จากรูปที่ 4.3 พบว่าสเปกตรัมอินฟราเรดของกาวยางธรรมชาติจากยางปรับปรุงโครงสร้าง ENR ที่แสดงหมู่ฟังก์ชันและความสามารถในการเข้ากันได้ของส่วนผสมต่างๆ ของกาว ENR ที่ทำการเติมสารช่วยให้เหนียวติดมากขึ้นแสดงให้เห็นว่า เมื่อปริมาณสารช่วยให้เหนียวติด (Coumarone indene resin) เพิ่มมากขึ้นจะทำให้เกิดการเกาะติดของในภายในโมเลกุลยางธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น

กาวยางจากยางธรรมชาติปรับปรุงโครงสร้าง NR/PMMA นำมาวัดสเปกตรัมอินฟราเรด FT-IR ได้สเปกตรัมอินฟราเรดและพีคของการดูดกลืนแสงอินฟราเรด ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 สเปกตรัม FT-IR ของยาง NR/PMMA ที่เติม coumarone indene resin ปริมาณ 0-45 phr

จากสเปกตรัมอินฟราเรดในรูปที่ 4.4 พบว่า ปรากฏพีคการดูดกลืนแสงอินฟราเรดที่เลขคลื่น 1139 cm^{-1} ซึ่งแสดงถึงการสั่นแบบยืดของพันธะ C-O stretching และเลขคลื่น 1730 cm^{-1} แสดงถึงการสั่นแบบยืดของ C=O stretching ซึ่งพันธะทั้งสองชนิดจะปรากฏอยู่ในโครงสร้างโมเลกุลของยางธรรมชาติปรับปรุงโครงสร้างด้วยเมทิลเมทาคริเลท นอกจากนี้จะพบว่าการเพิ่มปริมาณ Coumarone indene resin ใน NR/PMMA ทำให้ความเข้มของพีคทั้งสองมีปริมาณมากขึ้น เมื่อมีการเติมปริมาณ Coumarone indene resin เพิ่มขึ้น จะทำให้เกิดการเกาะติดของโมเลกุลยางธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น

4.4.3 ลักษณะทางกายภาพของกาวน้ำยางธรรมชาติที่ปรับปรุงโครงสร้าง

ลักษณะทางกายภาพของกาวน้ำยางที่สังเกตได้จากสีของกาวน้ำยางแต่ละชนิดจะมีสีขาวขุ่นปนเหลืองอ่อนคล้ายน้ำมัน มีกลิ่นหอมของน้ำยาง ส่วนกาวที่เติม Urea formaldehyde resin มีกลิ่นฉุนของสารเคมี ส่วนกาวน้ำยางที่เติมแป้งมันสำปะหลังและแป้งอื่นๆ มีกลิ่นน้ำยางผสมกลิ่นแป้ง ในส่วนลักษณะความสามารถเข้ากันได้ดีโดยไม่เกิดการแบ่งชั้นหรือไม่เกิดลักษณะของการตกตะกอนแยกชั้นในทุกชนิดของกาว รวมทั้งกาวเติมสารเพิ่มความเหนียวและสารเพิ่มความหนืดตั้งตารางในภาคผนวกที่ 4.1

4.4.4 สมบัติของกาวจากน้ำยางธรรมชาติที่ปรับปรุงโครงสร้าง

กาวจากน้ำยาง ENR จากปฏิกิริยาออกซิเดชันพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำยางอยู่ในช่วง 7.24-9.18 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่อยู่ในน้ำยางอยู่ในช่วง 31.20-33.20% และความหนืดของน้ำยางอยู่ในช่วง 28-32 cps ตลอดระยะเวลาการเก็บน้ำยาง ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความหนืดและปริมาณเนื้อกาวตามระยะเวลาการเก็บ ส่วนค่าความหนืดพบว่ากาว ENR ที่เติม Urea formaldehyde resin 30 phr มีความหนืดในช่วง 998-1320 เซนติพอยด์ ซึ่งตรงตามมาตรฐานกาวยางซึ่งมีความหนืด 1500-5000 เซนติพอยด์และกาว ENR ที่เติม Urea formaldehyde resin 45 phr มีความหนืดในช่วง 429.5-496 เซนติพอยด์ ซึ่งมีค่าตรงกับค่าความหนืดของกาวติดไม้ (กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์) มีความหนืด 150-500 เซนติพอยด์

กาวจากยางเหลวที่เตรียมจากปฏิกิริยา Depolymerization น้ำยางด้วย Phenylhydrazine และ ออกซิเจนที่อุณหภูมิ 60°C เวลา 24 ชั่วโมง ได้ยางที่มีลักษณะสีน้ำตาลเหลือง พบค่าความเป็นกรด

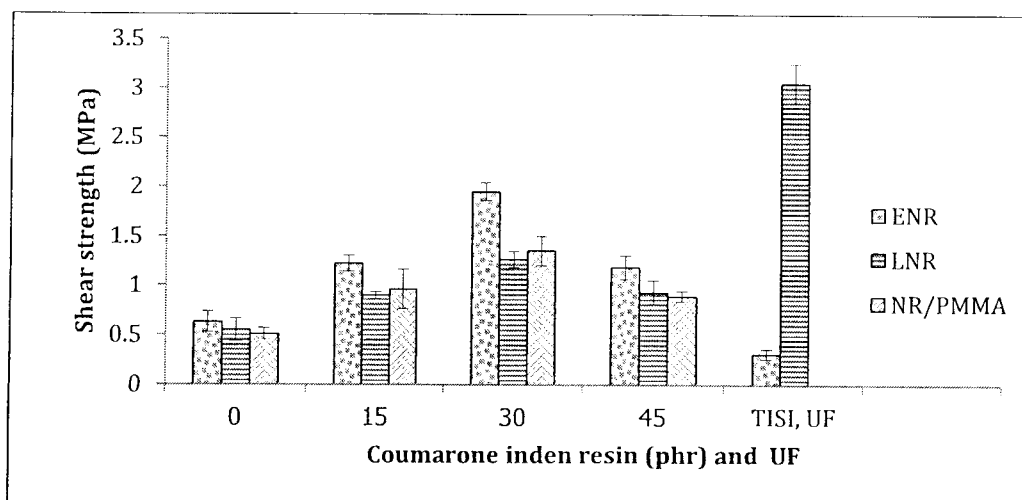
- ต่างของน้ำยางอยู่ในช่วง 5.11-6.87 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่อยู่ในน้ำยางอยู่ในช่วง 34.44-39.24% และความหนืดของน้ำยาง อยู่ในช่วง 45.2-52.8 cps ตลอดระยะเวลาการเก็บน้ำยาง

กาวจากน้ำยางผสม NR/PMMA พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำยางอยู่ในช่วง 8.24-9.18 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่อยู่ในน้ำยางอยู่ในช่วง 51.20-55.20% และความหนืดของน้ำยางอยู่ในช่วง 38-52 cps ตลอดระยะเวลาการเก็บน้ำยาง ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความหนืดและปริมาณเนื้อกาวตามระยะเวลาการเก็บ

การใช้น้ำยางธรรมชาติเป็นวัตถุดิบหลักในการเตรียมกาวจากสำหรับใช้ในงานติดไม้ยางพารา การใช้ปรับปรุงคุณภาพของกาวที่ทำมาจากน้ำยางธรรมชาติที่ทำการทดลองคือ ENR LNR และยางผสมระหว่าง NR/PMMA ที่ใส่สารเพิ่มความหนืดได้แก่ สารเพิ่มความเหนียว 3 ชนิด (Coumarone resin, Resorcinol Sumikanol 507A และ Urea formaldehyde resin) เป็นส่วนที่ผสมรวมเพื่อช่วยเพิ่มความแข็งแรงในการเกาะติดของกาว เมื่อนำกาวที่เตรียมได้ไปทดสอบสมบัติกาวได้แก่ ปริมาณเนื้อสาร ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความหนืด ความแข็ง ความล้มเหลวในการยึดติด และการทดสอบคุณภาพของกาวไม่ว่าจะเป็นรอยต่อหรือต้านแรงเฉือน มุมและลักษณะการแทรกซึมการยึดติด ลักษณะการยึดติดของรอยต่อ (Shear strength และ peel strength) เป็นต้น สมบัติของกาวน้ำยางจะมีอิทธิพลส่งผลกระทบต่อสมบัติต่างๆ สำหรับใช้เพื่อการยึดติดของกาว การพัฒนาและการปรับปรุงโครงสร้างของน้ำยางธรรมชาติเพื่อทำกาวน้ำยางสำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา เป็นหลักในการผลิตที่มีการปรับปรุงคุณภาพกาวที่ทำการแปรสูตรที่เหมาะสมในการผลิตกาวให้มีคุณภาพตามมาตรฐานกาว ซึ่งสมบัติทางกายภาพไม่ว่าจะเป็นปริมาณเนื้อสาร ความแข็ง (จากการทดลองสุ่มไปวัดความแข็งได้ 42 ± 0.3 shore A) ความล้มเหลวในการยึดติด ผลของสมบัติของกาวน้ำยาง เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความหนืดและปริมาณเนื้อกาวตามเวลาการเก็บน้ำยาง ENR LNR และกาวจากน้ำยางผสมระหว่าง NR/PMMA แสดงผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความหนืดและปริมาณเนื้อกาวตามเวลาการเก็บน้ำยาง ENR LNR และ NR/PMMA Blend

ชนิด กาว	%TSC			pH			Viscosity (cps)			Gel Time(s)			Shear strength (MPa)		
	ENR	LNR	NR/PMMA	ENR	LNR	NR/PMMA	ENR	LNR	NR/PMMA	ENR	LNR	NR/PMMA	ENR	LNR	NR/PMMA
CR 15	31.70±2	34.44±3	35.40±5	7.10±0.5	5.30±1	8.50±0.5	228±1.5	145±2.5	247±2	36±2	38.1±3	40±2	1.15±0.1	0.85±0.2	0.90±0.5
CR 30	33.30±4	36.10±5	39.50±2	8.20±1	5.70±2	8.80±1	329.5±2	249.0±1	348.4±5	40±6	41.5±1	46±3	1.90±0.3	1.30±0.5	1.29±0.3
CR 45	35.50±3	39.25±1	42.35±1	9.30±2	6.80±1	9.50±0.5	482±1	392.7±3	553.9±1	45±2	43±4	50±1	1.20±0.2	1.0±0.4	0.9±0.1
RS 15	41.10±4	43.24±2	45.50±5	6.20±1	5.30±0.5	6.30±1.5	328±3	245±2.5	235.5±5	35±2.5	50±2	49±3	0.83±0.3	0.87±0.1	0.85±0.1
RS 30	43.30±1	46.30±3	49.70±6	7.10±0.5	6.20±1	7.10±0.5	329.5±4	349.0±3	338±4.5	44±2	51±3	52±4.5	0.91±0.1	0.9±0.2	1.1±0.2
RS 45	45.50±6	49.80±5	52.45±2	8.50±0.5	6.90±1.5	7.90±0.5	432.1±5	413±1.2	542.8±3	51±5	50±2.5	60±3.5	1.07±0.5	1.0±0.1	1.15±0.5
UF 15	32.50±2	30.44±6	43.20±3	7.40±1	5.30±1	7.10±1	348±5.5	212.5±3	259.2±1	55±2.5	49±1.5	58±4	0.94±0.2	0.83±0.2	0.89±0.3
UF 30	38.10±3	36.10±2	49.50±4	8.00±0.5	6.20±1	7.80±1.5	495.5±5	351.1±2	366.1±2.5	59±1	56±3	62±2	0.99±0.1	1.0±0.11	1.05±0.4
UF 45	41.50±7	40.25±5	52.05±6	8.30±1	7.10±0.5	8.50±1	568±4.5	552.8±6	561.5±3	61±4	59±2	66±3	1.21±0.4	1.10±0.3	1.18±0.5
UF	60.0			8.72			280			60.4			3.0		



รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบค่าความต้านทานแรงเฉือนของกาวยางที่ปรับปรุงโครงสร้างชนิดต่างๆ เมื่อเติม CR กับ UF

การเตรียมกาวจากน้ำยางธรรมชาติที่มีการปรับปรุงโครงสร้างหรือการดัดแปรโครงสร้างทางเคมีทั้งยาง ENR, LNR และ NR/PMMA Blend เพื่อให้ยางธรรมชาติมีความเป็นขี้เป็นพอลิเมอร์ที่มีความน่าสนใจในการใช้ประโยชน์เนื่องจากการมีพันธะคู่อยู่บนสายโซ่พอลิเมอร์หลักซึ่งว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาหลายชนิด มีการเตรียมยางดัดแปรโครงสร้าง น้ำหนักโมเลกุลต่ำ และหมู่ฟังก์ชันอีพอกไซด์ หมู่ฟังก์ชันเมทริกซ์ บนโครงสร้างของยางธรรมชาติเปลี่ยนยางธรรมชาติที่ไม่มีขี้ให้ขี้เพิ่มมากขึ้น ทั้งหมู่อีพอกไซด์ และหมู่เมทริกซ์ยังมีความว่องไวต่อการทำปฏิกิริยาที่หลากหลายมากขึ้นหรือการผสมกับกาวสังเคราะห์ทั้งการแปรปริมาณของกาวสังเคราะห์ต่อสัดส่วนของกาวธรรมชาติต่อลักษณะความเข้ากันได้ของกาวยางและไม้ยางพาราจึงส่งผลดีต่อสมบัติการเป็นกาวมากขึ้น ความแข็งแรงของการยึดติดเป็นสมบัติที่สำคัญมาก ซึ่งสามารถส่งเสริมในภาคอุตสาหกรรมจะสามารถเพิ่มมูลค่าและลดการขาดดุลโดยความแข็งแรงยังเป็นที่ยอมรับได้

4.5 ความทนทานต่อน้ำ

ผลจากการผลิตกาวจากน้ำยางน้ำยางธรรมชาติที่มีการปรับปรุงโครงสร้าง แล้วนำไปทดสอบความทนทานต่อน้ำโดยการติดกาวแล้วนำชิ้นไม้ทดสอบไปแช่น้ำไว้ พบว่า กาวจากน้ำยาง ENR ที่ไม่เติมและเติมสารเพิ่มความเหนียว คือ Phenolic resin, Urea formaldehyde resin หลุดภายในเวลา 15 วัน ส่วนกาวจากน้ำยาง ENR เติมสารเพิ่มความเหนียว Phenolic resin สามารถทนน้ำได้ถึง 60 วัน และผลจากการทดสอบการเซตตัวของกาวชนิดต่างๆ พบว่าระยะเวลาการเซตตัวไม่เท่ากัน เนื่องจาก กาวมีสารประกอบที่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาค่า Boiling Point ของ NR PMMA และ PVA มีค่าอยู่ที่ 100-200 °C และขึ้นกับค่าความหนืดเพราะลักษณะการไหลจะส่งผลต่อน้ำหนักโมเลกุล

และการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุล ถ้าหากค่าความหนืดสูงการกระจายตัวบนผิวหน้าไม่จะทำให้ยาก จึงเกิดการแห้งตัวของกาวช้า ส่งผลให้ระยะเวลาของการเซตตัวนาน จากการทดสอบ พบว่า กาวที่เซตตัวอยู่ในช่วงเวลา 0.5-1 นาที จะมีความสามารถในการยึดติดที่ดี เมื่อพิจารณาจากค่าความต้านทานแรงเฉือนของกาวและไม้

ตารางที่ 4.4 ความทนทานต่อน้ำโดยการติดกาวจากน้ำยางธรรมชาติที่มีการปรับปรุงโครงสร้าง

ชนิดกาว จากน้ำยาง	ความทนทานต่อน้ำ (วัน)											
	0			15			30			45		
	ENR	LNR	NR/PMMA	ENR	LNR	NR/PMMA	ENR	LNR	NR/PMMA	ENR	LNR	NR/PMMA
CR 15	×	×	×	×	×	×	×	×	✓	✓	✓	✓
CR 30	×	×	×	×	×	×	×	×	✓	✓	✓	✓
CR 45	×	×	×	×	×	×	×	✓	✓	✓	✓	✓
RS 15	×	×	×	✓	×	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓
RS 30	×	×	×	×	×	×	×	✓	×	✓	✓	✓
RS 45	×	×	×	×	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓
UF 15	×	×	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
UF 30	×	×	×	×	×	×	✓	×	✓	✓	✓	✓
UF 45	×	×	×	×	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ

1. CR: Coumarone resin, RS: Resorcinol Sumikanol 507A, UF: Urea formaldehyde resin ตัวเลขแสดงปริมาณสารเติม หน่วย: phr

เช่น CR 15 หมายถึง กาวยางไม้ Coumarone resin ในปริมาณ 15 phr

2. ผลการทนทานต่อน้ำ โดยที่ตัวแปร: × หมายถึงไม่หลุด, ✓ หมายถึงหลุดไม่ทนต่อน้ำ

4.6 การหาเปอร์เซ็นต์ฟอร์มาลดีไฮด์อิสระ

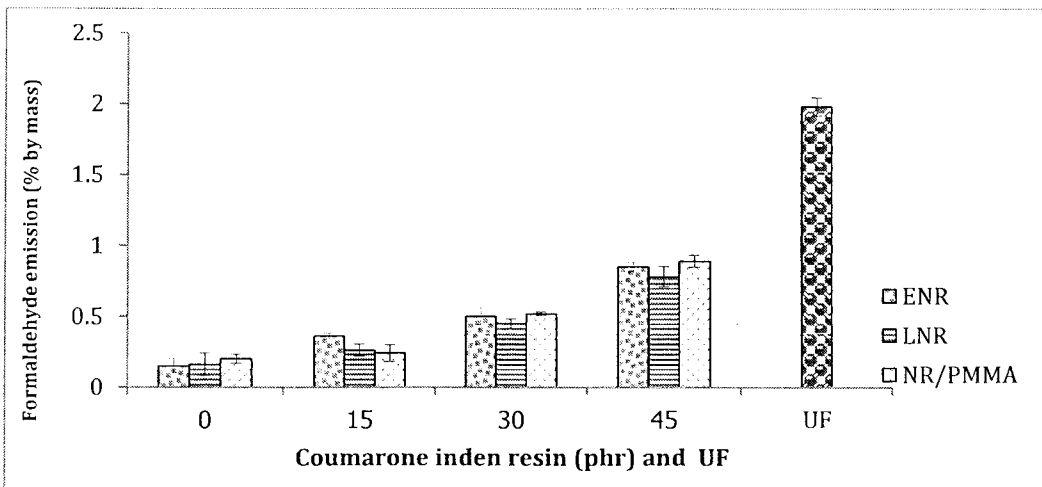
การหาเปอร์เซ็นต์ฟอร์มาลดีไฮด์อิสระจากตัวอย่างในการทดลองที่ผ่านมาเป็นการเตรียมกาวจากน้ำยางธรรมชาติที่มีการปรับปรุงโครงสร้าง (ENR, LNR และ NR/PMMA Blend) เพื่อใช้ในงานไม้ยางพารา โดยเตรียมกาวตามสูตรที่มีการปรับปรุงคุณภาพสูตรกาวโดยการเติมสารเพิ่มความเหนียว 3 ชนิด ได้แก่ Coumarone resin, Resorcinol Sumikanol 507A, และ Urea formaldehyde resin ที่แปรปริมาณในปริมาณ 15-45 phr พบว่า เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรมกาวยาง (มอก.521-2527) ผลผ่านตามเกณฑ์ ที่กำหนด เช่นค่าความต้านทานแรงเฉือนของกาวยางจะต้องไม่น้อยกว่า 0.22 MPa ปรากฏว่ากาวที่เติมสารเพิ่มความเหนียวมีค่าผ่านมาตรฐาน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.00 MPa โดยที่ Coumarone resin มีสมบัติกาวได้ผลดี เช่น ความต้านทานแรงเฉือน ความทนทานต่อน้ำ ระยะเวลาในการเซตตัว ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณเนื้อกาวและความหนืดของกาว เป็นต้น

จึงนำมาทดสอบหาปริมาณฟิวโรลดีไฮด์ที่ปล่อยออกมาจากวัสดุที่ใช้ในงานและสภาวะแวดล้อมคือการหาเปอร์เซ็นต์ฟิวโรลดีไฮด์ที่ปล่อยออกมา (Formaldehyde emission; % by mass) ที่อยู่ในกาวน้ำยางธรรมชาติ (ตารางที่ 4.3) ได้ผลค่าฟิวโรลดีไฮด์ที่ปล่อยออกมาในกาวโดยอ้างอิงวิธีการของบริษัทแห่งหนึ่งเพื่อเปรียบเทียบการหาเปอร์เซ็นต์ฟิวโรลดีไฮด์ที่ปล่อยออกมาจากตัวอย่างในการทดลองที่ รายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก ข

ตารางที่ 4.5 ความต้านทานแรงเฉือนและค่าฟิวโรลดีไฮด์ที่ปล่อยออกมาในกาวน้ำยางธรรมชาติปรับปรุงโครงสร้าง

ปริมาณ Coumarone inden resin (phr)	ความต้านทานแรงเฉือน (MPa)			ฟิวโรลดีไฮด์ที่ปล่อยออกมา (% by mass)		
	ENR	LNR	NR/PMMA	ENR	LNR	NR/PMMA
0	0.63±0.40 ^d	0.55±0.15 ^d	0.51±0.35 ^d	0.15±0.10 ^d	0.16±0.09 ^d	0.20±0.10 ^d
15	1.22±0.25 ^b	0.90±0.35 ^c	0.96±0.20 ^c	0.36±0.15 ^c	0.26±0.17 ^d	0.24±0.09 ^d
30	1.95±0.10 ^a	1.26±0.20 ^b	1.35±0.10 ^b	0.50±0.12 ^b	0.45±0.15 ^b	0.52±0.13 ^b
45	1.18±0.20 ^b	0.93±0.20 ^c	0.89±0.20 ^c	0.85±0.19 ^a	0.78±0.10 ^a	0.89±0.21 ^a
UF	3.05±0.20			1.98±0.27		

^{a, b, c, d} Data bearing same letter within a given column are not considered statistically different according to ANOVA test ($p > 0.05$). Mean \pm SD: Standard deviation values are expressed as mean of samples analyzed in triplicate.



รูปที่ 4.6 การเปรียบเทียบค่าฟิวโรลดีไฮด์ที่ปล่อยออกมาเมื่อเติม coumarone inden resin 0- 30 phr กับ UF

จากตาราง 4.6 กาวน้ำยางธรรมชาติปรับปรุงโครงสร้าง มีค่า ความต้านทานแรงเฉือน (MPa) ที่เติม coumarone inden resin 0 จนถึง 30 phr เท่ากับ 0.9-1.95 MPa แต่น้อยกว่า the JIS standard ส่วนค่าฟิวโรลดีไฮด์ที่ปล่อยออกมาในกาวน้ำยางธรรมชาติปรับปรุงโครงสร้างอยู่ในช่วงที่ต่ำมาก 0.2% โดยทั่วไปค่าฟิวโรลดีไฮด์ที่ปล่อยออกมาในกาวตามมาตรฐานสิ่งแวดล้อมของยุโรป (EU Formaldehyde Emission Standard) จะอยู่ในช่วงน้อยกว่า 0.2% จัดเป็นกาว E₀ มีการปลดปล่อยฟิวโรลดีไฮด์ที่ปล่อยออกมา

น้อยที่ E_0 (<0.2%); กาว E_1 (<0.5%) และค่าฟอร์มัลดีไฮด์อิสระที่อยู่ในกาวจะอยู่ในช่วงมากกว่า 0.5% เป็นกาว E_2 (Vargha V, 1998) แล้วพบว่ากาวที่ผลิตจากน้ำยางธรรมชาตินั้นไม่ทำให้ผู้ที่ใช้งานนั้นเกิดอาการแพ้ และไม่ส่งผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมเนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ Green Product ซึ่งกำลังอยู่ในความต้องการของผู้บริโภคโดยที่กาวน้ำยางธรรมชาตินับเป็นกาว E_0 (<0.2%); กาว E_1 (<0.5%) ซึ่งค่าดังกล่าวน้อยกว่ากาว synthesis adhesive

4.7 เปรียบเทียบสมบัติของกาวน้ำยางธรรมชาติกับกาวสังเคราะห์มาตรฐานกาวยางและกาวเรซินสังเคราะห์

4.7.1 การเปรียบเทียบสมบัติของกาวน้ำยางธรรมชาติกับกาวสังเคราะห์

สมบัติเบื้องต้นของกาว Urea formaldehyde ที่ศึกษา ได้แก่ ปริมาณเนื้อกาว (%Non volatility) ความหนืด (Viscosity) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ระยะเวลาการเซตตัวของกาว (Gel Time) สมบัติต้านทานแรง ซึ่งผลที่ได้เป็นดังนี้

ตารางที่ 4.6 สมบัติของกาวสังเคราะห์ (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2530)

ชนิด	% TSC	pH	Viscosity (cps)	Gel Time(s)	Shear strength (MPa)	% Free Formaldehyde Content
กาว UF	60.0	8.72	280.0	60.4	3.0	1.98
มาตรฐานกาวยาง	ไม่น้อยกว่า 15	7-9	1500-5000	-	0.22	-

จากตารางที่ 4.6 สมบัติของกาว Urea formaldehyde resin (UF) มีปริมาณเนื้อกาวร้อยละ 33.0 ค่า pH 7.65 ความหนืด 600 cps และแรงเฉือน 1.33 MPa เปรียบเทียบสมบัติกาวจากน้ำยางธรรมชาติกับกาวสังเคราะห์ (กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์) โดยศึกษาปริมาณเนื้อกาว ความหนืด ความเป็นกรด-ด่าง ระยะเวลาการเซตตัวของกาว ความต้านทานแรงเฉือนและค่าฟอร์มัลดีไฮด์อิสระที่อยู่ในกาวน้ำยางธรรมชาติ พบว่าที่เติมสารเพิ่มความหนืดมีปริมาณเนื้อกาวน้อยกว่ากาวสังเคราะห์ กาวจากน้ำยางธรรมชาติมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่ากาวสังเคราะห์ ค่าความหนืดของกาวจากน้ำยางธรรมชาติมากกว่ากาวสังเคราะห์ ความต้านทานแรงเฉือนของกาวน้ำยางธรรมชาติมีค่าน้อยกว่ากาวสังเคราะห์ ส่วนค่าฟอร์มัลดีไฮด์อิสระที่อยู่ในกาวพบว่ามีค่าฟอร์มัลดีไฮด์อิสระที่อยู่ในกาวน้ำยางธรรมชาติที่เติมสารเพิ่มความหนืดน้อยกว่ากาวสังเคราะห์

4.6.2 เปรียบเทียบสมบัติของกาวน้ำยางธรรมชาติกับมาตรฐานกาวยางและกาวเรซินสังเคราะห์

เมื่อเปรียบเทียบสมบัติของกาวจากน้ำยางธรรมชาติ (ตารางที่ 4.3) กับมาตรฐานกาวยางและมาตรฐานกาวเรซินสังเคราะห์สำหรับไม้ (ตารางที่ 4.5) พบว่า กาวจากน้ำยางธรรมชาติกาวจากน้ำยางธรรมชาติมีปริมาณเนื้อกาวผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ขณะที่ความหนืดต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนความต้านทานแรงเฉือนมีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐานกาวยาง (มอก.521-2527) แต่ความต้านทานแรงเฉือนมีค่าต่ำกว่า

เกณฑ์มาตรฐานกาวเรซินสังเคราะห์สำหรับไม้ยกเว้นกาวน้ำยางชั้น 60%DRC กาวน้ำยางชั้น 30%DRC และกาวน้ำยางสีกิม 30%DRC ที่เติมแป้งมันสำปะหลังมีความต้านทานแรงเฉือนสูงกว่ามาตรฐานกาวยาง (มอก.521-2527) ลักษณะทางฟิสิกส์ของกาวสังเคราะห์และมาตรฐานกาวยาง

ตารางที่ 4.7 มาตรฐานกาวยางและกาวเรซินสังเคราะห์สำหรับไม้อัด

เปรียบเทียบ	กาวสังเคราะห์ มอก. ¹ กาวยาง	มอก. กาวเรซิน ² สังเคราะห์สำหรับไม้		
Shear strength (MPa)	3.0	0.22	1.7 a	1.3 b
ที่มา :	¹ กระทรวงอุตสาหกรรม, 2527		² กระทรวงอุตสาหกรรม, 2530	
	a หมายถึง ความต้านทานต่อน้ำร้อน		b หมายถึง ความต้านทานต่อน้ำเย็น	

4.8 จำนวนต้นทุนการผลิตเบื้องต้น

4.8.1 ราคาของวัตถุดิบและสารเคมีของยาง

การเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตกาวน้ำยางธรรมชาติกับกาวสังเคราะห์ โดยการคำนวณต้นทุนการผลิตของกาวน้ำยางปรับปรุงโครงสร้าง 3 ชนิด กาวน้ำยางธรรมชาติที่เติมและไม่เติมสารเพิ่มความเหนียว คิดราคาต้นทุนต่อกิโลกรัมที่ปริมาณเนื้อกาว เท่ากับ 33.0 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.8 ราคาต้นทุนการผลิตของวัตถุดิบของกาวจากน้ำยางธรรมชาติที่มีการปรับปรุงโครงสร้าง

สารเพิ่มความเหนียว	ราคาต้นทุนกาว/กิโลกรัม		
	ENR	LNR	NR/PMMA Blend
ไม่เติมสารเพิ่มความเหนียว	82.89	51.75	78.25
CR 15	64.91	37.9	60.07
CR 30	55.71	28.75	51.49
CR 45	48.26	20.5	44.4
RS 15	55.47	30.5	50.8
RS 30	38.95	20.15	37.73
RS 45	25.3	19.5	21.44
UF 15	57.89	31.19	53.22
UF 30	43.33	20.35	39.11
UF 45	31.3	10.25	27.44
ราคาต้นทุนกาวโดยเฉลี่ย	46.79	24.34	42.86

หมายเหตุ CR: Coumarone resin, RS: Resorcinol Sumikanol 507A, UF: Urea formaldehyde resin ตัวเลขแสดงปริมาณสารเติม หน่วย: phr เช่น CR 15 หมายถึง กาวยางใส่ Coumarone resin ในปริมาณ 15 phr

จากตารางที่ 4.8 ราคาถ่านน้ำยาง ENR LNR และ NR/PMMA Blend คิดจากราคาต้นทุนของวัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการทำ พบว่าถ่านน้ำยางธรรมชาติที่มีการปรับปรุงโครงสร้างที่ไม่เติมสารเพิ่มความเหนียวราคาต้นทุนในการผลิตสูงกว่าถ่านน้ำยางธรรมชาติที่มีการปรับปรุงโครงสร้างที่เติมสารเพิ่มความเหนียว และพบว่า ENR มีราคาต้นทุนถ่านน้ำยางโดยเฉลี่ยสูงกว่าถ่านน้ำยางชนิดอื่นๆ ราคา 46.79 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าถ่านน้ำยาง LNR และ NR/PMMA Blend เท่ากับ 24.34 และ 42.86 บาท ตามลำดับ ถ่านน้ำยาง ENR ทุกชนิดจากการแปรชนิดและปริมาณของสารเพิ่มความเหนียวพบว่าราคาสูงกว่าถ่านน้ำยางชนิดอื่นๆ และถ่านน้ำยางที่เติม Coumarone resin ราคาสูงกว่า ถ่านน้ำยางธรรมชาติที่มีการปรับปรุงโครงสร้างที่เติมสารเพิ่มการยึดติด เช่น Resorcinol Sumikanol 507A และ Urea formaldehyde resin ตามลำดับ ซึ่งการใช้สารเพิ่มความเหนียวในสัดส่วนที่ต่างกันพบว่า การเพิ่มปริมาณสารเพิ่มความเหนียวส่งผลให้ราคาต้นทุนในการผลิตถ่านน้ำยาง ENR และ LNR ลดลงทุกชนิด

ปัจจุบันถ่านน้ำยางที่ใช้ในอุตสาหกรรมไม่เป็นถ่านน้ำยางสังเคราะห์ที่นำเข้าจากต่างประเทศจำพวกถ่านน้ำยางยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ (Urea formaldehyde) ซึ่งไอของฟอร์มัลดีไฮด์หากสูดดมเข้าไปมากๆ อาจจะทำให้มีอาการน้ำท่วมปอด แน่นหน้าอกและเสียชีวิตได้ในที่สุด (ปรีชา 2533) นอกจากนี้แล้วจากข้อมูลการผลิตถ่านน้ำยางยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ที่ผลิตจากบริษัทในประเทศไทย โดยนำเข้าเฉพาะสารเคมีหลักจากต่างประเทศ ในอัตราการผลิตในปี 2557 ประมาณ 86000 ตัน/ปี โดยที่ใช้สำหรับไม้ต่างๆ มีราคาประมาณ 40 บาท/กก. หากใช้สำหรับการอัดประสานที่ต้องการความแข็งแรงสูง ราคาถ่านน้ำยางยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ 60 บาท/กก. ซึ่งถ่านน้ำยางต่างๆ ต้องใช้ร่วมกับ Haedener ที่มีราคาประมาณ 200 บาท/กก. ราคาขายเฉลี่ยของถ่านน้ำยางดังกล่าวมีราคาประมาณ 90 บาท/กก. ดังนั้นเพื่อความปลอดภัย

การพัฒนาการเตรียมถ่านน้ำยางธรรมชาติสำหรับใช้ในงานติดไม้ยางพารา โดยการใช้ปรับปรุงคุณภาพของถ่านน้ำยางธรรมชาติและการปรับปรุงโครงสร้างของถ่านน้ำยางธรรมชาติเพื่อทำถ่านน้ำยางสำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราในบพที่ผ่านมาโดยใช้ถ่านน้ำยางธรรมชาติเป็นหลักในการผลิต ที่มีการปรับปรุงคุณภาพถ่านน้ำยางที่ทำการแปรสูตรที่เหมาะสมในการผลิตถ่านน้ำยางคุณภาพตามมาตรฐานถ่านน้ำยาง โดยศึกษาชนิดและปริมาณของสารที่ช่วยปรับปรุงการยึดติดและสารเพิ่มความเหนียวได้แก่สารเพิ่มความเหนียว 3 ชนิด (Coumarone resin, Resorcinol Sumikanol 507A และ Urea formaldehyde resin) รวมทั้งใช้สารเพิ่มความเหนียว 3 ชนิด (แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวโพด) โดยมีเป้าหมายที่จะส่งเสริมการนำถ่านน้ำยางธรรมชาติไปใช้เตรียมถ่านน้ำยางธรรมชาติสำหรับใช้ในงานติดไม้ยางพาราโดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม การเตรียมวัสดุถ่านน้ำยางธรรมชาติหลีกเลี่ยงการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น โทลูอีนหรือเฮกเซน ซึ่งสารเหล่านี้เป็นตัวก่อให้เกิดมลพิษ ในปัจจุบันมีการผลิตถ่านน้ำยางที่มีน้ำเป็นตัวกลางละลาย (Water based adhesives) มากกว่าถ่านน้ำยางที่มีตัวทำละลาย (Solvent based adhesives) หรือถ่านน้ำยางชนิดหลอม (Hot melt adhesives) เนื่องจากเหตุผลทางความรับผิดชอบต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม จึงเลือกยางธรรมชาติที่เป็น Water based adhesives มีสมบัติการยึดติดดีเยี่ยม ทนแรงดึงและยึดหยุ่นได้ดี การปรับปรุงให้สามารถใช้งานกับหลายๆ งานได้

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาสมบัติของกาวจากน้ำยางธรรมชาติ เพื่อใช้ในงานไม้ยางพารานั้น เมื่อนำกาวจากน้ำยางชั้น 60 %DRC น้ำยางชั้น 30 %DRC น้ำยางสด 30 %DRC และ น้ำยางสีกิม 30 %DRC มาปรับปรุงโดยการเติมสารเพิ่มความหนืด ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด แป้งข้าวเหนียว และเติมสารเพิ่มความเหนียว ได้แก่ Urea formaldehyde resin Coumarone resin และ Resorcinol กับ Sumikanol 507 A โดยนำมาทดสอบสมบัติต่างๆ ได้แก่ ปริมาณเนื้อกาว ความหนืด ความเป็นกรด-ด่าง ระยะเวลาการเซตตัวของกาว สมบัติด้านต้านทานแรงเฉือน ลักษณะการยึดติด อายุการจัดเก็บ และค่าพอร์มัลดีไฮด์อิสระที่อยู่ในกาวน้ำยางธรรมชาติ พบว่า ปริมาณเนื้อกาวของกาวน้ำยางชั้น 60%DRC ที่เติมแป้งมันสำปะหลัง และแป้งข้าวเหนียว 60 และ 70 phr กับกาวน้ำยางชั้น 60%DRC ที่เติมแป้งข้าวโพด 50 60 และ 70 phr และกาวน้ำยางชั้น 60%DRC ที่เติมสารเพิ่มความเหนียวทุกชนิด มีปริมาณเนื้อกาวใกล้เคียงกับกาว Urea formaldehyde กาวน้ำยางธรรมชาติมีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 12 ระยะเวลาในการเซตตัวของกาวน้ำยางธรรมชาติอยู่ระหว่าง 28 ถึง 66.5 วินาที โดยกาวน้ำยาง 60%DRC ที่เติมแป้งมันสำปะหลัง 70 phr มีค่าความหนืดสูงสุด 312 cps และระยะเวลาในการเซตตัว 31.5 วินาที กาวน้ำยางธรรมชาติมีค่ามุมสัมผัสน้อยกว่า 90 องศา ส่งผลทำให้กาวสามารถเปียกที่ผิวหน้าไม้และแทรกซึมเข้าไปในเนื้อไม้ได้ดีพอที่จะการยึดติดกาวกับไม้ ยังพบว่ากาวน้ำยางชั้น 60%DRC ที่เติมแป้งมันสำปะหลัง 70 phr มีการเกิด failure บริเวณแนวยึดติดกาวกับไม้ได้ดีกว่ากาวน้ำยางธรรมชาติชนิดอื่น เมื่อเปรียบเทียบกาวน้ำยางธรรมชาติกับกาวสังเคราะห์ ตามมาตรฐานกาวยางและกาวเรซินสังเคราะห์พบว่ากาวน้ำยางชั้น 60%DRC ที่เติมแป้งมันสำปะหลัง 70 phr มีค่าความต้านทานแรงเฉือนสูงกว่ามาตรฐานกาวยางและกาวเรซินสังเคราะห์และมีค่าใกล้เคียงกับกาวสังเคราะห์ และมีค่าความต้านทานแรงเฉือนได้ตามมาตรฐานคุณภาพกาวแป่งที่ใช้กับไม้อัดของประเทศแคนาดา (CSA O112.2-M1977)

ดังนั้นจากผลการทดลองทั้งหมดพบว่ากาวน้ำยางชั้น 60%DRC เติมแป้งมันสำปะหลัง 70 phr เป็นกาวที่เหมาะสมจะนำไปใช้ในงานไม้มากที่สุด โดยจากสมบัติต่างๆ กาวที่ทำจากน้ำยางชั้น 60%DRC ที่เติมแป้งมันสำปะหลัง 70 phr เหมาะที่จะนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ไม้อัดและสามารถนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์แผ่นขึ้นไม้อัดแต่ต้องมีการศึกษาและปรับปรุงสมบัติต่างๆ เช่น ค่า pH ค่าความหนืด ลักษณะการยึดติด และการแทรกซึมเพิ่มเติม นอกจากนี้ยังต้องศึกษาวิจัยความเป็นไปได้ในการพัฒนามาใช้กับผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดและอุตสาหกรรมลูกบอลแทนสารละลายยางและกาวสังเคราะห์ โดยมุ่งเน้น Green products การดัดแปลงสูตรการเตรียมกาวเพื่อหาสูตรที่เหมาะสมกับงานแต่ละประเภทที่มีความสะดวกในการใช้งานและการจัดเก็บเพื่อสามารถแข่งขันกับกาวสังเคราะห์และขยายผลต่อไปในเชิงการค้าที่เน้นผลิตผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับเด็ก

การปรับปรุงโครงสร้างของ NR โดยนำมาเบลนด์กับ PMMA ได้น้ำยางที่มีความเป็นขั้วมากขึ้น เนื่องจากมีความสามารถในการยึดติดกับไม้ยางพาราเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรม กาวยาง (มอก.521-2527) ที่กำหนดปริมาณเนื้อกาวไม่น้อยกว่าร้อยละ 15 ค่าความหนืดไม่น้อยกว่า 150-500 cps และค่าความต้านทานต่อแรงฉีกไม่น้อยกว่า 0.22 MPa ตามลำดับ พบว่ากาวจาก NR/PMMA ซึ่งมีปริมาณเนื้อกาวอยู่ในช่วง 25-55% ค่าความหนืดอยู่ระหว่าง 50-950 cps และมีความต้านทานต่อแรงฉีกอยู่ระหว่าง 0.8-2.52 MPa เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานพบว่ากาวที่ผลิตได้มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด และค่าความต้านทานแรงฉีกสูงกว่าที่มาตรฐานกำหนด แต่ค่าความหนืดจะน้อยกว่าค่าที่มาตรฐานกำหนด เนื่องจากในงานวิจัยนี้ได้ทำการลดน้ำหนักโมเลกุลของน้ำยางเพื่อให้กาวสามารถที่จะแทรกซึมเข้าไปในเนื้อไม้ได้ดีขึ้น จึงทำให้ขนาดโมเลกุลของน้ำยางส่งผลให้ค่าความหนืดของน้ำยางลดลง ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างของกาว NR/PMMA มีค่าอยู่ระหว่าง 8-13 ซึ่งมีค่าสูงกว่ากาวสังเคราะห์ Urea Formaldehyde Resin ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 7-9 เนื่องจากกาวที่เตรียมต้องมีการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารเพิ่มความเหนียวที่เติมลงไปในการน้ำยางให้มีค่าใกล้เคียงกับความเป็นกรด-ด่างของน้ำยางเพื่อไม่ให้กาวยางจับตัวเป็นก้อนในกระบวนการผลิตจึงทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของกาวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในส่วนของต้นทุนการผลิตระหว่างกาว NR และกาวสังเคราะห์พบว่าต้นทุนการผลิตกาวจาก NR ที่มีการปรับปรุงโครงสร้างมีราคาเฉลี่ยอยู่ที่ 54.46 บาท ซึ่งสูงกว่าราคาของกาวสังเคราะห์ ที่อยู่ประมาณ 20-25 บาท ราคาของกาวจาก NR/PMMA คิดจากราคาต้นวัตถุดิบและสารเคมีในการทำกาว พบว่ากาวจากน้ำยางที่ไม่เติมสารเพิ่มความเหนียวมีราคาต้นทุนต่ำกว่ากาวจากน้ำยางที่เติมสารเพิ่มความเหนียว ซึ่งมาจากการแปรชนิด และปริมาณของสารเพิ่มความเหนียว กาวน้ำยางธรรมชาติ ในสัดส่วนที่เหมาะสม Urea formaldehyde ลดต้นทุน 70/30 NR/UF สามารถลดต้นทุน 55 บาท/กิโลกรัม โดยที่ค่าความแข็งแรงของการยึดติดยังคงเป็นที่ยอมรับในวงการอุตสาหกรรม

ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์จะนิยมใช้กาวสังเคราะห์ เช่น Urea Formaldehyde Resin เป็นวัตถุดิบในการติดประสานชิ้นงาน ซึ่งมีผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม แต่ปัจจุบันผู้บริโภคหันมาดูแลสุขภาพในเรื่องสุขภาพ โดยให้ความสำคัญกับผลิตภัณฑ์ที่เป็น Green Product มากขึ้น ดังนั้นเพื่อลดการใช้กาวสังเคราะห์ ในงานวิจัยนี้จึงได้มีการพัฒนากาวจากน้ำยางธรรมชาติเพื่อมาทดแทนการใช้กาวสังเคราะห์ เนื่องจากสมบัติของกาวจากน้ำยางธรรมชาติที่ได้ มีค่าความต้านทานแรงฉีกใกล้เคียงกับกาว Urea Formaldehyde Resin

5.2 ข้อเสนอแนะ

- 5.2.1 ควรศึกษาวิจัยผลของอายุการจัดเก็บต่อสมบัติความแข็งแรงที่เกิดขึ้นระหว่างกากกับไม้ และสมบัติของไม้ที่เกิดขึ้นหลังจากติดกาวน้ำยางธรรมชาติเช่น การเกิดรา เป็นต้น
- 5.2.2 ควรมีการวิจัยการผลิตกาวน้ำยางโดยการเปลี่ยนชนิดของน้ำยางสังเคราะห์ที่มีสมบัติความชื้นสูง และสามารถเข้ากับน้ำยางได้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกาวให้ได้ตามมาตรฐานมากขึ้น
- 5.2.3 ควรมีการศึกษาอิทธิพลของสารเพิ่มความเหนียวและสารเพิ่มความหนืดชนิดอื่นๆ ที่สามารถเข้ากับน้ำยางได้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการยึดติดและเพิ่มความแข็งแรงของกาวน้ำยางธรรมชาติสูตรต่างๆ ให้สูงขึ้น
- 5.2.4 ควรศึกษาวิจัยความเป็นไปได้ในการนำกาวน้ำยางธรรมชาติไปใช้ในอุตสาหกรรมแผ่นชั้นไม้อัด และอุตสาหกรรมลูกบอลแทนสารละลายยางและกาวสังเคราะห์ โดยมุ่งเน้น Green products
- 5.2.5 ศึกษาวิจัยการดัดแปลงสูตรการเตรียมกาว เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมกับงานแต่ละประเภทมากยิ่งขึ้น เพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้งานและการจัดเก็บเพื่อสามารถแข่งขันกับกาวสังเคราะห์และขยายผลต่อไปในเชิงการค้าที่เน้นผลผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับเด็ก

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงอุตสาหกรรม. 2527. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม “กาวยาง” (มอก. 521-2527). กรุงเทพฯ
- กระทรวงอุตสาหกรรม. 2530. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม “กาวเรซินสังเคราะห์ (ฟีนอลิก และอะมิโนพลาสติก) สำหรับไม้” (มอก. 360-2528). กรุงเทพฯ
- การประชุมกรมป่าไม้. 2557. Urea Formaldehyde Adhesive Resin For Wood [สืบค้นออนไลน์: http://www.forest.go.th/WP_Publications/ 2555]. (สืบค้นเมื่อ 2 พฤศจิกายน 2557).
- กาว วัสดุประสาน. 2557. [สืบค้นออนไลน์: <http://www.radompon.com/resource/>] (สืบค้นเมื่อ 16 พฤศจิกายน 2557).
- โครงการพัฒนากาวติดไม้. 2557. [สืบค้นออนไลน์: http://www.forest.go.th/adhesive_web/] (สืบค้นเมื่อ 6 พฤศจิกายน 2557).
- จิตต์ลัดดา คักดาภิพาณิษฐ์. 2547. การเตรียมยางธรรมชาติน้ำหนักโมเลกุลต่ำโดยวิธีใหม่ ประชาคมวิจัย ฉบับที่ 54, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. หน้าที่ 20.
- เจริญ นาคะสรรค์และคณะ. 2548. โครงการผลิตกาวติดไม้และกาวติดโลหะจากน้ำยางธรรมชาติ ตัดแปลงโมเลกุล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- ฉัตรปรกรณ์ นันทวงศ์ และคณะ. 2547. การศึกษาและปรับปรุงคุณภาพของกาวจากน้ำยางธรรมชาติอีพอกไซด์เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.
- จิตต์มพร สุทธิจุฑามณี. 2547. การเตรียมกาวยางแห้งจากยางสกีม, บทคัดย่อของนักศึกษาระดับปริญญาตรี. คณะเทคโนโลยียาง. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.
- บุญธรรม นิธิอุทัย. 2534. ปฏิบัติการเทคโนโลยีน้ำยาง. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- พิมานจันทน์ รุ่งโรจน์ และณัฐกาญจน์ หงสศรีพันธ์. 2005. การศึกษาผลของแทคคิไฟเออร์ที่มีต่อการยึดติดและการลอกออกของกาวที่เตรียมจากน้ำยางธรรมชาติ. บทคัดย่อของนักศึกษาระดับปริญญาตรี. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- พิมานจันทน์ รุ่งโรจน์ 2548 การพัฒนา pressure sensitive adhesive จากน้ำยางธรรมชาติ วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ม.ศิลปากร 98 หน้า
- เรวดี แต่งเกลี้ยง. 2543. อายุการเก็บและการปรับปรุงการเช็ดตัวของกาวน้ำยาง. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยียาง. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- วรรณธรรม อุ่นจิตติชัย. 2543. การเตรียมกาวและผสมกาวกับซินไม้หรือเส้นใยไม้. เอกสารประกอบการสัมมนาการในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์แผ่นไม้ประกอบ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- วิภา เศวตกนิษฐ และคณะ. การผลิตกาวจากน้ำยางเพื่อใช้งานทั่วไป. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. 2541
- วิศนีย์ ยิ่งประเสริฐ. 2548. ผลของกาวผสมพีนอลฟอร์มัลดีไฮด์/ไอโซไซยาเนตต่อสมบัติของ

- โอเอสแอลที่ผลิตจากเศษไม้ยางพารา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา
วิทยาศาสตร์และวิศวกรรมวัสดุ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
ศุภวรรณ ศรีทิพย์ และสุกิจ คุ่มปิยะผล. 2549. การพัฒนาจากน้ำยางพาราเพื่อเพิ่มการยึดติด.
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.
- ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. 2557. สำนักเศรษฐกิจการเกษตร. สถิติยาง. [สืบค้นออนไลน์
<http://www.rubbercenter.org>] (สืบค้นเมื่อ 30 พฤศจิกายน 2557).
- สถิติยางประเทศไทย. 2557. สถิติยางประเทศไทย. สืบค้นออนไลน์ <http://www.thainr.com>
(สืบค้นเมื่อ 25 มกราคม 2557).
- สถาบันวิจัยยาง. 2557. กรมวิชาการเกษตร [สืบค้นออนไลน์ <http://www.rubberthai.com>]
(สืบค้นเมื่อ 23 มิถุนายน 2557)
- สุนิสา สุชาติ. 2555. ยางธรรมชาติ. พิมพ์ครั้งที่ 3. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม.
สุราษฎร์ธานี. 208 หน้า.
- สุรัชย์ สันติวงศ์สถิตและคณะ. 2543. การเตรียมและอายุการเก็บกาวน้ำยาง. วารสารยางและ
พอลิเมอร์ ปีที่ 4 ฉบับที่ 4. หน้า 11. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- สุเชษฐ์ พรหมเดช. 2549. การเตรียมกาวน้ำยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับเมทิล
เมทาคริเลท. บทความของนักศึกษาระดับปริญญาตรี. คณะเทคโนโลยียาง.
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2557. สถานการณ์และแนวโน้มสินค้าเกษตรที่สำคัญ ปี 2558.
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- Asian Rubber Handbook: Directory. 2014. Rubber Asia Publication. p. 35-38.
- ASTM. 1997. Annual book of ASTM standards. Vol. 15.06 Adhesives West
Conshohocken, PA: American Society for Testing and Materials
- Christell , Riidiger and Musch. 1996. Polychloroprene adhesive latex composition.
United States Patent No.5, 527, 846.
- Erik Serrano. 2003. A numerical study of the shear-strength-predicting capabilities of
test specimens for wood-adhesive bonds. International Journal of Adhesion &
Adhesives 24 (2004) 23-35.
- ISO 2004-1988 (ISO 124-127, 35, 506, 709, 976, 1652). 2011. Research and
Development Centre for Thai Rubber Industry.
- Japanese Industrial Standard. JIS K 6833-1994. 1994. General Testing Methods for
Adhesive
- Gary Wentworth, 2005. Liquid adhesion promoter for cord-reinforced rubber and
metal or polymer substrate/rubber composites. United States Patent No.
6,858,664.
- Noble, R.J. 1953. Latex in Industry. 2nd Edition, Rubber Age, p.143

- Ozawa, Osamu and Saitoh, Tomoji. 2000. Rubber composition containing rubber, mercapto-triazine and epoxy grafter polymer. The Yokohama Rubber Co., Ltd. Tokyo, Japan. United States Patent No. 542,044
- Pizzi, A. and Mittal, K.L.1994. Handbook of adhesive technology. New York, Marcel Dekker. Inc.
- Riyajan, S., Chaiponban, S. 2009. Investigation of the preparation and physical properties of a novel semi-interpenetrating polymer network based on epoxised NR and PVA using maleic acid as the crosslinking agent, Chemical Engineering Journal 53, 199-205.
- Schmidt, R.G. 1998. Wood adhesives Innovations and Applications of CCP/MAS NMR and Fracture testing. Ph.D. Dissertation. Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Sandip D., et al. 2003. Polyurethane adhesive system from biomaterial-based polyol for bonding wood. International Journal of Adhesion & Adhesives
- Webaet and Baukwill, 1999. Rubber. Longman. p. 485.
- Wolfgang Gindl. 2003. Transverse Compression Strength and Fracture of Spruce Wood Modified by Melamine-Formaldehyde Impregnation of Cell Walls. Wood and Fiber Science. 35(2), pp. 239-246. The Society of Wood Science and Technology. Austria.

ภาคผนวก

ภาคผนวก 1

1. มาตรฐานการวิเคราะห์และทดสอบน้ำยาง ตารางภาคผนวกที่ 1 การวิเคราะห์และทดสอบน้ำยาง ดังนี้

การวิเคราะห์และทดสอบน้ำยาง	มาตรฐาน	ปริมาณน้ำยาง (mL)
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid Content: TSC)	ISO 124	50-100
ปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content: DRC)	ISO 126	50-100
ปริมาณแอมโมเนีย (Alkalinity as NH ₃ Content)	ISO 125	50-100
จำนวนกรดไขมันที่ระเหยได้ (Volatile Fatty Acid Number)	ISO 506	100-200
จำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium Hydroxide Number)	ISO 127	100-200
ความเสถียรต่อแรงกล (Mechanical Stability Test: MST)	ISO 35	100-200
ปริมาณยางจับเป็นก้อน (Coagulum Content)	ISO 706	200-300
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	ISO 976	50-100
ความหนืด (Viscosity)	ISO 1652	600-1,000
ปริมาณแมกนีเซียม (Magnesium Content)	RRIT**	50-100

* หมายเหตุ: **RRIT คือ วิธีการทดสอบตามสถาบันวิจัยยาง (ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมยางไทย)

ภาคผนวก 2

2. การผสมสารเคมีกับน้ำยางต้องมีการเตรียมสารเคมีให้มีลักษณะคล้ายน้ำยางเพื่อทำกาจากน้ำยางดังกล่าวอย่างดังนี้

ตัวอย่างการเตรียมกัมมะถันในรูปดิสเพอร์ชัน 50 เปอร์เซ็นต์โดยใช้ระยะเวลาในการบด (Ball mill) เป็น เวลา 72 ชั่วโมง โดยใช้สูตรดังตารางภาคผนวกที่ 2

ตารางภาคผนวกที่ 2 การเตรียมกัมมะถันในรูปดิสเพอร์ชัน

ชนิดของสารเคมี	สัดส่วนโดยน้ำหนัก	ถ.พ.	ปริมาตร
กัมมะถัน	50	2.07	24.15
Dispersing agent	1	-	-
เบนโทไนท์	1	-	-
น้ำกลั่น	48	1	48
รวม	98		72.15

3. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม “กาวยาง” (มอก. 521-2527)

3.1 บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

3.1.1 กาวยาง (rubber-based adhesive) หมายถึง กาวที่ได้จากยางธรรมชาติหรือยางสังเคราะห์ หรือมีเรซินโมดิไฟเออร์ (resin modifier) เป็นส่วนผสมด้วย

3.1.2 ช่วงเวลาทาที่ไว้ (open tack time) หมายถึง ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มทา กาวยางทั้งไว้บนผิววัสดุจนถึงประกบผิววัสดุติดเข้าด้วยกัน

3.1.3 ช่วงเวลาแห้งตัว (drying time) หมายถึง ระยะเวลาตั้งแต่ประกบผิววัสดุติดกันและรีดแล้วปล่อยให้แห้งจนกาวยางแห้งตัวเต็มที่

3.1.4 ความต้านแรงลอก (peel strength) หมายถึง แรงที่ทำให้วัสดุที่ยึดติดกันด้วยกาวยางแยกหรือหลุดออกจากกัน โดยชั้นหนึ่งแยกหรือหลุดออกจากอีกชั้นหนึ่ง จากจุดหนึ่งถึงอีกจุดหนึ่งตลอดแนวเนื้อที่อาจจะอยู่ในลักษณะดึงชั้นแรงม้วนขึ้นหรือทำมุมยกขึ้นกับชั้นล่างโดยใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์อื่นใดที่กระทำในลักษณะนั้น

3.1.5 ความต้านแรงเฉือน (shear strength) หมายถึง แรงต่อหน่วยพื้นที่ ที่กระทำให้วัสดุ 2 แผ่นซึ่งยึดติดกันด้วยกาวเลื่อนหลุดออกจากกัน ในทิศทางขนานกับพื้นที่ที่ยึดติดกัน

3.1.6 ทนน้ำมัน (oil-resistance) หมายถึง สมบัติของวัสดุที่สามารถทนต่อการละลายหรือปฏิกิริยากับน้ำมันทุกชนิด

3.2 คุณลักษณะของกาวยาง

ตารางภาคผนวกที่ 3 คุณลักษณะทางฟิสิกส์ของกาวยาง

รายการ ที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด	
		กาวใช้ทั่วไป	กาวทนน้ำมัน
1	เนื้อกาว ; ร้อยละ ไม่น้อยกว่า	15	18
2	ความหนืด ; ปาสกาลวินาที (เซนติพอยส์)	1.5 ถึง 5.0 (1500 ถึง 5000)	1.0 ถึง 5.0 (1000 ถึง 5000)
3	ความหนาแน่น ; กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร	0.72 ถึง 0.92	0.72 ถึง 0.93
4	ความต้านแรงลอก ; นิวตันต่อความกว้าง 25 มิลลิเมตร ไม่น้อยกว่า		
	(1) ไม่ได้แช่น้ำหรือน้ำมัน	50	70
	(2) ภายหลังจากแช่น้ำ	50	50
	(3) ภายหลังจากแช่น้ำมัน	-	50
5	ความต้านแรงเฉือน ; กิโลปาสกาล ไม่น้อยกว่า		
	(1) ไม่ได้แช่น้ำหรือน้ำมัน	220	550
	(2) ภายหลังจากแช่น้ำ	220	330
	(3) ภายหลังจากแช่น้ำมัน	-	330

ที่มา : กระทรวงอุตสาหกรรม, 2527

4. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม “กาวเรซินสังเคราะห์สำหรับไม้” (มอก. 521-2527)

2.1 บทนิยาม ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1.1 กาวเรซินสังเคราะห์ (Synthetic resin) หมายถึง กาวที่ได้จากฟีนอลิกเรซินหรืออะมีโนพลาสติกเรซิน ใดๆอย่างหนึ่ง หรือทั้งสองอย่างรวมกัน

2.1.2 ฟีนอลิกเรซิน (Phenolic resin) หมายถึง เรซินสังเคราะห์ชนิดฟีนอลิกที่ได้จากการทำปฏิกิริยาทางเคมีของฟีนอลกับฟอร์มัลดีไฮด์

2.1.3 อะมีโนพลาสติก (Aminoplastic resin) หมายถึง เรซินสังเคราะห์ชนิดอะมีโนพลาสติกที่ได้จากการทำปฏิกิริยาทางเคมีของยูเรีย ไทโอยูเรีย เมลามีนหรือสารประกอบประเภทเดียวกันอย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งหมด รวมกันกับฟอร์มัลดีไฮด์

2.1.4 การอัดเย็น (Cold setting adhesive) หมายถึง กาวเรซินสังเคราะห์ที่คงตัวและแข็งตัวได้ดีที่อุณหภูมิห้อง (27 ± 2 องศาเซลเซียส)

หมายเหตุ อาจให้ความร้อนแก่กาวอัดเย็นเพื่อเร่งการคงตัวและแข็งตัวให้เร็วขึ้นได้

2.1.5 การอัดร้อน (Warm setting adhesive) หมายถึง กาวเรซินสังเคราะห์ที่คงตัวและแข็งตัวได้ดีที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้อง

2.1.6 แนวกาว (Glue line) เป็นชั้นของกาวที่เชื่อมต่อระหว่างผิวหน้าไม้ที่อยู่ติดกัน

2.1.7 รอยต่อไม่แนบสนิท (Gap joint) หมายถึง รอยต่อของชิ้นทดสอบที่ใช้ตรวจสอบคุณลักษณะของกาวที่มีแนวกาวหนาเกิน 0.13 มิลลิเมตร

2.1.8 รอยต่อแนบสนิท (Close joint) หมายถึง รอยต่อของชิ้นทดสอบที่ใช้ตรวจสอบคุณลักษณะของกาวที่มีแนวกาวหนาไม่เกิน 0.13 มิลลิเมตร

2.1.9 กาวใช้กับรอยต่อไม่แนบสนิท (Gap-filling adhesive) หมายถึง กาวเรซินสังเคราะห์ที่เหมาะสมสำหรับการยึดเหนี่ยวผิวหน้าไม้ ซึ่งอาจแนบสนิทหรือไม่แนบสนิทต่อเนื่องกันไป แต่กาวชนิดนี้จะไม่เหมาะสมสำหรับแนวกาวที่หนาเกิน 0.3 มิลลิเมตร นอกจากนี้ผู้ทำกาวจะระบุไว้เป็น

2.1.10 กาวใช้กับรอยต่อแนบสนิท (Close-contact adhesive) กาวเรซินสังเคราะห์ที่เหมาะสมสำหรับใช้ยึดเหนี่ยวผิวหน้าไม้สามารถทำให้แนบสนิทได้และแนวกาวหนาไม่เกิน 0.13 mm

2.2 คุณลักษณะของกาวเรซินสังเคราะห์สำหรับไม้อัด

ตารางภาคผนวกที่ 4 กาวเรซินสังเคราะห์สำหรับไม้อัด (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2530)

คุณลักษณะ	ประเภท*			
	ก	ข	ค	ง
ความต้านทานน้ำเย็น วัดเป็นค่าความแข็งแรงของรอยต่อของกาว ไม่น้อยกว่า เมกาปาสกาล	-	-	-	1.7
ความต้านทานน้ำร้อนหรือไอน้ำ วัดเป็นค่าความแข็งแรงของรอยต่อของกาว ไม่น้อยกว่า เมกาปาสกาล	1.3	0.7	1.3	-
ความต้านทานต่อการทำลายของจุลินทรีย์ วัดเป็นค่าความแข็งแรงของรอยต่อของกาว ไม่น้อยกว่า เมกาปาสกาล	1.6	1.6	1.6	-

หมายเหตุ * กาวเรซินสังเคราะห์แบ่งออกเป็น 4 ประเภท ตามสภาพเปียกของรอยต่อตามมาตรฐาน

1. ประเภท ก ทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศและน้ำเดือด

รอยต่อของกาวทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศ จุลินทรีย์ น้ำเย็น และความร้อนในสภาพแห้งได้ดียิ่ง

2. ประเภท ข ต้านทานต่อน้ำเดือด

รอยต่อของกาวต้านทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศและน้ำเดือดได้ดีไม่เท่าประเภท ก ทนน้ำเย็นได้หลายปีและต้านทานต่อการทำลายของจุลินทรีย์ได้ดียิ่ง

3. ประเภท ค ต้านทานต่อความชื้นและต้านทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศได้ปานกลาง

รอยต่อของกาวต้านทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศได้ประมาณ 2 ถึง 3 ปีเท่านั้น ทนทานน้ำเย็นได้นานแต่ไม่ดีเท่าประเภท ข ทนต่อน้ำร้อนในระยะเวลาจำกัด แต่ไม่ทนต่อน้ำเดือด และต้านทานต่อการทำลายของจุลินทรีย์ได้

4. ประเภท ง ใช้ภายในรอยต่อของกาวต้านทานต่อน้ำเย็นแต่ไม่ทนต่อการทำลายของจุลินทรีย์

ตารางภาคผนวกที่ 4 สมบัติของยาง ENR 25

Property	ENR 25
Epoxide Level (%)	25
Glass Transition Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	-47
Density (Mg/m^3)	0.97
Solubility Parameter (jm^{-3}) 0.5	17.4
Mooney Viscosity (ML 1+4, 100°C)	70-90
Protein level (mg/g, rubber)	0.0008
Latex allcrgen activity	2-4

ตารางภาคผนวกที่ 6 สมบัติของกาวสังเคราะห์

ชนิด	% TSC	pH	Viscosity (cps)	Gel Time(s)	Shear strength (MPa)	% Free Formaldehyde Content
กาว UF	60.0	8.72	280.0	60.4	3.0	1.98
มาตรฐานกาวยาง	ไม่น้อยกว่า 15	7-9	1500-5000	-	0.22	-

ตารางภาคผนวกที่ 5 ลักษณะทางกายภาพของกาวน้ำยางธรรมชาติ

เรื่อง	ลักษณะทางกายภาพ				
	สถานะ	กลิ่น	สี	การแยกชั้น	การตกตะกอน
กาวไม่เติมสารเพิ่มความเหนียว	ของเหลวคล้ายน้ำมัน	น้ำยาง	ขาวขุ่นปนเหลืองอ่อน	ไม่แยกชั้น	ไม่ตกตะกอน
กาวเติมสารเพิ่มความเหนียว					
Coumarone resin	ของเหลวคล้ายน้ำมัน	ไม่มีกลิ่นสารเคมี	ขาวขุ่นปนเหลืองอ่อน	ไม่แยกชั้น	ไม่ตกตะกอน
Resorcinol กับ Sumikanol 507 A	ของเหลวคล้ายน้ำมัน	กลิ่นสารเคมี	ขาวขุ่นปนเหลืองอ่อน	แยกชั้น	ตกตะกอน
Urea formaldehyde resin	ของเหลวคล้ายน้ำมัน	โหลูอิน	ครีม	แยกชั้น	ตกตะกอน
กาวเติมสารเพิ่มความหนืด					
แป้งมันสำปะหลัง	ของเหลวคล้ายน้ำมัน	น้ำยางและแป้ง	ขาวขุ่นปนเหลืองอ่อน	แยกชั้น	ตกตะกอน
แป้งข้าวเหนียว	ของเหลวคล้ายน้ำมัน	น้ำยางและแป้ง	ขาวขุ่นคล้ายน้ำมันและเทาดำ	แยกชั้น	ตกตะกอน
แป้งข้าวโพด	ของเหลวคล้ายน้ำมัน	น้ำยาง	ขาวขุ่นปนเหลืองอ่อน	แยกชั้น	ตกตะกอน

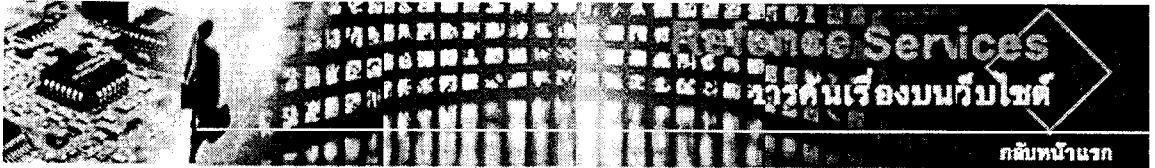
Output จากโครงการวิจัยฯ

โครงการวิจัยเรื่อง การเตรียมกาวจากน้ำยางธรรมชาติ เพื่อใช้สำหรับงานไม้ยางพารา

ของนางสาวสุนิสา สุชาติ เป็นหัวหน้าโครงการฯ

แนบสำเนาบทความที่ได้รับการตีพิมพ์แล้ว (Reprint)

ภาคผนวกที่ 7-11 บทความทางวิชาการหรือวารสาร



เราสามารถนำยางพารามาพัฒนาเป็นกาวได้อย่างไร?

การนำยางพารามาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์กาว เช่น การผลิตกาวติดไม้และกาวติดโลหะนั้นได้มีการนำน้ำยางธรรมชาติมาดัดแปลงโมเลกุล โดยใช้วิธีลดขนาดโมเลกุลของยางพาราลง จนมีขนาดพอเหมาะแก่ความต้องการของอุตสาหกรรมแต่ละประเภทเพราะขนาดของโมเลกุลของยางมีผลต่อแรงยึดเหนี่ยวระหว่างผิววัสดุโดยตรง การตัดให้โมเลกุลเล็กลงด้วยวิธีการต่างๆ เช่น ใช้วิธีทางเคมีจะสามารถลดน้ำหนักโมเลกุลลงได้ในระดับหนึ่ง และเมื่อนำมาผ่านกระบวนการต่างๆ เพื่อผลิตเป็นกาวแล้วก็จะได้กาวที่มีความแข็งแรงในการเชื่อมติดสูงมาก และจากการศึกษาวิจัยพบว่าน้ำยางธรรมชาติสามารถผลิตกาวยางเพื่อใช้งานทั่วไปและงานไม้ยางที่มีคุณภาพตามมาตรฐานกาวยางและสามารถเพิ่มคุณภาพกาวดีขึ้น โดยการแปรชนิดและปริมาณสารแทคคิไฟเออร์ (tackifier) เพื่อช่วยปรับปรุงความเหนียวและยึดติดในกาวจากน้ำยางธรรมชาติ เช่น phenolic resin, urea formaldehyde resin, wood resin และ coumarone indene resin และสารเพิ่มความหนืด (thickener) คือ แป้งมันสำปะหลัง แป้งสาลี และ methyl cellulose กาวชนิดนี้มีจุดเด่นคือ เป็นกาวที่ได้จากวัตถุดิบธรรมชาติไม่มีองค์ประกอบของสารพิษเจือปนเนื่องจากไม่มีตัวทำละลายและมีความแข็งแรงสูงกว่ากาวชนิดอื่น ไม่เหมือนกาวที่ใช้กันทั่วไป ซึ่งมักจะมีฟอร์มาลินเป็นองค์ประกอบและเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

ลำดับ

รายการบรรณานุกรม

- 1 สุนิสา สุชาติ. การผลิตกาวจากน้ำยางธรรมชาติเพื่อใช้ในงานไม้ยางพารา. The rubber international. ปีที่ 8 ฉบับที่ 11, พ.ย. 2549. หน้า 38-40.

paper #1

國際橡膠雜誌

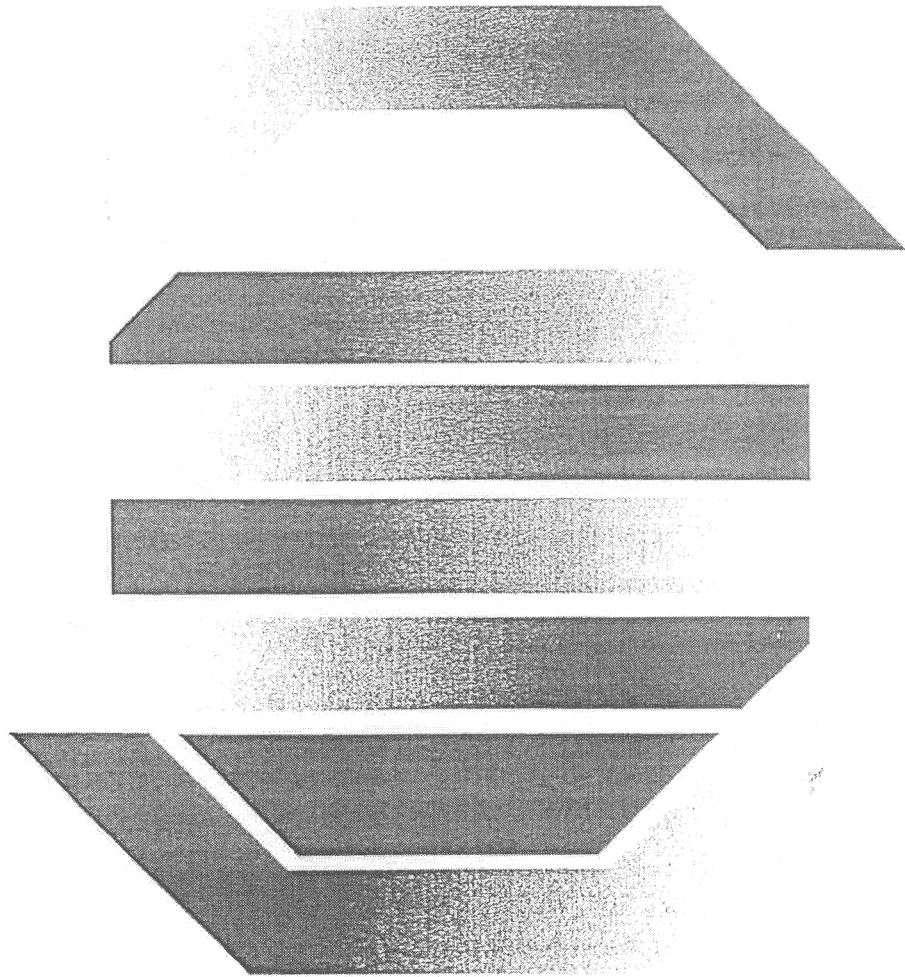
Volume 8 No. 11 November 2006

THE RUBBER INTERNATIONAL

<http://www.coarb.com>

พฤษภาคม ๒๕๕๑

A MONTHLY BUSINESS MAGAZINE ON NATURAL & SYNTHETIC RUBBER / PLASTICS / RELATED INDUSTRIES



J A D E

JOINT ASIAN DERIVATIVES EXCHANGE

JADE กระจ่ายสินค้าโภคภัณฑ์เอเชียไปทั่วโลก

JADE Globalising Asian Commodities

JADE 亞洲商品全球化

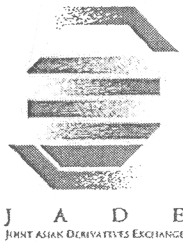
NEWS 11
 FUTURES MARKET 24

Futures Fair 2006 AFET'S Top Festival for the Future
 Futures Fair 2006 สุดยอดมหกรรมแห่งอนาคตของ AFET



AFET 2006 年度未來市場研討峰會

COVER STORY 31



JADE Globalising Asian Commodities
 JADE กระจายสินค้าโภคภัณฑ์เอเชียไปทั่วโลก
 JADE 亞洲商品全球化

REPORT 35

Invensys to implement integrated turbine compressor control and emergency shutdown systems at Largent ammonia plant in Egypt

Invensys จะปรับปรุงตัวควบคุมเทอร์ไบน์คอมเพรสเซอร์ และระบบปิดเครื่องฉุกเฉินที่โรงงานผลิตแอมโมเนียที่ Largent ในอียิปต์

Invensys 將在埃及 Largent 氨水廠應用整合渦輪壓縮機控制系統和應急停產檢查系統

RUBBER WOOD 38

Preparation of Rubber wood Adhesives from Natural Rubber Latex

การผลิตกาวจากน้ำยางธรรมชาติเพื่อใช้ในงานไม้ยางพารา

從天然乳膠中提取橡膠木粘合劑的準備工作



RUBBER ASSOCIATION 42

Infrastructure in Rubber Trading Market
 ปัจจัยพื้นฐานในตลาดซื้อขายยางพาราไทย

橡膠交易市場的基礎建設

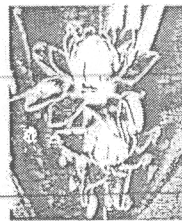


PLASTICS 44

Antioxidants Cooperation to End

NEW BOOK 86

New edition of european Plastics and Rubber Directory



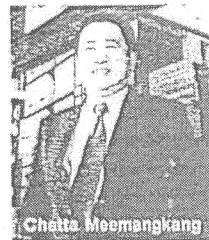
Tracking The Rubber Planting and Rubber Farmers

ตลาดพืชร่วมยางเสริมรายได้เจ้าของสวนยาง
 喀拉 - 橡膠樹
 橡膠園業主的生財之道

ENERGY & ENVIRONMENT 50

Award for commitment to the environment

FEATURE 60



Rubber Commodity High risk. High return

Commodity ยางพารา ความเสี่ยงสูงผลตอบแทนสูง

橡膠商品——高風險、高回報

TYRE & AUTO 67

RESEARCH & DEVELOPMENT 75

• Rubber Plantation Development Program of the Philippines

โครงการพัฒนาปลูกยางพาราของฟิลิปปินส์

• Preparation of Thai Logistics to meet the ASEAN-India Free Trade Agreement

เตรียมความพร้อม "โลจิสติกส์" ไทย รับมือข้อตกลงการค้าเสรีอาเซียน - อินเดีย

PLANTATION 79



The Tracking of The History of Rubber Plantation in Siam Part1 : Origin of Forest Rubber

แกะรอยประวัติศาสตร์สวนยางประเทศสยาม ตอนที่ 1 กำเนิดยางป่า

追述暹羅國橡膠園的歷史
 宋卡府農業技術廳研究中心 蘇拉薩 蘇堤松先生

RRIT 251 Clone ยางพารา พันธุ์สถาบันวิจัยยาง 251

RRIT 251 Clone 品種

SHOW PREVIEW 38

InterPlas Thailand 2007

CLASSIFIED 87

MARKET OUTLOOK 90

STATISTICS 92

CALENDAR 96

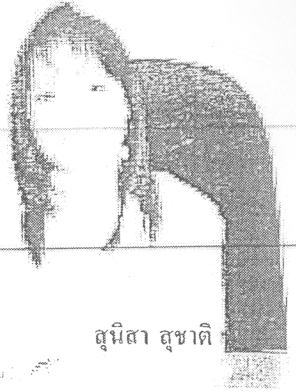
SUBSCRIPTION FORM 97

INDEX TO ADVERTISER 98

การผลิตการจากไม้ยางธรรมชาติ
เพื่อใช้ในงานไม้ยางพารา

Preparation of Rubberwood
Adhesives from Natural Rubber Latex

從天然乳膠中提取橡膠
木粘合劑的準備工作



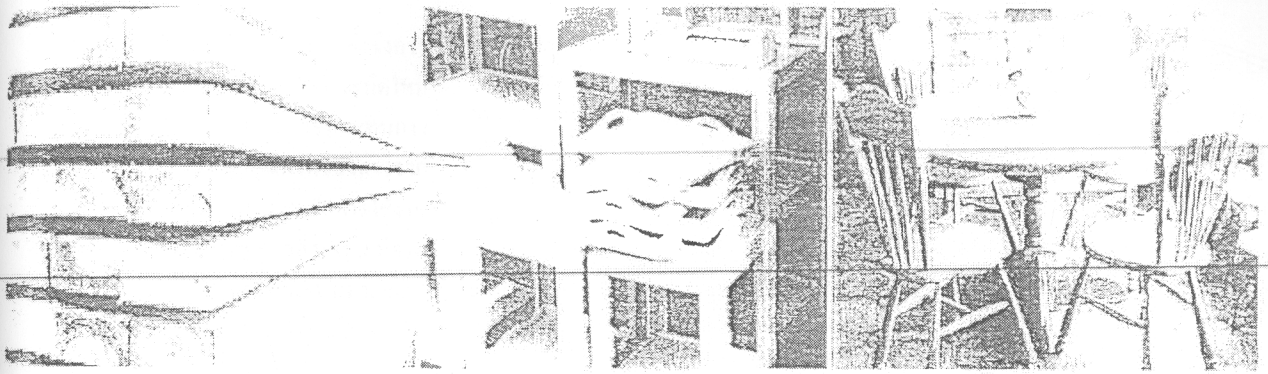
สุณิสา สุชาติ

เมื่อลองมองรอบตัว จะพบสารเคมีที่อยู่ใกล้ตัวที่เป็นสิ่งจำเป็นต้องพึ่งพา โดยการนำมาใช้ประโยชน์ในการประกอบกิจการต่างๆ คือ กาว ซึ่งเป็นสารที่ใช้สำหรับยึดเหนี่ยวผิวของวัสดุสองชิ้นให้สามารถติดกันได้ โดยมีความแข็งแรงของวัสดุที่เชื่อมยึดกันเพียงพอต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในงานต่างๆ ได้แก่ เครื่องใช้สำนักงาน เฟอร์นิเจอร์ เครื่องเรือน จำเป็นต้องใช้กาวในการยึดติดโดยเฉพาะอย่างยิ่งปัจจุบันได้มีการขยายตัวในการนำไม้ยางพารามาผลิตผลิตภัณฑ์ไม้ประเภทต่างๆ เช่น แผ่นจีนไม้อัด แผ่นใยไม้อัด แผ่นไม้อัดและแผ่นไม้ประสาน เป็นผลิตภัณฑ์ที่จำเป็นต้องใช้กาวมากที่สุด โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์และเครื่องเรือนร้อยละ 70 ทำมาจากไม้ยางพาราซึ่งมีโรงงานมากกว่าร้อยโรง โดยเฉพาะโรงงานทำแผ่นไม้ประกอบ เช่น PB ใช้กาวประมาณสามล้านลูกบาศก์เมตร นิยมใช้กาวสังเคราะห์ ซึ่งทำมาจากยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ (UF ชนิด E1 หรือ E2) มีมูลค่าหลายพันล้านบาทที่ต้องซื้อวัตถุดิบกาวสังเคราะห์จากต่างประเทศ กาวสังเคราะห์ ที่นิยมใช้มักประกอบด้วยสารฟอร์มัลดีไฮด์ เพราะมีสมบัติ ใช้ง่าย สะดวกและราคาถูก แต่มีข้อเสีย คือ กลิ่นฟอร์มัลดีไฮด์เป็นปัญหาสำคัญในกระบวนการผลิตเพราะเกิดการปลดปล่อยสารฟอร์มัลดีไฮด์ที่มีความเป็นพิษ มีอันตรายต่อเนื้อเยื่อ ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อทางเดินหายใจ และเพื่อเตรียมพร้อมในการสนองความต้องการของตลาดและตามกระแสความเปลี่ยนแปลงที่ทั่วโลก กำลังรณรงค์การใช้ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรอง FSC และให้ใช้ผลิตภัณฑ์ที่เป็น green products และเพื่อ

When looking around us, we would find chemical substances near by, the substances that are necessary for us to depend on by making uses in various applications. i.e. glue, which is the substance used to hold 2 materials together with the strength of adhered materials sufficient to make use of it in many works, such as, office automation, furniture, household furniture, that's necessary to use glue to hold together, especially at present, there has been expansion in bringing rubber wood to produce woodwork products, such as, plywood sheet, plywood fibre, and connected sheet, these are the products required to use glue. 70% of furniture and household furniture' production factory made from rubber wood which has more than 1 hundred factories especially the assemble sheet factory, such as, PB has used approx. 3 million m3. It's popular to use synthetic glue made from urea formaldehyde (UF type E1 or E2) with value worth several billion baht to buy synthetic glue material from oversea, popular synthetic glue often composed of formaldehyde substance because it has good properties, easy to use, convenience & inexpensive, but it's also has some disadvantage points, such as, the smell of formaldehyde is the problem in processing because it has released toxic formaldehyde substance which is endanger to the tissue to cause irritation to the eyes, respiration system and to prepare for market demand according to the global changing tendency to use products with FSC certified and to use

當我們環看身邊，便會發現許多的化學物質。我們正是依靠這些物質來生產各種產品以滿足多樣需求。比如：利用其粘性將兩樣物品粘在一起的膠水就被應用在很多領域：辦公自動化、家具粘固。尤其是在當下，越來越多的橡膠木被用來製作膠合板、膠合纖維板、連接板等，而膠水在製造此類產品是是不可或缺的。

70%的家具有生產廠家是利用橡膠木作材料的，這其中有 100 多家都是組裝板廠，只 PB 一家就要消耗掉進三百萬立方米的橡膠木。現在原料是脲類甲醛（E1 型或 E2 型）的合成膠水被廣泛運用，而生產此種膠水卻需從國外進口幾十億泰銖的合成膠水原料。原料使用甲醛是考慮到它加工簡便、方便廉價的優點，然而它也有某種不足，例如：在加工過程中，它會釋放有毒物質甲醛，侵害人體組織，造成眼部不適、呼吸障礙，所以如何解決它的氣味問題就成了一個難點，另外，鑒於國際上使用 FSC 認證產品和環保產品的新趨勢和減少貿易逆差，原料的選擇必須調整以適應市場需求。因此，我們致力於對從天然乳膠中提取的新型膠水原料的研究與分析以提高膠水質量來取代合成膠水更好地服務其應用領域。同時也能節省

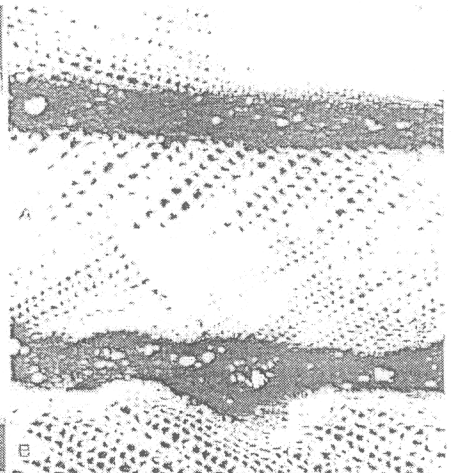
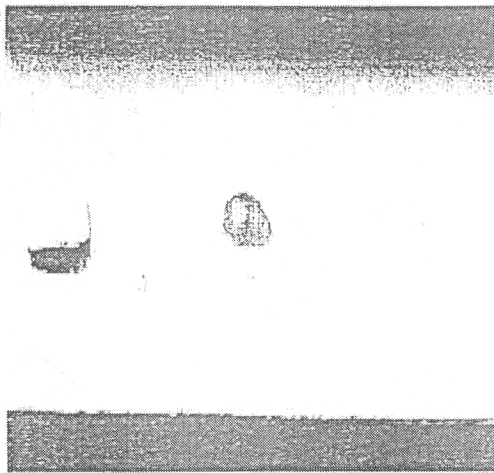


ไม้ยางพารา Rubber-wood

เฟอร์นิเจอร์จากไม้ยางพารา Furniture made from Rubber-wood



กาวน้ำยางธรรมชาติ
NR liquids glue



ลักษณะการเปียกและการยึดเหนี่ยวผิวของวัสดุสองชิ้นให้สามารถติดกันได้
Characteristic of wetness & adhered 2 material surfaces to stick together.

สนใจติดต่อ : คุณสุนิสา สุชาติ

ที่ทำงาน : สาขาการจัดการอุตสาหกรรมยาง คณะเทคโนโลยีและการจัดการ มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์

โทรศัพท์ : 0-7735-5453 ต่อ 2027 หรือ 08-5077-8518

E-mail : sunisa.su@psu.ac.th หรือ na.sunisa@yahoo.com

Miss Sunisa Suchat

Lecturer, Rubber Technology and Assistant to the President for Student's Affair
Rubber Industry Management Department, Faculty of Technology and Management,
Prince of Songkla University, Surat Thani Campus

Phone : 077-355-453, 355-040 E-mail : sunisa.su@psu.ac.th



Do you wish to contribute to magazine?
Please send your news, article,
views etc.to trigb@ksc.th.com



เป็นการช่วยลดการขาดดุลทางการค้า จึงควรหันมาค้นคว้าวิจัยหาแหล่งกาวยชนิดใหม่ที่ได้จาก น้ำยางธรรมชาติมาใช้ทดแทนกาวยสังเคราะห์และพัฒนาคุณภาพของกาวยจากน้ำยางธรรมชาติให้เหมาะสมต่อการใช้งาน โดยไม่ต้องซื้อวัตถุดิบกาวยสังเคราะห์จากต่างประเทศ ซึ่งจากสมบัติเด่นหลายอย่างของยางธรรมชาติที่สามารถใช้ทำเป็นกาวยคือ ยางธรรมชาติมีความเหนียวยึดติดดี ทนน้ำและทนไฟ ไม่เป็นพิษ ไม่ปลดปล่อยสารพิษทาง่ายราคาไม่แพงมากเพราะปลูกกันมากในบ้านเราสามารถทำง่ายโดยการนำน้ำยางจากสวนยางมาใช้เป็นกาวยของจดหมาย ลังหรือภาชนะ กระดาษได้โดยไม่ต้องใส่สารปรุงแต่งอะไรเลย จึงกลายเป็นหัวข้องานวิจัยที่น่าสนใจมากที่สุดที่ทำกาวยน้ำยางธรรมชาติทดแทนกาวยสังเคราะห์นำเข้า ลดการขาดดุลทางการค้ากับต่างประเทศ ลดปริมาณการใช้กาวยสังเคราะห์ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ ประกอบกับไทยเป็นประเทศผู้ผลิตและส่งออกยางธรรมชาติมากที่สุดในโลก ซึ่งถือว่ายังเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศที่ทำรายได้เข้าประเทศมีมากกว่าแสนล้านบาท โดยมีการส่งออกในรูปแบบวัตถุดิบร้อยละ 90 แต่มีการนำไปใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มมูลค่าเพียงร้อยละ 10 ของผลผลิตทั้งหมดเท่านั้น ซึ่งมีมูลค่าการส่งออกใกล้เคียงกัน จึงเป็นที่ชัดเจนว่าไทยมีความจำเป็นต้องเพิ่มสัดส่วนมูลค่าเพิ่มจากยางธรรมชาติโดยการพัฒนาการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ให้ได้มากที่สุดได้แก่ กาวน้ำยาง และอื่นๆ เป็นต้น

จากงานวิจัยพบว่าน้ำยางธรรมชาติสามารถผลิตกาวยเพื่อใช้งานทั่วไปและงานไม้ยางที่มีคุณภาพตามมาตรฐานกาวยาง และสามารถเพิ่มคุณภาพกาวยดีขึ้นได้โดยการแปรชนิดและปริมาณสารแทคคิไฟเออร์ (tackifier) เพื่อช่วยปรับปรุงความเหนียวและยึดติดในกาวยจากน้ำยางธรรมชาติ เช่น phenolic resin, urea formaldehyde resin, wood rosin และ coumarone indene resin และสารเพิ่มความหนืด (thickener) คือ แป้งมันสำปะหลัง แป้งสาลี และ methyl cellulose พบว่ามีค่า shear strength ได้ตามมาตรฐาน ASTM D 2339

green products and to help reducing the loss of trade balance. So, we should turn to research & analyze new glue sources obtained from natural latex to replace synthetic glue and to develop the glue quality from natural latex to suit the working application without buying synthetic glue material from oversea. From distinguish properties of natural rubber that enable to make glue. i.e. natural rubber has glutinous, well adhered and water & flame resistance, non-toxic, non-toxic release, easy to find, inexpensive due to abundant growing in our country, able to make easily by using latex from plantation to use as glue for envelop sealing, boxes or containers & paper without adding any additive. So, it has become the main analysis topic to produce natural glue to replace imported synthetic glue and to reduce the loss of trade balance to foreigner. To reduce the use of synthetic glue that has the effect to the environment & health, together with, Thailand is the world's largest NR producer & exporter, which is considered rubber as main economic crop of the country that has earned more than hundred billion baht to the country. With 90% is exporting in the form of raw material but there's only 10% that has used to make rubber product with value addition which has similar exporting value. So, it's clear that, it's necessary for Thai to increase the ratio of value addition products from NR by developing the reprocessing of NR into rubber products & others, etc.

For the experiment, it's found that, NR is able to produce rubber glue for general application & quality rubber-wood works according to rubber glue standard & enable to implement the glue quality by changing the type & the amount of tackifier to improve the stickiness & adhered strength from natural latex such as, phenolic resin, urea formaldehyde resin, wood rosin & coumarone resin and the thickener substance, i.e. tapioca flour, wheat flour and methyl cellulose. It's found that, the shear strength value has the standard ASTM D 2329 and has

進口合成膠水原有的成本。用於生產膠水的天然橡膠優勢明顯：黏性大、粘得牢、防水防天、無毒、取材方便，並且由於我國普遍種植，因而價格低廉，通過割取橡膠樹的乳膠便可輕鬆提取，且不需另加粘合劑就可用來封信、封箱及其他容器和粘紙。有鑒於此，如何生產天然膠水進而取代進口合成膠水、減少貿易逆差、降低使用合成膠水對環境及健康產生的危害便成了主要的研究課題。

泰國是世界上最大的天然橡膠生產國和出口國，橡膠作為主要經濟作物已為國家賺得了幾千億泰銖。不過90%的出口都是原料，只有區區10%被用於生產有相近出口附加值的橡膠製品。顯而易見，泰國有必要深化天然橡膠的深加工以提高橡膠製品中有附加值的產品的比例。

通過分析我們發現，天然橡膠能用以生產廣泛應用的膠水，而高品質的膠水能用在製作高規格的橡膠木製品上。此外，我們可以改變粘性劑的類型和使用量來提高天然乳膠的粘性，進而提高膠水品質。這些粘性劑包括苯酚合成樹脂、脲甲醛合成樹脂、天然樹脂、香豆酮樹脂和起增厚作用的物質，如：木薯澱粉、小麥粉和甲基纖維素。由於粘性劑和附加增厚劑的使用量多寡不同，韌性達到ASTMP2329標準的橡膠生產出來的膠水質量會更好。通過浸泡水中再用力拉扯或浸泡水中讓其自行剝落的實驗，我們發現，使用天然樹脂生產的膠水有較高的防水性，而且，在加工前進行改良的膠水配方比之不做改良的在韌性及耐久度方面都更具優勢。若不使用香豆酮樹脂，膠水凝結時間

และคุณสมบัติที่ดีขึ้นตามปริมาณ สารแทนดิไฟเบอร์และสารเพิ่มความหนืดที่เพิ่มขึ้น ซึ่งการใช้ wood resin มีความทนทานต่อน้ำสูง ทั้งการแช่น้ำแล้วลอกแรงดึงและการแช่น้ำแล้วปล่อยให้ชั้นทดสอบหลุดเอง สูตรกาวที่ทำการบ่มก่อนใช้งานจะให้สมบัติด้าน shear strength and cleavage peel strength สูงกว่าสูตรกาวที่ไม่บ่ม และกาวที่ใช้ wood resin จะใช้เวลาในการแข็งตัวเร็วกว่า coumarone indene resin และกาวน้ำยางธรรมชาติ และกาวสังเคราะห์มีสมบัติคล้ายภาพไม่ต่างกันมาก

ผลิตภัณฑ์ไม้ยางพาราที่มีสมบัติความเป็นขี้ของเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบ แต่ยางธรรมชาติไม่มีขี้ ดังนั้นต้องปรับปรุงโครงสร้างของน้ำยางธรรมชาติให้มีสมบัติความเป็นขี้ เช่น น้ำยางอีพอกไซค์ การลดน้ำหนักโมเลกุล ยางเหลว ผสมกับกาวสังเคราะห์หรือน้ำยางสังเคราะห์พบว่า การปรับปรุงโครงสร้างกาวน้ำยางธรรมชาติ อีพอกไซค์สำหรับติดประสานงานไม้จากน้ำยางธรรมชาติอีพอกไซค์ 25 % โมลอีพอกไซค์ โดยการแปรชนิดและปริมาณสารช่วยปรับปรุง การยึดติดและสารเพิ่มความหนืดจะมีค่าความต้านทานต่อแรงเฉือน ค่าความต้านทานต่อแรงลอกและการทนน้ำ ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกาวยาง (มอก. 521-2527) การปรับปรุงโครงสร้างกาวน้ำยางธรรมชาติโดยการเตรียมยางเหลวจากน้ำยางธรรมชาติที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง โดยวิธีทางเคมี การทำปฏิกิริยาของน้ำยางธรรมชาติกับสารเคมีได้ยางเหลวที่สะอาดใส ไม่มีสี มีโครงสร้างที่แน่นอน มีต้นทุนการผลิตต่ำ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการทำเป็นกาวที่มีคุณภาพสูงเพื่อใช้ในงานที่ต้องทนต่อความดันสูงได้

ในอนาคตหวังว่าจะมีการพัฒนางานวิจัยเพื่อปรับปรุงคุณภาพและราคากาวให้เหมาะสมในการใช้งาน เพื่อลดปริมาณการใช้กาวสังเคราะห์ที่ใช้ในงานอื่นๆ ด้วย เพื่อเพิ่มมูลค่าเพิ่มศักยภาพในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางการใช้ประโยชน์จากยางธรรมชาติ จะเป็นการสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรชาวสวนยาง และประเทศได้อีกทางหนึ่ง

better glue property according to the amount of tackifier substance and additional thickener substance. Glue that used wood resin would have high water resistance both with soaking in water and using force to pull out and soaking in water and let it peeled off. The glue formula that has cured before using would give property on shear strength & cleavage peel strength higher than non-cured formula and it would take shorter time to stiffen than using coumarone indene resin. NR & SR liquid glues have not much difference in physical properties.

Rubber wood products that have the properties of cellulose core as component, but NR has no core. Therefore, it has to implement the natural latex structure to have the core property, such as, epoxy latex, reducing of molecular weight, fluid rubber to mix with synthetic glue or natural latex. it's found that, the implementation of natural latex glue structure from 25% natural latex epoxy by changing the type and the amount of substance has helped to implement the adhered & thickener would have cutting force resistance, value of the peeling force resistance & water resistance have passed the Thai Industrial Standard 521-2527. The implementation of natural latex glue structure by preparing fluid rubber from NR that has high molecular weight by chemical method. The reaction of natural latex to chemical substance would obtain clean, clear, colourless & constant structure fluid rubber with low production cost, enable to use in making high quality glue with high pressure resistance.

In future, it's hoped that, there will be the development on research work to implement the glue quality & price suitable for applications & to reduce the use of synthetic glue in other application as well. To increase the value, increase rubber product potential, to benefit from NR would create income to rubber farmers & the country.

也較短。天然橡膠與合成橡膠在物理品質方面差異甚微。

橡膠本製品的特點以纖維素核為組成部分，但天然橡膠卻是無核的。因此，需要改變天然乳膠的化學結構使之具備核的功能。降低分子重量後的環氧乳膠和與合成膠水或天然乳膠混合在一起的流體橡膠都是運用了此種工藝。通過改變化學物質的類型和數量，我們能得到含 25%天然乳膠的天然橡膠水。可以用它來粘東西。膠水中的增厚劑還會起到防剝割的作用。這種膠水的防剝落性和防水性已通過泰國工業標準 521-2527 認證。而在天然乳膠進行化學反應後，我們便能以低生產成本得到清潔、透明、無色、結構穩定的流體橡膠用於生產高品質、抗強壓的膠水。我們相信，隨著未來研究的深入，更多的科研碩果將應用在滿足各種用途的天然膠水上，使其價格更低、質量更高並能減少合成膠水的使用量。通過提升價值、挖掘橡膠製品潛力，天然乳膠加工業將為膠農和國家增收創益。

JIS

Handwritten notes:
1. ...
2. ...
3. ...
4. ...

Handwritten: Meter

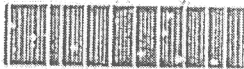
JAPANESE INDUSTRIAL STANDARD



General testing methods for adhesives

JIS K 6833—1994

TISI Library
ห้องสมุดมาตรฐาน



S0066235

Thai Industrial Standards Institute : TISI
Rama VI Rd., Rajathevee Bangkok 10400 Tel : 202-3510



Handwritten notes:
1. ...
2. ...
3. ...
36000

Translated and Published

by

Japanese Standards Association

Handwritten: VED
12 S
MIB

Handwritten notes in Japanese at the top of the page.

UDC 668.3:620.1

JAPANESE INDUSTRIAL STANDARD

J I S

General testing methods for adhesives

K 6833-1994

1. Scope This Japanese Industrial Standard specifies the testing methods of general test items for abrasives.

Remarks: The standards cited in this Standard are listed in Attached Table 1.

2. Definitions For the main terms used in this Standard, the definitions in JIS K 6800 and JIS K 6900 apply, and the rest of the term is as follows.

manifestation of adhesive strength Adhesive strength shown at every lapse of specified time after adherends were stuck under the condition specified by the manufacturer of the adhesive referred to.

3. Kind of test Kind and items of tests shall be as follows:

(1) Tests for general properties

- (a) Density
- (b) pH
- (c) Viscosity
- (d) Nonvolatility

(2) Tests for working condition

- (a) Working life
- (b) Quantity applied
- (c) Manifestation of adhesive strength
- (d) Storage stability

(3) Tests for characteristics of adhered layer

- (a) Blocking
- (b) Softening temperature

4. General condition for test

4.1 Temperature and humidity in test room Test room shall principally be in standard temperature condition grade 2 and standard humidity condition grade 2 [temperature 23 ± 2°C and relative humidity (50 ± 5) %] specified in JIS K 7100.

The agreement between parties concerned, however, can permit adopting standard temperature condition grade 5 and standard humidity condition grade 20 [temperature 20 ± 5°C and relative humidity (65 ± 20) %] specified in JIS Z 8703. In this case, the adopted temperature and humidity in test room shall be recorded in test report.

801:007

018835



THE 33rd CONGRESS on SCIENCE and TECHNOLOGY of THAILAND (STT. 33)

การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 33 (วทท.33)



Science and Technology for Global Sustainability
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อโลกยั่งยืน

Venue: Walailak University, Nakhon Si Thammarat, Thailand.

ณ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ จ.นครศรีธรรมราช

WWW.STT33.SCISOC.OR.TH



PROCEEDINGS

of The 33rd Congress on Science and Technology of Thailand



October 18 - 20, 2002

SECTION E: MATERIALS SCIENCE

[Page 1] [Page 2]

Abstracts
Invited Speakers
Oral Presentations

E: Materials Science

No.	Title of Paper (Total = 100 Items)
E_E0057	Carbon Nanotube T-junctions Architecture
E_E0058	Development of Rubberwood Adhesives from Natural Rubber Latex
E_E0060	NATURAL RUBBER LATEX FOAM
E_E0061	Intercalation of 8-hydroxyquinoline into interlayer space of saponite by solid-solid reaction
E_E0062	THE EFFECT OF SILICA FUME ON COMPRESSIVE STRENGTH OF PORTLAND-FLY ASH CONCRETE
E_E0063	INFLUENCE OF FLAME RETARDANT ON FLOTATION OF ABS IN WATER
E_E0065	PROPERTIES OF Mn-DOPED 0.95Na0.5K0.5NbO3 - 0.05LiTaO3 LEAD-FREE CERAMICS
E_E0066	GENERATING HYDROPHOBIC FIBER MATS BY ELECTROSPINNING OF POLY(VINYL ALCOHOL) AND SILANIZATION
E_E0067	Modification of Multi-walled carbon nanotubes to enhance Fe(III) adsorption
E_E0068	Application of Power Ultrasonic in Production of Biodiesel from Jatropha oil
E_E0069	Microstructures and Mechanical properties of Heat Treated Aluminium alloy 6063
E_E0070	Hydrogenation of Crude Soybean Biodiesel using Pd on supported Zeolite-A as catalyst
E_E0071	Straight Joint Butt Resistance Welding of Aluminium Alloys
E_E0072	WATER DISPERSIBLE MAGNETITE NANOPARTICLES STABILIZED WITH POLY (ETHYLENE GLYCOL) METHYL ETHER-b-POLY(7-CAPROLACTONE) COPOLYMERS AND ITS DRUG-RELEASED BEHAVIOR
E_E0073	SURFACE-INITIATED ATOMIC TRANSFER RADICAL POLYMERIZATION (ATRP) IN THE SYNTHESIS OF POLY(TERT-BUTYL ACRYLATE)/MAGNETITE NANOPARTICLES
E_E0075	DISPERSION OF MAGNETITE NANOPARTICLES STABILIZED WITH METHOXY POLY(ETHYLENE GLYCOL)-POLYESTER BLOCK COPOLYMER IN AQUEOUS SOLUTION : EFFECT OF COPOLYMER COMPOSITION AND ITS MOLECULAR WEIGHT
E_E0076	INTERPENETRATING POLYMER NETWORKS OF POLYDIMETHYLSILOXANE /CHITOSAN HYDROGELS
E_E0077	SYNTHESIS OF WATER DISPERSIBLE MAGNETITE NANOPARTICLES BY ONE-POT THERMAL DECOMPOSITION REACTION

E_E0056 DIELECTRIC PROPERTIES OF (Zn,Mg)TiO₃ CERAMICS

Pacharaporn Yaba,¹ Prachit Khongtattana,¹ Terdtoon Dumrongrittamatt,² Nikom Choosiri¹

¹Department of Physics, Faculty of Science Thaksin University, Songkhla 90000. Email: prachit@tsu.ac.th

²Scientific Equipment Center, Prince of Songkla University, Songkhla 90110

Abstract: The ceramics (Zn_{1-x}Mg_x)TiO₃ where x = 0.0, 0.1, 0.2 and 0.3 are prepared using conventional solid state reaction method. Microstructure and dielectric properties of these ceramics were characterized. The result show that the crystal structure of the ceramic are cubic. The average grain size of the ceramics are 3, 2, 2 and 3 micron when x = 0.0, 0.1, 0.2 and 0.3 respectively. The maximum value of contraction, density and the minimum relative porosity value of these ceramics were found at x = 0.2. The dielectric values of the ceramics are large at 800 kHz and these dielectric value are 43.33, 29.77 and 33.4 when x = 0.0, 0.1 and 0.3 respectively. At the 1 MHz, the ceramic dielectric is 47.81 when x = 0.2. It was also found that the dielectric loss tangent values would be increased when a temperature was increasing at every frequency.

E_E0057 CARBON NANOTUBE T-JUNCTION ARCHITECTURE

Orapan Waipan¹, Anurak Udomvech^{2,3} and Teerakiat Kerdcharoen^{2,4}

¹Department of Physics, Faculty of Science, Mahasarakham Rajabhat University, Mahasarakham 44000, Thailand. Email: orapan.47@hotmail.com

²Centers of Nanoscience and Nanotechnology and Department of Physics, Faculty of Science, Mahidol University, Bangkok 10400, Thailand. Email: nu_ferni1@yahoo.com

³Department of Physics, Faculty of Science, Thaksin University, Songkhla, 90000 Thailand

⁴NANOTEC Center of Excellence at Mahidol University, National Nanotechnology Center, Thailand

Abstract: In this article, we theoretically studied the complicated T-junction architecture of single-walled carbon nanotubes constructed from fusion of two different-diameter nanotubes. This T-junction occurs at the interface between joining zigzag (n,0) nanotube onto the tube wall of zigzag (9,0) nanotube. In other words, the zigzag (9,0) nanotube is fixed, while the joining zigzag (n,0) nanotube has a varying value of n from 5 to 10. Practically, the (9,0)⊥(n,0) T-junctions are constructed by insertion of pentagon, heptagon, and their pair defects into the perfect hexagonal lattice. The tubule length of T-junction was also varied by adding numbers of cyclacene up to 1 unit cell. In the present study, the structural and electronic properties of (9,0)⊥(n,0) T-junction models was investigated using molecular mechanics (MM+ parameterization) and semi-empirical AMI techniques. The study shows that nanotube diameter and its length have an important role on the HOMO-LUMO energy and energy gap.

E_E0058 DEVELOPMENT OF RUBBERWOOD ADHESIVES FROM NATURAL RUBBER LATEX

Sunisa Suchat

Department of Rubber Industry Management, Faculty of Technology and Management

Prince of Songkla University, Surat Thani Campus, Thailand. Email: sunisa.su@psu.ac.th

Abstract: This research was study and development of rubberwood adhesive from natural rubber latex and modified natural rubber latex (NRL), experiment to produce NRL adhesive for application and quality rubberwood work according to standard and enable to implement the adhesive quality by changing the type and the amount of tackifiers and thickeners and it has to implement the natural rubber latex structure to have the polar property, such as 25%mol epoxidized natural rubber (ENR), it was prepared from reaction of an epoxidation of 90% formic acid solution and 50% hydrogenperoxide solution at 55-60°C for 8 hours, and reducing of molecular weight, such as liquid natural rubber (LNR), it was prepared from polymerization of NRL by 10% phenylhydrazine. So that propped a chain of molecule until viscosity is low and fluid at room temperature or inferior than 100°C. It was found epoxy group on natural rubber molecule was determined by absorbance measurement using FT-IR spectrophotometer and GPC-SA. Experiment to produce NRL adhesive to improve the stickiness and adherent strength which was not filled tackifiers and thickeners, filled tackifiers and filled thickeners. The kinds of tackifiers were phenolic resin, and urea formaldehyde resin were varied quantity; 15, 30 and 45 phr per tackifiers. The kinds of thickeners were tapioca starch, wheat starch and methyl cellulose which were varied quantity; 5, 10 and 15 phr per thickeners. The study properties of NRL adhesives, found that, it had total solid content, pH value, viscosity value, drying time, water resistance and shear strength have passed the Thai standard for rubber-based adhesive. The result comparison properties of NRL adhesive and synthesis adhesives. Found that synthesis adhesives had less total solid content than NRL adhesive, but higher viscosity and shear strength than NRL adhesive.

การปรับปรุงกาวจากน้ำยางธรรมชาติเพื่อใช้สำหรับไม้ยางพารา

DEVELOPMENT OF RUBBERWOOD ADHESIVES FROM NATURAL RUBBER LATEX

สุนิสา สุชาติ

Sunisa Suchat

Department of Rubber Industry Management, Faculty of Technology and Management
Prince of Songkla University, Surat Thani Campus, Thailand. Email: sunisa.su@psu.ac.th

บทคัดย่อ:

การศึกษาและปรับปรุงคุณภาพของกาวจากน้ำยางสำหรับใช้ในงานไม้ยางพารา ได้นำน้ำยางธรรมชาติมาทำเป็นกาว เพื่อประยุกต์ใช้ในงานไม้ที่มีคุณภาพตามมาตรฐานกาวยาง และสามารถเพิ่มคุณภาพของกาวให้ดีขึ้นได้โดยการแปรชนิดและปริมาณของสารแทคติไฟเออร์ และสารเพิ่มความหนืด ปรับปรุงโครงสร้างของน้ำยางธรรมชาติให้มีสมบัติความเป็นขี้ว เช่น 25 เปอร์เซ็นต์โมล น้ำยางอียอกไซด์ การเตรียมยางธรรมชาติอียอกไซด์ทำโดยปฏิกิริยาอียอกซิเดชันระหว่างกรดฟอร์มิคความเข้มข้น 90 เปอร์เซ็นต์และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ ทำที่อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมงพบหมู่เอพอกไซด์เกิดขึ้นในโมเลกุลของยางธรรมชาติ และการลดน้ำหนักโมเลกุลเป็นยางเหลวโดยน้ำยางธรรมชาติทำให้โมเลกุลของยางเกิดการสลายตัวตรงตำแหน่งพันธะคู่ ซึ่งเป็นกระบวนการตัดโซ่โมเลกุลของไอโซพรีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงให้น้ำหนักโมเลกุลต่ำลงโดยใช้ Phenylhydrazine ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เพื่อจะตัดโซ่โมเลกุล จนกระทั่งยางมีความหนืดต่ำ สามารถไหลได้ที่อุณหภูมิห้องหรือที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส ทดสอบหาหมู่เอพอกไซด์ที่เกิดขึ้นในโครงสร้างโมเลกุลของยางธรรมชาติ โดยใช้เครื่อง FT-IR spectrophotometer และน้ำหนักโมเลกุลเป็นยางเหลวโดยเครื่อง GPC-SA. การปรับปรุงกาวจากน้ำยาง ENR และ LNR โดยการแปรชนิดและปริมาณของแทคติไฟเออร์ ได้แก่ Phenolic resin และ Urea formaldehyde resin ในปริมาณ 15, 30, 45 phr ตามลำดับ และสารเพิ่มความหนืดที่ใช้ คือ แป้งมันสำปะหลัง แป้งสาลี และ Methyl cellulose โดยแต่ละชนิด ทำการแปรปริมาณเป็น 5, 10 และ 15 phr ตามลำดับ โดยศึกษาสมบัติกาวน้ำยางปรับปรุงโครงสร้างได้แก่ ความต้านทานแรงเฉือน ความทนทานต่อน้ำ ระยะเวลาในการเซตตัว ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณเนื้อกาว และความหนืดของกาว ผลจากการทดลองพบว่าค่าต่างๆ นั้นผ่านตามมาตรฐานอุตสาหกรรมของประเทศไทย เมื่อทำการเปรียบเทียบสมบัติทางฟิสิกส์ของกาวน้ำยางธรรมชาติและกาวสังเคราะห์ ได้พบว่ากาวสังเคราะห์มีปริมาณเนื้อกาวต่ำกว่ากาวน้ำยางธรรมชาติ ส่วนความหนืดและความต้านทานแรงเฉือนมีค่าสูงกว่ากาวน้ำยางธรรมชาติ

Abstract:

This research was study and development of rubberwood adhesive from natural rubber latex and modified natural rubber latex (NKL), experiment to produce NRI adhesive for application and quality rubberwood work according to standard and enable to implement the

adhesive quality by changing the type and the amount of tackifiers and thickeners and it has to implement the natural rubber latex structure to have the polar property, such as 25%mol epoxidized natural rubber (ENR), it was prepared from reaction of an epoxidation of 90% formic acid solution and 50% hydrogenperoxide solution at 55-60°C for 8 hours, and reducing of molecular weight, such as liquid natural rubber (LNR), it was prepared from polymerization of NRL by 10% phenylhydrazine. So that propped a chain of molecule until viscosity is low and fluid at room temperature or inferior than 100°C. It was found epoxy group on natural rubber molecule was determined by absorbance measurement using FT-IR spectrophotometer and GPC-SA. Experiment to produce NRL adhesive to improve the stickiness and adherent strength which was not filled tackifiers and thickeners, filled tackifiers and filled thickeners. The kinds of tackifiers were phenolic resin, and urea formaldehyde resin were varied quantity; 15, 30 and 45 phr per tackifiers. The kinds of thickeners were tapioca starch, wheat starch and methyl cellulose which were varied quantity; 5, 10 and 15 phr per thickeners. The study properties of NRL adhesives, found that; it had total solid content, pH value, viscosity value, drying time, water resistance and shear strength have passed the Thai standard for rubber-based adhesive. The result comparison properties of NRL adhesive and synthesis adhesives. Found that synthesis adhesives had less total solid content than NRL adhesive, but higher viscosity and shear strength than NRL adhesive.

Introduction:

Since 1997 to 2006, Thailand has been the first producer of natural rubber with an estimated total output of 2.89 million tons in 2006. Fortunately, intends to develop adhesive products from natural rubber latex material resources to cut importation of adhesive products and to increase from 10% to 20% the ratio of raw natural rubber used in rubber products in Thailand, instead of the current exportation of 90% as raw material, a major export commodity. Rubberwood is the timber of rubber tree. This provides substantial additional incomes for the farmers at the time of rubber replanting every 25-30 years. It is considered as a high quality eco-friendly wood. 70% of furniture production factory made from rubberwood. It is now one of the major resource for making furniture for export and for the production of panel product such as particleboards and other products. It's popular to uses synthetic adhesive such as urea formaldehyde (UF type E₁, E₂ or E₀) with value worth several billion baht to buy synthetic adhesive from oversea. But urea formaldehyde is toxic and has an impact on environment pollution. Many countries have banned its use. Adhesive have been extensively used in human life for a long time, not only by various industries but also in domestic life. Therefore, a market value of adhesive is very important. The production and use of adhesives including associated products is a major industry around the world. Approximately ten billions pounds of adhesives, with a market value of about five billion dollars, are produced annually in the U.S. By comparison, Thailand alone represents a market of half million dollars. A Thaibuild.com web-site investigation for Thailand shows that 148 companies are dealing with adhesives. The majority of these companies are not producers but distributors. Most adhesives are consumed in two forms, natural and synthetic adhesive. Synthetic adhesives are one hundred percent imported products while natural adhesives are mostly produced in Thailand, although still some being imported but not as much as for the synthetic adhesive type. Nowadays, synthetic adhesives can be performed only in a simple process as it is used in the rubberwood industry but need the import of raw materials. As far as we know, few manufactures are currently using natural rubber latex as adhesive. However, NRL adhesive isn't used in rubberwood industry. Since the main industry that consumes adhesives in Thailand is the rubberwood industry, it is wise to target this sector as a possible opportunity for incorporating more natural latex based adhesives. To achieve this

goal there is a need for new fundamental science studies to insure reliability and long term durability of adhesives prepared from NRL. Perhaps the most fundamental issue is quantification of the interface, associated effect of moisture intrusion and possible improvements from chemical modification. Apart from that, it will increase natural rubber uses in Thailand as well as to increase income in the field of rubber technology for the Thai industry. This will promote a cooperative atmosphere which promotes and sustains industrial development, economic growth and environmental well being of the nation.

Methodology:

The scheduled project activities will be the following:

1. Samples preparation: Three basic types of samples preparation :
 - 1.1 Concentrate latex
 - 1.2 Modification natural rubber latex for adhesives applications (ENR and LNR)
 - 1.3 Synthetic adhesives (UF) for comparative adhesion properties
2. Adhesive formulation

Table 1 Suitable formular adhesive, mixing additive into latex

Components	Ratio of Dry weight	Ratio of Wet weight
60% Concentrate Latex (ENR or LNR)	100.0	167.0
50% Sulphur	2.0	4.0
50% ZDC	1.0	2.0
20% Potassium Oleate	3.0	15.0
10% Bentonite	6.0	60.0
50% ZnO	2.0	4.0
50% Wingstay L	1.0	2.0
10% Potassium hydroxide	3.0	30.0
50% Tackifier* or thickener**	varies ratio	varies ratio

Remark: * Type of tackifier (Phenolic resin and Ureaform aldehyde resin)
Ratio of tackifie are varies : 15 phr, 30 phr, and 45 phr

** Type of thickener (Tapioca starch, Wheat starch and Methyl cellulose)
Ratio of thickener are varies : 5 phr, 10 phr, and 15 phr

3. Adhesion properties
 - 3.1 Latex characterization (Appearance: viscosity, pH, total solid content)
 - 3.2 Physical properties test of adhesives (Appearance: viscosity, pII, total solid content)
 - 3.3 Drying time of adhesives
4. Strength of rubberwood adhesives (Shear properties)
5. Comparative adhesion properties of synthetic adhesives and NRL adhesives

Results, Discussion and Conclusion:

This project was study ENR, LNR and NRL adhesives for rubberwood which was not filled tackifiers and thickeners, filled tackifiers and filled thickeners. The kinds of tackifiers were Phenolic resin, Urea formaldehyde resin and Wood rosin which were varied quantity; 15, 30

and 45 phr per tackifiers. The kinds of thickeners were Tapioca starch, Wheat starch and Methyl cellulose which were varied quantity; 5, 10, 15 phr per thickeners. Results show in table 2

Table 2 Comparative properties of synthetic adhesives and NRL adhesives

Type of Adhesive	TSC (%)	pH	Viscosity (cps)	Drying time (min)	Shear strength (MPa)
NR adhesives	56.40	12.70	74.30	53	0.15
(UF; Urea formaldehyde adhesive)	33	7.65	75.00	50	1.33
Tackifier - Phenolic resin					
15 phr	52.40	12.07	72.30	29	0.54
30 phr	56.10	12.20	56.60	25	0.62
45 phr	54.70	12.25	52.00	24	0.64
- Urea formaldehyde resin					
15 phr	55.70	12.04	84.10	89	0.17
30 phr	53.60	11.84	85.10	82	0.34
45 phr	52.10	11.65	88.10	81	0.48
Thickener; - Tapioca starch,					
5 phr	55.20	12.26	94.50	66	0.93
10 phr	57.80	12.27	100.00	54	0.96
15 phr	59.50	12.24	157.20	51	0.80
- Wheat starch					
5 phr	55.80	11.73	75.90	24	0.32
10 phr	55.80	12.46	83.40	26	0.34
15 phr	59.00	12.22	90.30	29	0.35
- Methyl cellulose					
5 phr	59.50	12.64	83.40	23	0.25
10 phr	60.30	12.62	197.00	24	0.59
15 phr	61.20	12.60	136.20	27	0.67

Preparation of modified natural rubber latex for rubberwood adhesive. Could be prepared 2 types of modified natural rubber latex, i.e. ENR and LNR. ENR was prepared from reaction of an epoxidation of 90% formic acid solution and 50% hydrogen peroxide solution at 55-60 °C for 8 hours. It was found epoxy group on natural rubber molecule was determined by absorbance measurement using FT-IR spectrophotometer, found that the wavenumber has absorbance of epoxy at 870 cm⁻¹, calculate absorbance ratio find % mol of epoxidize is 25% mol epoxy. LNR was prepared from polymerization of NRL by 10% Phenylhydrazine. So that propped a chain of molecule until viscosity is low and fluid at room temperature or inferior than 100 °C. Molecule weight of LNR 83,323 measurement using GPC-SA. Adhesive was prepared from ENR and LNR varies type of tackifier, i.e. phenolic resin, urea formaldehyde resin, which were very quantity 15, 30, 45 phr per tackifier respectively. Results;

Table 3 Comparative properties of synthetic adhesives and ENR and LNR adhesives

Type of Adhesive	TSC (%)	pH	Viscosity (cps)	Drying time (min)	Shear strength (MPa)
------------------	---------	----	-----------------	-------------------	----------------------

ENR adhesives	30.52	8.76	28.59	16	0.15
(UF;Urea formaldehyde adhesive)	33.00	7.65	600.00	50	1.33
Tackifier; Phenolic resin 15 phr	28.14	8.91	32.00	8	0.39
30 phr	29.56	8.47	44.06	12	0.51
45 phr	30.64	8.67	45.53	11	0.46
Ureaform aldehyde resin 15 phr	33.96	8.50	462.10	24	0.62
30 phr	31.09	7.00	998.10	27	1.58
45 phr	30.42	6.79	429.50	20	0.46
LNR adhesives	42.82	8.53	88.00	73	0.11
Tackifier; Phenolic resin 15 phr	49.70	10.36	43.20	84	0.25
30 phr	51.68	10.40	46.60	78	0.30
45 phr	49.28	10.44	42.50	93	0.36
-Ureaform aldehyde resin 15 phr	51.47	10.24	41.20	24	0.31
30 phr	51.59	9.98	42.00	28	0.59
45 phr	55.86	10.17	41.80	29	0.62

This project was study natural rubber latex adhesives for rubber wood which was not filled tackifiers and thickeners, filled tackifiers and filled thickeners. The kinds of tackifiers were Phenolic resin, Urea formaldehyde resin which were varied quantity; 15, 30 and 45 phr per tackifiers. The kinds of thickeners were Tapioca starch, Wheat starch and Methyl cellulose which were varied quantity; 5, 10 and 15 phr per thickeners. The study of modified natural rubber latex for wood adhesive. Could be prepared 2 types of modified natural rubber latex , i.e. prepared of epoxidized natural rubber (ENR) and liquied rubber (LNR). ENR was prepared from reaction of an epoxidation of 90% formaic acid solution and 50% hydrogenperoxide solution at 55-60 °C for 8 hours. It's found epoxy group on natural rubber molecule was determined by absorbance measurement using FT-IR spectrophotometer, found that the wavenumber has absorbance of epoxy at 870 cm^{-1} , calculate absorbance ratio find % mol of epoxidize is 25% mol epoxy. LNR was prepared from polymerization of natural rubber by 10% Phenylhydrazine. So that propped a chain of molecule until viscosity is low and fluid at room temperature or inferior than 100 °C. Adhesive was prepared from ENR, LNR varies type of tackifier, i.e. phenolic resin, urea formaldehyde resin and wood rosin, which were very quantity 15, 30 and 45 phr per tackifier respectively. The study properties of natural rubber latex adhesives and synthesis adhesives such as total solid content, pH value, viscosity value, water resistance and shear strength. The result of comparison with standard for rubber-based adhesive. Found that natural rubber latex adhesives had more total solid content than standard, in line standard and shear strength of natural rubber latex adhesives which was not filled tackifiers and thickeners; 0.15 MPa which was less shear strength than standard. The shear strength of adhesives which was filled phenolic resin, urea formaldehyde resin, methyl cellulose, tapioca starch and wheat starch was 0.62, 0.48, 0.29, 0.59, 0.96,0.34 MPa respectively which was higher than standard. The result comparison properties of natural rubber latex adhesives and synthesis adhesives. Found that synthesis adhesives had less total solid content than natural rubber latex adhesives, but less higher viscosity and shear strength than natural rubber latex adhesives. The study of modified natural rubber latex for wood adhesive. Could be prepared 2 types of modified natural rubber latex , i.e. prepared of epoxidized natural rubber (ENR) and liquied rubber (LNR). ENR was prepared from reaction

of epoxidation of formic acid and hydrogenperoxide. It was found epoxy group on natural rubber molecule was determined by absorbance measurement used FT-IR spectrophotometer. LNR was prepared from polymerization of natural rubber by 10% phenylhydrazine. So that propped a chain of molecule until viscosity is low and fluid at room temperature, inferior than 100°C. Adhesive was prepared from ENR, LNR varies type of tackifier, i.e. phenolic resin, urea formaldehyde resin, which were very quantity 15, 30, 45 phr per tackifier respectively. The study properties of modified natural rubber latex for wood adhesive such as shear strength, total solid content, pH, viscosity, water resistance and drying time. Found that, ENR latex adhesive which added urea formaldehyde resin 30 phr cause of it had viscosity during 998-1,320 cps, shear strength was 1.58 MPa that in line Standard for rubber-based adhesive, pH during 6.7-7.0 and total solid content during 30.45-31.09%. Adhesive was prepared from LNR added urea formaldehyde 45phr. Shear strength was 0.62 MPa that in line standard for rubber-based adhesive, pH during 10.00-10.65, total solid content (%TSC) during 45.50-55.86% and viscosity during 40.00-43.50 cps. Compare this with that property natural rubber latex adhesive and synthesis adhesive find an ENR latex adhesive which added urea formaldehyde resin 30 phr was more viscosity and shear strength than it.

References:

1. A., Pizzi, and K.L., Mittal, *Handbook of adhesive technology*, New York; Marcel Dekker. Inc., 1994, 9-1-9-23.
2. ASTM, *Annual book of ASTM Standards: Adhesives West Conshohocken, PA: American Society for Testing and Materials*, 1997, 15, 06.
3. Christell, et al., *Polychloroprene adhesive latex composition*. 1996, United States Patent No.5, 527, 846.
4. M. Dunky, *Urea-formaldehyde (UF) adhesive resins for wood*, International Journal of Adhesion & Adhesives, 1997, 95-107.
5. O.Osamu and S.Tomoji., *Rubber composition containing rubber, mercapto-triazine and epoxy grafter polymer*, 2000, United States Patent No. 542, 044.

Keywords: Rubberwood, ENR, LNR, natural rubber latex adhesive, urea-formaldehyde

ECO-adhesive from modified natural rubber for wood applications

Sunisa Suchat^{1,a}, Wisanee Yingprasert^{1,b}

¹Faculty of Sciences and Industrial Technology, Prince of Songkla University, Surat Thani Campus, P.O. Box 8 Khuntalae Post Office, Muang District, Surat Thani, Thailand

^asun.isa.su@hotmail.com, ^bwissaneey@hotmail.com

Keywords: Natural rubber latex, ECO-adhesives, formaldehyde, modified latex, polar, low Mw

Abstract. Both commercial entities and the government have expressed interest in safe and environmentally friendly adhesives, ECO-adhesives, containing no volatile harmful or toxic chemicals. In the wood industries, currently common adhesives such as urea formaldehyde (UF), phenol formaldehyde (PF) release formaldehyde vapors that are a human health concern, with unpleasant odor. We examined the potential of modified natural rubber latexes (MNRL) for use as ECO-adhesives. Three latex types were used, namely epoxidized natural rubber (ENR), liquid natural rubber (LNR), and NR/PMMA blend. The MNRL was characterized by FT-IR, NMR, and GPC. The proportion of tackifying agent to the dry weight of latex was varied in the range 0 to 60 phr. It was found that the MNRL uniformly mixed in the latex form. All MNRL adhesives would have passed the Thai standard for rubber-based adhesives, based on their: total solids content (TSC), pH, viscosity, shear strength, and emissions of formaldehyde. Up to 30% fraction of tackifying agent, tack and shear strength increased with its content. Compared to a commercial UF adhesive, the MNRL had lower emissions of formaldehyde vapors, lower shear strength, but higher TSC, and higher viscosity. In summary, for select wood applications with moderate bond shear demands, these new rubber based adhesives could provide a health conscious and non-toxic alternative, with the further advantage of low odor.

Introduction

With increasing environmental and forest protection concerns, a search is on for alternative wood material sources. Construction work consumes a large amount of wood materials, and global wood products manufacturing totals about 900 tons per year [1]. Formaldehyde based resins have been widely used in wood products manufacturing [2], but formaldehyde is a volatile and toxic gaseous contaminant, possibly carcinogenic, that these wood products tend to emit during manufacturing and service life. Human exposure appears to increase the risk of contracting lung or nasal cancer [1], and many countries have banned the use of these resins. Also formaldehyde emissions and worker's exposure at a manufacturing site are major health and environmental safety concerns. To counter these concerns, attempts have been made to develop novel polymeric adhesives from new source materials such as natural rubber (NR). NR is generally available as a light brown, slightly viscous latex suspension. It has good water and mold resistance, and low or no toxicity so it is suited also for medical applications [2, 3]. NR has been widely used in adhesives particularly for non-polar adherends, or when high mechanical strength is required [4]. However, wood materials contain a variety of highly polar ingredients, including cellulose and lignin, and polar adhesives are more suitable for wood products. On polar wood surfaces, modifications such as ENR, NR/poly (methyl methacrylate) (PMMA) blend, and LNR may perform better than unmodified NR adhesives. Rubber wood composites have been prepared using latex adhesive in a hot pressing process [4, 5], and rubber wood is a major wood material source in southern Thailand. Therefore, the objective of this study was to determine the performance of NR based adhesives in rubber wood applications. The adhesion of NR based adhesives has been improved by modifying the polarity of NR and by reducing its molecular weight [3]. Preparation of rubber wood adhesives from NR is particularly appropriate for local use in Thailand, but this type of adhesives might more widely replace formaldehyde based resins.

Experimental Procedure

Materials. Unmodified NR was in the form of 60% concentrate latex. The types of modified NR used were ENR latex with 25% mole of epoxide (ENR 25), LNR, and NR/PMMA (Heveagraft 505) blend. A commercial grade synthetic adhesive (UF) was used as control or baseline for comparisons.

Sample preparation. The 60% concentrated latex; HA was used for synthesis on preparation of MNRL;

- **ENR (ENR 25).** The non-ionic surfactant, used to stabilize the latex during epoxidation, was 10% Teric16A/29 (alkylphenol ethoxylate). The reactant was 90% formic acid, and a 50% hydrogen peroxide solution was used as co-reactant, in synthesis reactions at 60°C for 8 hours to prepare ENR.

- **LNR.** The LNR was prepared from depolymerization of NR by 10% Phenylhydrazine under oxygen. The mixture was continuously stirred and heated in a 60°C bath for at least 24 hours, until the viscosity became low and the product remained in liquid form at room temperature.

- **NR/PMMA blend.** An emulsion polymerization process was used. An aqueous ammonia solution was added to the latex, and the mixture was stirred thoroughly. The hydroxide and oleic acid were mixed with polymer, and this solution was added to the latex slowly with stirring and mixing continued for 15 minutes. Then the mixture was left to stand for 18 hours, to allow completion of polymerization.

Oxidizing agents were used to reduce the molecular weight (Mw) of MNRL molecules, by oxidative degradation. Latex was mixed with 1 phr of K₂S₂O₈ and 15 phr of propanal, and shaken at 60°C. The MNRLs were characterized by FT-IR, NMR, and molecular weight analyses by GPC.

Adhesive preparation

NR latex based adhesives were prepared with the compounding formulation shown in Table 1. The mixture was stirred for 30 min and then kept at room temperature for about 24 hours prior to testing.

Table 1 Formulation of latex based adhesives

Ingredients	Dry weight (phr)	Wet weight
60% Concentrate Latex ¹	100.0	167.0
50% Sulphur	2.0	4.0
50% ZDC	1.0	2.0
20% Potassium Oleate	3.0	15.0
10% Bentonite	6.0	60.0
50% ZnO	2.0	4.0
50% Wingstay L	1.0	2.0
10% Potassium hydroxide	3.0	30.0
50% Thickeners (Tapioca starch)	15.0	30.0
50% Tackifier ²	varies	varies

Remark: ¹ENR or LNR, or NR/PMMA blend ²Tackifier (coumarone inden resin) varies ratio: 0, 15, 30 and 60 phr

Adhesive properties

To characterize the adhesives, we determined their TSC, pH, viscosity, gel time (TISI's Standards 521-2527), shear strength (JIS K6850-1994), formaldehyde emissions (DIN EN120-1991; European).

Data analysis

The effect of the modified natural rubber latexes type for use as ECO-adhesives was studied by an analysis of variance (ANOVA). The calculations were carried out with XLSTAT 7.1 software.

Results and Discussion

It was found that the MNRL adhesives mixed uniformly in latex form. In MNRLs found FTIR absorbance peaks were observed at wavenumbers for =C-H cis: 836, CH₂: 2956, 1446, and for CH₃: 2956, 1377 cm⁻¹. Additionally, NR/PMMA blend showed absorption at 1730, 1140 cm⁻¹ corresponding to >C=O, C-O groups in the methacrylate chain. Fig.1 shows an example the FTIR

spectra of ENR added coumarone indene resin. Peak around $\sim 3034 \text{ cm}^{-1}$ showed C-H stretching of the alkenes group. Broad peak in the region $\sim 3450 \text{ cm}^{-1}$ is associated with the presence of hydroxyl groups. With the increase in the coumarone indene resin concentration, the hydroxyl group of the rubber shows red shift in its peak frequency and this can be attributed to the interaction between the hydroxyl group and epoxy group of the resin. Peak at $\sim 2969 \text{ cm}^{-1}$ and $\sim 2856 \text{ cm}^{-1}$ are due to asymmetric and symmetric stretching vibration of methyl ($-\text{CH}_3$) and methylene ($-\text{CH}_2$) group respectively. Absorption bands at 1455 cm^{-1} , 1376 cm^{-1} are characteristic peaks of C-H bending vibrations of $-\text{CH}_2$ and $-\text{CH}_3$ group respectively. The C-O-C asymmetric stretching of epoxide showed strong absorption cross section in the region 870 cm^{-1} . Peaks at 1615 cm^{-1} clearly indicates aromatic ring pattern which gradually get intensify on increasing concentration of tackifier. Absorption peak at 735 cm^{-1} benzene and 870 cm^{-1} is the presence of epoxy group.

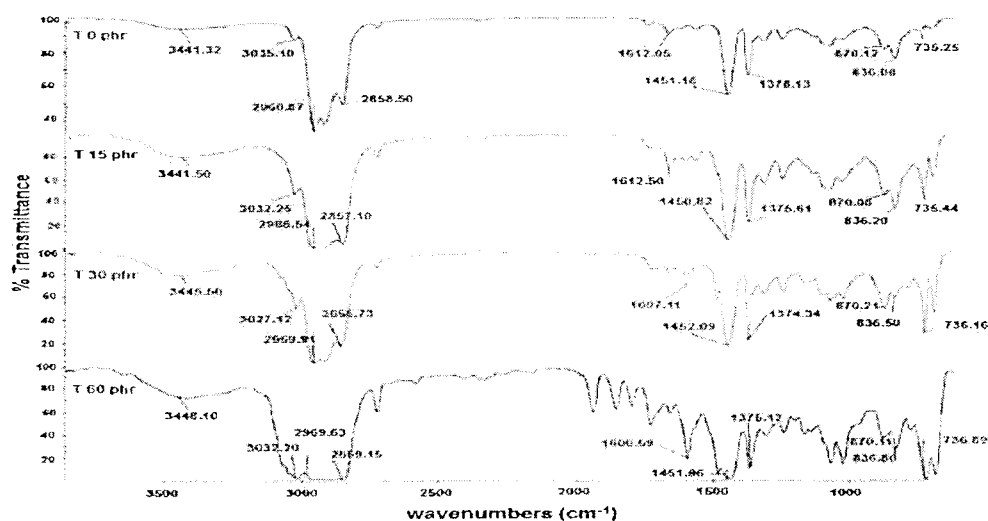


Fig. 1 FTIR spectra of ENR 25 added the coumarone indene resin

$^1\text{H-NMR}$ spectrum, it can be seen that all types of rubber show the chemical shifts at 5.1 ppm which correspond to the signal of $=\text{CH}$ protons in the isoprene unit. As compared to NR, it is seen that the new peaks appear at the chemical shifts of 2.7, 3.5 ppm are assigned to the signals of oxyrance ($-\text{OCH}$), and methoxy ($-\text{OCH}_3$) protons in ENR and NR/PMMA blend molecules, respectively.

Mw of ENR, LNR and NR/PMMA blend were 1058, 83, 667 kg/mole, respectively, GPC measured.

MNRL adhesives had 44-65% TSC, 40-320 cps viscosity, pH 10-11, and exceeding TISI standards for rubber-based adhesives. Shear strengths and formaldehyde emissions are shown Table 2.

Table 2 the shear strengths and formaldehyde emissions had no significantly different across the 3 different types of MNRL, shear strengths in the range 0.9-1.95 MPa with added coumarone indene resin

Table 2 Shear strengths, formaldehyde emissions of NR adhesives, along with UF as baseline control

Coumarone inden resin (phr)	Shear strength (MPa)			Formaldehyde emission (% by mass)		
	ENR	LNR	NR/PMMA	ENR	LNR	NR/PMMA
0	0.63±0.40 ^d	0.55±0.15 ^d	0.51±0.35 ^d	0.15±0.10 ^d	0.16±0.09 ^d	0.20±0.10 ^d
15	1.22±0.25 ^b	0.90±0.35 ^c	0.96±0.20 ^c	0.36±0.15 ^c	0.26±0.17 ^d	0.24±0.09 ^d
30	1.95±0.10 ^a	1.26±0.20 ^b	1.35±0.10 ^b	0.50±0.12 ^b	0.45±0.15 ^b	0.52±0.13 ^b
60	1.18±0.20 ^b	0.93±0.20 ^c	0.89±0.20 ^c	0.85±0.19 ^a	0.78±0.10 ^a	0.89±0.21 ^a
UF	3.05±0.20			1.98±0.27		

^{a, b, c, d} Different superscript letter within a given column indicates statistically significant difference according to ANOVA ($p > 0.05$).

Values given as Mean ± SD based on triplicate determinations.

remaining below the JIS standard and a commercial UF adhesive. NR adhesive emitted formaldehyde less than 0.2%. MNRL adhesives 15 until 30 phr tackifier had E_1 less than 0.5%, which is acceptable.

Fig. 2 shows an illustrative of MNRL adhesive, interphase and an example of bondline thickness on rubberwood. Composites are bonded in aerospace structures the adhesive is generally a film, often on a wood-textile base. This enables constant bondline thickness had an affects to joint strength and fracture mechanics, and needs to be controlled. Typically, bondline thickness increases, shear strength increases up to a maximum, and this has been explained in terms of an adhesive plastic zone.

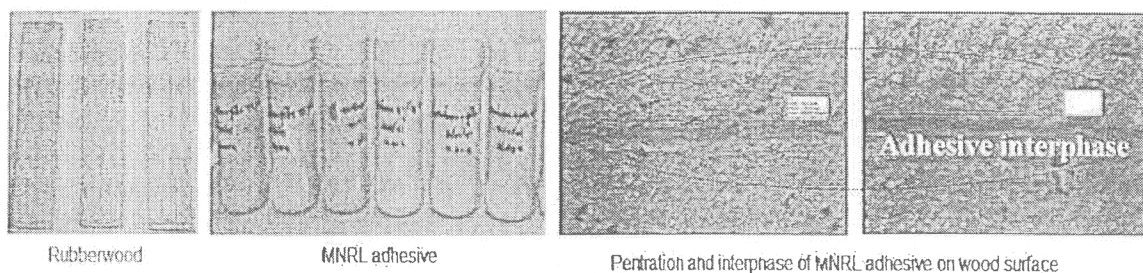


Fig. 2 Photos illustrative of NR adhesive bonding of rubberwood

Summary

The synthesized polar NR based adhesives with low Mw, which are suited for bonding rubber wood. The wood surfaces contain highly polar chemical components, such as cellulose and lignin. The NR adhesives with coumarone inden resin had high-quality adhesive properties in compliance with TISI's standard for rubber-based adhesives. For up to 30% tackifying agent additions, tack, shear strength increased with the addition. Compared to a commercial UF adhesive, MNRLs had lower; emissions of formaldehyde vapors (<0.5%), shear strength (<1.95 MPa), higher; TSC (>30%), viscosity (~200 cps). The synthesized ECO-adhesives without volatile harmful or toxic chemicals, in particular with low free formaldehyde emissions, appear suited for wood products requiring medium strength adhesive bonds, especially indoors uses formaldehyde emissions would be of high concern with conventional adhesives.

Acknowledgments

Author thanks Prince of Songkla University and National Research Council of Thailand for funding. The helpful comments and edits by Assoc. Prof. Seppo Karrila are gratefully acknowledged.

References

- [1] F. Stoeckel, J. Konnerth, W. Gindl-Altmutter, Mechanical properties of adhesives for bonding wood-A review, *International Journal of Adhesion & Adhesives*. 45 (2013) 32-41.
- [2] M. Dunky, Urea-formaldehyde adhesive resins for wood, *International Journal of Adhesion & Adhesives*. 1997; 95-107.
- [3] L. Khan, B.T. Poh, Effect of molecular weight and testing rate on adhesion property of pressure-sensitive adhesives prepared from epoxidized natural rubber, *Materials & Design* 32 (2011) 2513-2519.
- [4] B. Thongnuanchan, K. Nokkaew, A. Kaesaman, C. Nakason, Epoxidized Natural Rubber-Bonded Para Rubber Wood Particleboard, *Polymer Engineering And Science*. 2007; 421-428.
- [5] W. Pichayakorn, J. Suksaeree, P. Boonme, W. Taweepreda, G. C. Ritthidej, Preparation of Deproteinized Natural Rubber Latex and Properties of Films Formed by Itself and Several Adhesive Polymer Blends, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 51 (2012) 13393-13404.

Advances in Rubber

10.4028/www.scientific.net/AMR.844

ECO-Adhesive from Modified Natural Rubber for Wood Applications

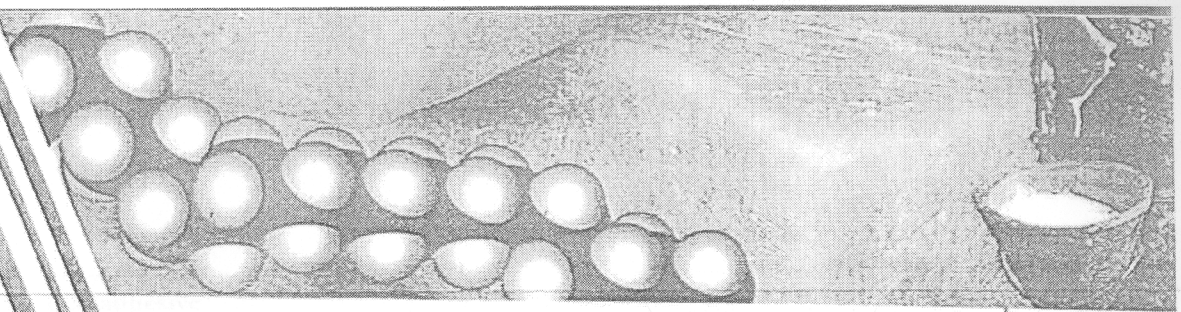
10.4028/www.scientific.net/AMR.844.182

2nd
Asia

Pacific

Rubber

Conference

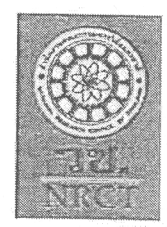
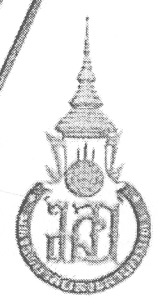


AAPRC

2015

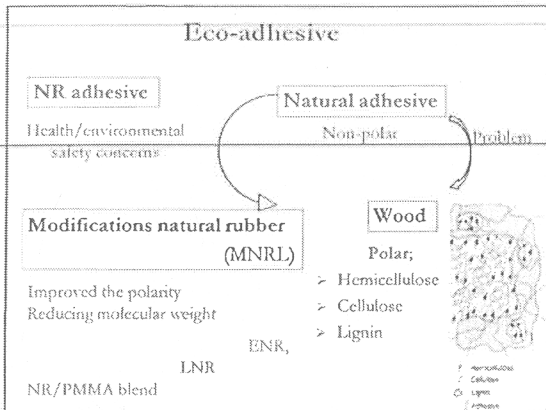
** 4. Oral present*

ABSTRACT



USM UNIVERSITI
SAINS
MALAYSIA


15 - 16 October 2015
Phuket, THAILAND



Formulation of latex based adhesives

Ingredients	Dry weight (phr)
MNRL ¹	100.0
50% Sulphur	2.0
50% ZDC	1.0
20% Potassium Oleate	3.0
10% Bentonite	6.0
50% ZnO	2.0
50% Wingstay L	1.0
10% Potassium hydroxide	3.0
50% Thickeners (Tapioca starch)	15.0
50% Tackifier ²	varies

¹ENR or LNR, or NR/PMMA blend ²Tackifier (acrylonitrile indol resin) varies ratio: 0, 15, 30, 60 phr




Experimental Procedure

Adhesive properties

TNC, pH, viscosity: TISI's Standards 521-2527

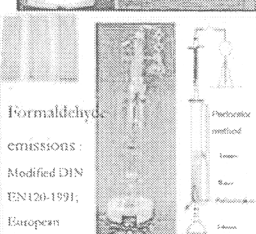
Penetrating Fluorescence Microscope

Shear strength : JIS K6850-1994



Formaldehyde emissions :

Modified DIN
EN120-1991,
European



Experimental Procedure

Modifications natural rubber



- ENR 25
- LNR
- NR/PMMA blend


Low Mw MNRL

MNRL adhesive

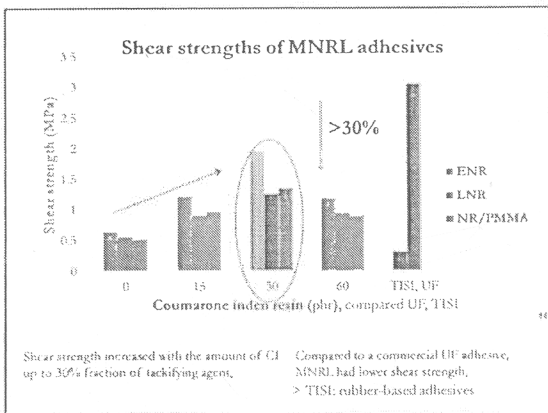
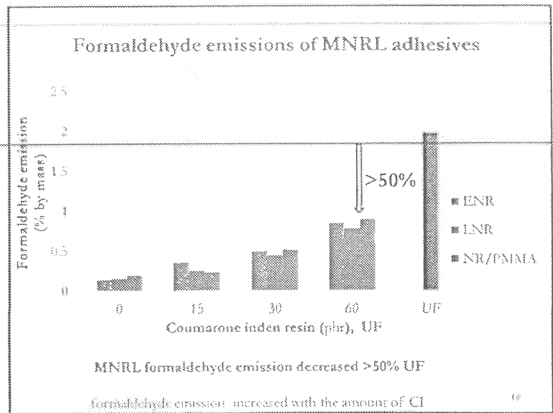
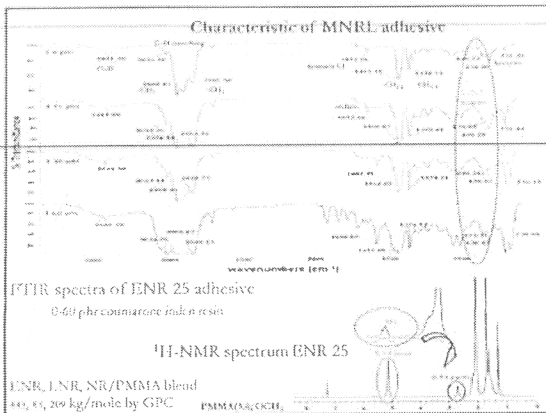
MNRL formulation shows in Table 1

stirred for 30 min
kept at T room 24 hrs

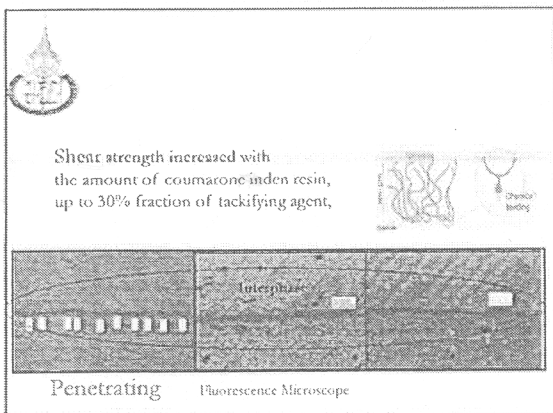





Results and Discussion



Conclusion



Conclusion

- MNRL adhesives (polar, low Mw), are suited => bonding wood
- Compared UF & MNRL adhesive => lower; emissions of formaldehyde vapors (<0.5%), shear strength (<1.95 MPa), higher; TSC (>30%), viscosity (~200 cps)
- MNRL adhesives + 30% coumarone inden resin high quality (TISI's standard for rubber-based adhesives)

Conclusion

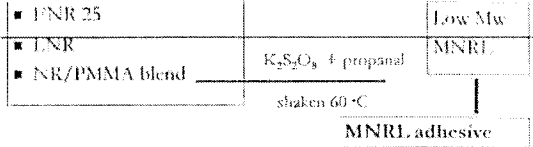
ECO-adhesives;

- => concerned about the effects on the health,
- low free formaldehyde emissions,
- low volatile toxic,
- a non-toxic chemicals,
- low odor
- => suited for wood products indoors & requiring medium strength adhesive bonds

19

Experimental Procedure

Modifications natural rubber



MNRL adhesives mixed uniformly in latex form

TSC (>30%), viscosity (~200 cps), pH (10-11),

20



Future work

Application \Rightarrow Eco-adhesive



Challenge:

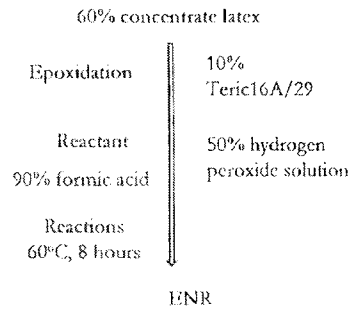
Ball products application

(casting)

low volatile emissions
a non-toxic chemicals
low odor

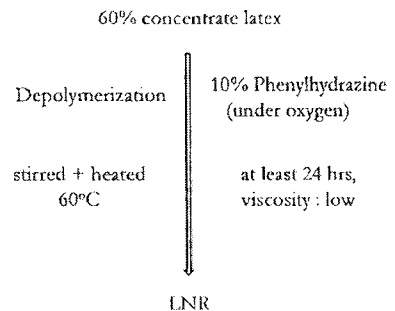
21

ENR 25



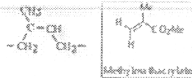
22

LNR



23

NR/PMMA blend



60% concentrate latex

Emulsion polymerization

Ammonia solution adding
mixture stirred

Hydroxide, oleic acid
mixed with PMMA

Solution ; added to the latex
slowly with stirred

Stirring - mixing
15 minutes

left for at least 18 hrs

NR/PMMA blend

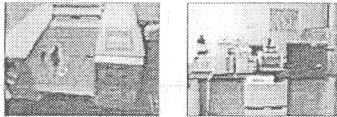
25

Rubber adhesive; TISI's Standards 521-2527

Type	%TSC	Viscosity (cpe)	Shear strength (MPa)
UF	33.00	75.00	3.10
TSTI	<15.00	1500-5000	0.22

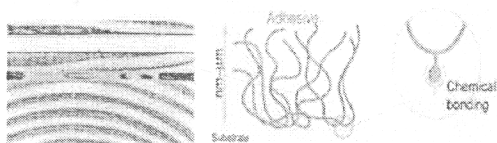
26

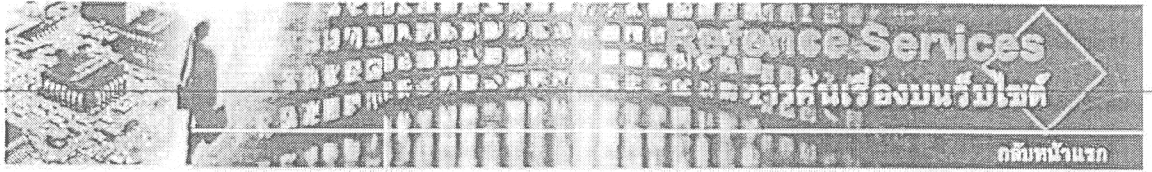
Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) Gel Permeation Chromatography (GPC)



27

an illustrative of MNRL adhesive, interphase and an example of bondline thickness on rubberwood.





เราสามารถนำยางพารามาพัฒนาเป็นกาวได้อย่างไร?

การนำยางพารามาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์กาว เช่น การผลิตกาวติดไม้และกาวติดโลหะนั้นได้มีการนำน้ำยางธรรมชาติมาดัดแปลงโมเลกุล โดยใช้วิธีลดขนาดโมเลกุลของยางพาราลง จนมีขนาดพอเหมาะแก่ความต้องการของอุตสาหกรรมแต่ละประเภทเพราะขนาดของโมเลกุลของยางมีผลต่อแรงยึดเหนี่ยวระหว่างผิววัสดุโดยตรง การตัดให้โมเลกุลเล็กลงด้วยวิธีการต่างๆ เช่น ใช้วิธีทางเคมีจะสามารถลดน้ำหนักโมเลกุลลงได้ในระดับหนึ่ง และเมื่อนำมาผ่านกระบวนการต่างๆ เพื่อผลิตเป็นกาวแล้วก็จะได้กาวที่มีความแข็งแรงในการเชื่อมติดสูงมาก และจากการศึกษาวิจัยพบว่าน้ำยางธรรมชาติสามารถผลิตกาวยางเพื่อใช้งานทั่วไปและงานไม้ยางที่มีคุณภาพตามมาตรฐานกาวยางและสามารถเพิ่มคุณภาพกาวดีขึ้น โดยการแปรชนิดและปริมาณสารแทคคิไฟเออร์ (tackifier) เพื่อช่วยปรับปรุงความเหนียวและยึดติดในกาวจากน้ำยางธรรมชาติ เช่น phenolic resin, urea formaldehyde resin, wood resin และ coumarone indene resin และสารเพิ่มความหนืด (thickener) คือ แป้งมันสำปะหลัง แป้งสาลี และ methyl cellulose กาวชนิดนี้มีจุดเด่นคือ เป็นกาวที่ได้จากวัตถุดิบธรรมชาติไม่มีองค์ประกอบของสารพิษเจือปนเนื่องจากไม่มีตัวทำละลายและมีความแข็งแรงสูงกว่ากาวชนิดอื่น ไม่เหมือนกาวที่ใช้กันทั่วไป ซึ่งมักจะมีฟอร์มาลินเป็นองค์ประกอบและเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

ลำดับ	รายการบรรณานุกรม
-------	------------------

- 1 สุนิสา สุชาติ. การผลิตกาวจากน้ำยางธรรมชาติเพื่อใช้งานไม้ยางพารา. The rubber international. ปีที่ 8 ฉบับที่ 11, พ.ย. 2549. หน้า 38-40.